Unterrichtsblätter

für

Mathematik und Naturwissenschaften

XLVII. Jahrgang

~~10505~~/III

cz

~~[illegible]~~

Unterrichtsblätter

für Mathematik und Naturwissenschaften

Gegründet unter Mitwirkung von
Bernhard Schwalbe und Friedrich Pietzker

Herausgegeben
in Verbindung mit der Reichswaltung des NS.-Lehrerbundes,
Reichssachgebiet Mathematik und Naturwissenschaften,
von Oberstudiendirektor Dr. Kuno Fladt, Tübingen,
Reichssachbearbeiter.

Schriftleiter:
Oberregierungsrat Bruno Kerst in Dresden

---

47. Jahrgang 1941

OSV
18
87

Verlag Otto Salle · Frankfurt am Main und Berlin

Inhaltsverzeichnis.

(Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.)

A. Sachverzeichnis.

Abhandlungen.

Mathematik.

Naturwissenschaften.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

B. Namenverzeichnis.

C. Bücherbesprechungen.

Druck: Piererсche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg (Thüringen)

Reichswalter Fritz Wächtler 50 Jahre alt.

Am 7. Januar d. J. vollendete der Reichswalter des Nationalsozialistischen Lehrerbundes, Gauleiter FRITZ WÄCHTLER, sein 50. Lebensjahr.

Parteigenosse WÄCHTLER gehört zu denen, die als die ersten den Weg zu Adolf Hitler fanden. Bereits im Jahre 1926 war er Ortsgruppenleiter und SA.-Führer.

Vor kurzem, am 5. Dezember 1940, jährte es sich zum fünften Male, daß Gauleiter WÄCHTLER zum Hauptamtsleiter des Hauptamtes für Erzieher und Reichswalter des NSLB. ernannt wurde.

Beide Jahrestage sind für das Reichssachgebiet Mathematik und Naturwissenschaften Anlaß, in herzlicher Dankbarkeit des Mannes zu gedenken, unter dessen Obhut sich das Reichssachgebiet zusammenschließen und sehr rasch zu einer Organisation entwickeln durfte, die die Kameraden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer zu einer großen Arbeitsgemeinschaft vereinigt zum gemeinsamen fruchtbaren Wirken auf den für unseres Volkes Weltgeltung wichtigsten Gebieten der Erziehung und Unterrichtung der deutschen Jugend.

Das Reichssachgebiet Mathematik und Naturwissenschaften im NSLB. begrüßt den Reichswalter des NSLB., Gauleiter FRITZ WÄCHTLER, aus Anlaß der beiden für ihn wie für die gesamte deutsche Lehrerschaft bedeutsamen Jahrestage mit den wärmsten Wünschen für weiteres gesundes und starkes Wirken zum Heile der deutschen Jugend im Geiste unseres Führers.

Abhandlungen.

Mathematisches Denken und Erbwesensart.

Von Friedrich Requard in Köln.

I. Immer mehr bricht sich heute die Erkenntnis Bahn, daß nichts im Lebensvollzug eines Menschen geschieht außerhalb des Rahmens seiner Erbwesensart. Alles ist von seinem Erbcharakter — nicht bestimmt, aber — mitbestimmt. Nur ein einziger ebenso großartiger wie lebenswichtiger Bereich menschlicher Tätigkeit glaubt ein Recht darauf zu haben, hier eine Ausnahmestelle einnehmen zu dürfen: das mathematische Denken. Ist uns doch aus dem 18. und 19. Jahrhundert die sich überall fest und beharrlich eingenistete Auffassung überkommen, daß sich das mathematische Denken bei allen Menschen in völlig gleicher Weise abspiele. Vorgetäuscht wird diese Ansicht hauptsächlich durch den Umstand, daß die Ergebnisse dieses Denkens in weitem Umfang übereinstimmen. Zwei in Wahrheit scharf zu trennende Tatbestände werden jedoch hier ineinandergeworfen: der eine, daß
1) menschlicher Verstand sehr wohl Kenntnis zu nehmen vermag von wesensfremden Lebensinhalten; der andere, daß solches Kenntnisnehmen nicht das Geringste
2) zu tun hat mit Einverseelung im Sinn einer Zuwendung einer Erbseele zu dem ihr und nur ihr tiefst wesenseigenen Lebensgehalt. Begreifen, Kenntnisnehmen, Einsehen hat gar nichts mit dieser Einverseelung aus eigener Erbwesensart heraus zu tun. Der heute so gegeißelte „Intellektualismus" ist nichts anderes als die unerlaubte Ineinssetzung von beiden. Diese Verwechselung zweier ganz verschiedener Tatbestände, auf der im Grunde genommen aller Internationalismus, alle völkische Unverbindlichkeit, alle Niederlegung echter Blutsgrenzen beruhen, hat die ältere Psychologie zu zwei heute restlos durchschauten und rückhaltlos überwundenen Fehlansätzen verführt, nämlich zu der bekannten vermögenspsychologischen Denkweise und zu der Assoziations-Reproduktionsschematik. Weder ist das Denken, sowie es sich ungekünstelt unter normalen Umständen im wirklichen Leben und auch in der Wissenschaft betätigt, ein in sich ruhendes und isoliert für sich stehendes „Vermögen" rein geistiger Art, gleichsam von der menschlichen Persönlichkeit und ihrer Innenwelt abgespalten, noch beruht der Erfolg des fälschlich rein mechanisch ausgelegten Prozesses der Vorstellungsverknüpfung auf der reinen Wiederholung des Zusammenauftretens der nach den klassischen Assoziationsgesetzen in Verbindung tretenden Eindrücke. Vielmehr liegt den Vorstellungsverbindungen ein Prozeß spezifischer Organisierung von seiten der — im wesentlichen angeborenen — Eigenart des Menschen zugrunde. Die Folge hiervon ist auf der einen Seite, daß die Lehre von der Intelligenz letztlich charakterologisch ausgestaltet werden muß, auf der anderen Seite, daß in der Erbcharakterkunde die intellektuelle Seite in lebensvoller Weise zu ihrem Teil richtig in den Gesamtzusammenhang eingebaut werden muß (1).

II. Bevor wir auseinandersetzen, wie wir uns den Zusammenhang zwischen Erbwesensart und wesenseigenen bzw. wesensfremden Inhalten des mathematischen Denkens näher vorzustellen haben, wollen wir erst einmal einen Einwand widerlegen, der von vornherein die Frage nach dem Verhältnis von Erbwesensart und mathematischem Denken zu einer wenig sinnvoll gestellten zu machen scheint. Jede Erbwesensart eines Menschen als sein Instrument des Lebens bedeutet als Ganzes eine Fülle von Möglichkeiten, Begrenzungen und auch Gefahren. Kennt die heutige mathematische Wissenschaft auch wirklich Beispiele für die Tatsache, daß gewisse mathematische Gehalte gewissen Mathematikern völlig wesensfremd und darum unzugänglich sind? In der Tat gehen die Auffassungen der Fachleute über die mathematischen Gegenstände viel weiter auseinander, als es der Laie auch nur im Entferntesten ahnt! Die gegenwärtige Lage in der mathematischen Grundlagenforschung zeigt ganz deutlich (2), daß im wesentlichen zwei grundsätzlich verschiedene Auffassungen auch heute noch einander schroff gegenüberstehen und bekämpfen: der „konstruktive" und der „an-sich-Standpunkt". Dieser Gegensatz geht sogar so weit, daß die Anhänger der konstruktiven Mathematik zum Beispiel alle Sätze der auf der an-sich-Auffassung des Unendlichen beruhenden Mathematik für sinnlos, ihre Schlußweisen für ein leeres Spiel mit Zeichen ohne irgendeine Bedeutung erklären. Würde sich das mathematische Denken wirklich bei allen Menschen in völlig gleicher Weise abspielen, so wären die Worte, mit denen Hilbert, ein typischer Vertreter der an-sich-Mathematik, die Bestrebungen seines Gegners BROUWER und dessen Anhänger geißelt, einfach unverständlich: „Ich staune darüber, daß ein Mathematiker an der strengen Gültigkeit der Schlußweise des Tertium non datur zweifelt. Ich staune noch mehr darüber, daß, wie es scheint, eine ganze Gemeinde von Mathematikern sich heute zusammengefunden hat, die das gleiche tut. Ich staune am meisten über die Tatsache, daß überhaupt auch im Kreise der Mathematiker die Suggestivkraft eines einzelnen temperamentvollen und geistreichen Mannes die unwahrscheinlichsten und exzentrischsten Wirkungen auszuüben vermag" (3). Wie der Verfasser nachgewiesen hat (4), handelt es sich in der konstruktiven und der an-sich-Auffassung um zwei grundsätzlich verschiedene Arten des Denkens, die weit über das Arbeitsgebiet der Mathematik hinaus die gesamte wissenschaftliche Tätigkeit des Menschen beherrschen und zutiefst im Charakter und damit im vererbten und unveränderlichen Wesen des einzelnen verankert sind.

III. Während der lebendige tierische Organismus das, was ihm sein gesamter Sinnesapparat als „Merkwelt" zuleitet, ohne Zuhilfenahme von Erfahrung, Denken, und Urteilen unmittelbar mit der sinnvollen, das heißt lebenerhaltenden Reaktion, der „Wirkwelt", beantwortet (5), hat die Natur den Menschen auf den Weg des Lernens und damit einer unaufhörlichen Einverseelung von Inhalten verwiesen. Die Inhalte kommen, haften, wirken von einer Gegenwart in die nächste weiter und organisieren sich in ihm zu ganzen Modellen künftiger geistiger Bewältigung — wie könnte er sonst Spezialist werden —, zu Regeln des Handelns und Gesetzen des Wertens. Das, was menschliches Handeln über die bloß reaktive Merkwelt-Wirkwelt-Koppelung beim Tier hinaushebt, ist gerade diese Bewahrung des Gewesenen für Gegenwart und Zukunft. Diejenigen Leistungsfähigkeiten und -bereitschaften, die Voraussetzung der Einverseelung von Inhalten sind und deshalb nicht zugleich Folgen der Einverseelung und damit nicht umweltabhängig sein können, nennt die Erbcharakterkunde die Grundfunktionen eines Menschen (6). Sie sind die angeborenen Voraussetzungen alles seelischen Geschehens und nach den sorgfältigen und vielfachen Untersuchungen der Erbcharakterkunde zeitlebens unveränderlich. Unter allen Grundfunktionen, deren Zusammenwirken und Ineinanderspielen das rassisch-erbcharakterliche Lebenswerkzeug eines Menschen ausmachen, spielen die Aufmerksamkeit und Beharrungskraft eine ganz besondere Rolle. Wenn wir uns im folgenden auf die Beziehungen des mathematischen Denkens zu den Grundfunktionen Aufmerksamkeit und Beharrungskraft beschränken und damit unser Thema von vornherein dem Umfang nach begrenzen, so tun wir das bewußt aus mehreren Gründen. Nicht nur sind die genannten Grundfunktionen für alles seelische Geschehen die umfassendsten und wichtigsten und ihrem Wesen nach am besten durchforscht, sondern sie reichen auch, wie unsere Darlegung zeigen wird, völlig aus, um die tiefen Zusammenhänge zwischen dem mathematischen Denken und dem Erbcharakter eindringlich und deutlich genug hervortreten zu lassen.

Innerhalb ein und derselben Grundfunktion unterscheidet die Erbcharakterkunde eine typische Pol- und Gegenpolform. Die vorliegenden experimentellen Untersuchungen PFAHLERS und seiner Mitarbeiter haben gezeigt, daß ohne jeden Zwang je ein Drittel der untersuchten Personen einem der „Extreme" zugerechnet werden kann, während ein Drittel als Übergangstypus anzusehen ist. Diese Untersuchungen sind auch deshalb wichtig, weil sie Art und Weise des Erbgangs aufhellen. Die typischen Formen, zu welchen die erbcharakterkundliche Typenlehre große Gruppen von Menschen annähernd gleicher Grundfunktionen zusammenfaßt — zweifellos haben auch nicht zwei verschiedene Menschen mit einziger Ausnahme der eineiigen Zwillinge die vollkommen gleiche spezifische Art der Grundfunktion —, sind daher nicht etwa seltene „Extremformem", sondern laufen zu Tausenden in der Wirklichkeit herum. Die spezifische einmalige Eigenart der Grundfunktion eines ganz bestimmten Menschen bedeutet einen Punkt einer Linie, die in unendlich vielen Übergängen vom Pol zum Gegenpol hinüberläuft. Die Aufgliederung der Aufmerksamkeit und Beharrungskraft nach Pol und Gegenpol ist bereits dem Laien geläufig. Der engen und festgelegten Aufmerksamkeit steht die weite und wandernde gegenüber. Nach dem Befund sämtlicher Untersuchungen ist stets eine zähe Beharrungskraft mit der ersteren, eine geringe mit der letzteren verbunden. Von großer Bedeutung für diese Aufgliederung ist der zweite Vererbungssatz der PFAHLERschen Erbcharakterkunde. Er lautet: Vererbt im strengsten Sinne ist die ganze Fülle der Folgeeigenschaften, die aus dem Vorhandensein einer bestimmten Grundfunktion zwangsläufig hervorwachsen, gleichviel, wie die Umwelt geartet ist (6).

Im folgenden wollen wir zeigen, wie wir uns den Zusammenhang von Erbart und wesenseigenen bzw. wesensfremden mathematischen Inhalten zu denken haben. Wir werden begreifen, wie hinter jeder unserer Pol- und Gegenpolform im Bereich des mathematischen Denkens sowohl wesensnahe, arteigene als auch wesensfremde Gehalte warten und wie überraschend tief die spezifische Eigenart unserer Grundfunktionen die mathematischen Gehalte durchdringt. Wir lernen dann erst recht verstehen, was Grundfunktion heißt und bedeutet und daß bloßes Kenntnisnehmen nicht das geringste zu tun hat mit Einverseelung im Sinn einer Zuwendung einer Erbseele zu dem ihr und nur ihr tiefst wesenseigenen Inhalt. Um den Zusammenhang unserer Pol- und Gegenpolform und den ihnen wesenseigenen bzw. wesensfremden mathematischen Inhalten aufzufinden, brauchen wir für jeden der beiden Grundfunktionstypen nur zu fragen: Was bedeutet sein Vorhandensein für den Aufbau der mathematischen Welt eines Menschen?

IV. Als erstes Beispiel betrachten wir den Begriff der reellen Zahl. Für die enge, festgelegte Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft — Typus I — ist eine reelle Zahl lediglich das Gesetz, das ihre schrittweise Präzisierung ermöglicht. Dieses selbst ist eine endlich aussprechbare Erzeugungsregel und als solche klar und vollständig zu übersehen. Seiner inneren Natur nach muß sich ein Mensch vom Typus I daher auf dieses scharf zu erfassende Herstellungsgesetz festlegen und mit zäher Beharrungskraft daran festhalten. Seine besondere Eigenart, sich den Inhalten aufzutun, liegt ja gerade darin, daß wenn er sich dem Ruf der Welt zuwendet, dies mit ausgesprochener Ausschließlichkeit, in scharfem Zielen, im Sich-Verschließen gegen alles andere geschieht. Alles, was so einmal in den festen Griff der Seele genommen wurde, ruht nun auch in ihr wie mit einem Meißel eingegraben. Völlig anders verhält sich die weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft — Typus II —. Bei einem Menschen dieses Typus ist zwar das Feld des Beachteten wesentlich umfassender, das Beachtete selbst jedoch dafür längst nicht so tief und zäh eingegraben wie am Gegenpol. Der inhaltlichen Absperrung und Verstraffung durch ein fest-Eingestelltsein der Aufmerksamkeit von innen her steht daher hier die inhaltliche Reichhaltigkeit und Auflockerung gegenüber. Unbekümmert schreitet die weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft in der Folge von Intervallen immer weiter fort und tut, durch keinerlei innere Hemmungen beschwert, leichthin den so folgenschweren Sprung in die vollendete Unendlichkeit. Sie erklärt einfach: Eine unendlich lange Folge von Intervallen, welche sich mehr und mehr auf einen Punkt zusammenzieht, wobei jedes einen Teil des Vorigen ausmacht, ist eine „reelle Zahl“. Sie läßt sich also aus ihrer inneren Natur heraus dazu verleiten, eine solche Zahl als einen fertigen unendlich langen Dualbruch anzusehen. Ja, sie schreitet durch eine für die weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft ganz naturgemäße Fortsetzung dieses Verfahrens über die fertige unendliche Menge unbekümmert weiter fort und kommt durch ein einfaches Hinüberzählen über das gewöhnliche abzählbare Unendlich zu dem Begriff der überabzählbaren Menge der reellen Zahlen, das heißt zum Zahlenkontinuum. Da alle wirklich aufstellbaren Sätze, Definitionen und Beweise stets mit endlich vielen Zeichen darstellbar und folglich abzählbar sind, folgt hieraus aber, daß es reelle Zahlen gibt, die überhaupt nicht einzeln definiert werden können, ebenso gültige Sätze, die niemand überhaupt jemals aussprechen und beweisen kann.

Als zweites Beispiel betrachten wir einen geometrischen Begriff, den Begriff der Ebene. Die in jeder geometrischen Begriffsbildung vorliegende Erkenntnisleistung ist ein Abstraktionsprozeß. Über das Wesen der Abstraktion bestehen völlig falsche Ansichten. Die strengen Grundbegriffe der Geometrie sind keine Idealisierungen realer Gegenstände, da jeder reale Gegenstand ohne vorherige Angabe einer ganz bestimmten Richtung auf tausend andere Arten idealisiert werden kann. Man muß zum Beispiel schon wissen, was man unter „Gerade“ versteht, wenn man einen Lichtstrahl dahin idealisieren will. Nicht durch die Abstraktion gelangen wir zur Idee, sondern gerade umgekehrt durch die Idee gelangen wir zur Abstraktion. Abstraktionen sind stets gerichtet. Jede solche Richtung kann nur gegeben werden durch eine Idee. Diese ist Voraussetzung des Vorgangs; sie muß also vor seinem Ablauf bereits — bewußt oder unbewußt — vorhanden sein. Es macht nun gerade das ureigene innerste Wesen der engen, festgelegten Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft aus, daß sie nicht wie ein offener Spiegel in die Welt schaut und das Leben einfach so hinnimmt, wie es ist, sondern Welt und Leben stets von festen Gehalten aus prüft und das Sein stets am Sollen mißt. Jeder Schritt ist ein Fest-eingestellt-Sein von innen her und schon bei der ersten Begegnung mit einer Realität setzt sich ein ganz bestimmter Gesichtspunkt fest, unter dem die Aufmerksamkeit ihren jeweiligen Inhalt scharf von innen gesteuert ergreift. Ein neuer ähnlicher Eindruck ruft diesen zäh festgehaltenen Gesichtspunkt sofort wieder wach und bekommt nur Gültigkeit in der Seele, wenn und soweit er zu ihm paßt. Dadurch wird das schon Gefestigte noch mehr verstrafft und die Garantie gegeben, daß die Gehalte — alter und neu hinzugekommener — sich nicht ineinander verwischen, sondern zäh ineinander verwachsen. Die besondere Eigenart der innerlich „festgelegten“ Aufmerksamkeit und ihre große Bedeutung für die mathematische Wissenschaft haben bisher kaum die ihnen gebührende Beachtung gefunden. Das zähe Festhalten an der innerlich in der Idee erfaßten und festgelegten Forderung aller Wirklichkeit gegenüber bedeutet den Angelpunkt für den Einblick in das Wesen wirklich strenger Wissenschaft von Grund auf und macht das innerste Wesen aller Präzisionstechnik überhaupt aus. Wie H. Dingler erstmalig in voller Klarheit erkannt hat (7), sind die strengen Grundbegriffe der Geometrie ihrer inneren Natur und Möglichkeit nach eindeutig bestimmte „Herstellungspläne“. So wird die völlig eindeutige Herstellung der Ebene durch die Forderung garantiert, ihre beiden Seiten im Ganzen und in ihren Teilen ununterscheidbar zu machen. Dieser Handlungsplan ist eindeutig als Idee bestimmt und benutzt nur die unmittelbaren Erlebnisse des Gleichheits- und Verschiedenheitserkennens. Er kann in der unberührten Natur jederzeit realisiert werden und zwar mit jeder in irgendeiner Zukunft auftretenden Genauigkeit. Er liegt auch der von dem englischen Ingenieur Maudsley (1771—1831) erfundenen Methode zugrunde, genaue ebene Flächen durch gegenseitiges Abschmirgeln von drei Richtplatten herzustellen. Die ungeheure Bedeutung dieses Verfahrens liegt darin, daß erst vom Zeitpunkt seiner Erfindung ab eine fabrikmäßige Herstellung völlig gleichartiger eindeutiger ebener Flächen und damit von Präzisionsinstrumenten garantiert werden konnte. Nur ein ideeller und nicht ein empirischer Handlungsplan erlaubt in allen gegenwärtigen und zukünftigen Fällen eine genaue Unterscheidung dessen durchzuführen, was individuelle Zufälligkeit sein soll, was nicht. Allein die Unendlichkeit der Forderung, welche der Idee anhaftet, schafft die eindeutig gerichtete Linie des Handlungsplanes. Durch sie allein wird dem Feinmechaniker bei allen seinen Einzelhandlungen jedesmal die eindeutige Entscheidung darüber möglich, was zur Herstellung einer ebenen Fläche „richtig“, was „falsch“ ist. Aus dem Charakter der Handlungsanweisung folgt auch die unmittelbare Verbindung des Begriffes der ebenen Fläche mit der Realität, so daß das schwerwiegende und sonst nicht wirklich lösbare „Anwendungsproblem“ hier ganz automatisch fortfällt. Obwohl wir in der Wirklichkeit niemals eine Ebene im streng geometrischen Sinne realisieren können, ist dieser ideelle Begriff dennoch für die Wirklichkeit von ungeheuer praktischer Bedeutung. Er stellt das unveränderliche Vergleichsmuster dar, an dem alle wirklichen mehr oder weniger genauen Realisierungen beurteilt werden können. Hiermit haben wir die innere Natur und Möglichkeit des streng eindeutigen geometrischen Begriffes der Ebene und seine strenge allgemeine Geltung für die Wirklichkeit durchschaut. Wir verstehen aber jetzt auch, warum es für die enge, festgelegte Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft keine nichteuklidische Ebene geben kann. Wie HUGO DINGLER gezeigt hat (8), beruht der Gesamtbereich aller ideenhaft eindeutig bestimmten und bestimmbaren wirklichen kontinuierlichen Umstände ganz auf der euklidischen Ebene. Die nichteuklidische Geometrie kann nicht in ihrer Realisierung vom ersten Schritte an aus der unberührten Natur rein ideenhaft und deswegen streng eindeutig bestimmt werden.

Ganz im Gegensatz zum Typus I legt sich die weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft nicht schon bei der ersten Begegnung auf einen bestimmten Gesichtspunkt fest. Erst der neue Eindruck wird zusammen mit dem alten durch einen Gesichtspunkt erfaßt, durch welchen Früheres und neu Hinzukommendes sich zueinander hinspielen, sich wechselseitig formend. Der aller Wirklichkeit gegenüber zäh festgehaltenen Herstellungsregel als dem unveränderlichen Vergleichsmuster steht also hier der Relationsbegriff gegenüber, der seinem Wesen nach stets unabschließbar bleiben muß, weil die Aufmerksamkeit mit jeder neuen Verknüpfung durch neu hinzukommende Eindrücke von Gesichtspunkt zu Gesichtspunkt weiterwandert. Aus dem ganzen Netz von Relationen, in denen der einzelne Gegenstand mit anderen steht, kann dieser nicht herausgelöst werden, da er in sich selbst nichts anderes als eben diesen Relationszusammenhang bedeutet und ihn gleichsam in verdichteter Form zum Ausdruck bringt. Dem Typus II ist so die Lehre von den impliziten Definitionen wesenseigen, nach welcher der Zusammenhang mit der Realität für die mathematische Geometrie nicht notwendig ist, und sich der mathematische Sinn der geometrischen Gebilde und Lagerungen in rein begrifflichen Beziehungen erschöpft: denn eine der wichtigsten Errungenschaften des 19. Jahrhunderts, die Entdeckung, daß zwei inhaltlich gänzlich verschiedene Wissenschaften den gleichen Relationszusammenhang besitzen können, mußte diesen Typus dahin bringen, die Existenz selbständiger, rein logischer Formen durch ihre Unabhängigkeit vom jeweiligen realen Inhalt nachgewiesen zu haben. Für die weite wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft kommt daher dem geometrischen Element Ebene kein anderer Sinn zu, als allein in den die Ebene mit den anderen Elementen verknüpfenden Axiomen der Geometrie festgelegt wird. Es gibt daher je nach dem Axiomensystem auch andere als euklidische Ebenen. Nun ist dem Mathematiker bekannt, daß das Axiomensystem nicht einmal unter den euklidischen Dingen durch eindeutige Vorschriften die Elemente festlegen kann — so befriedigt zum Beispiel das sogenannte Kugelgebüsch alle Axiome Euklids —. Hieraus wird die große Schwäche der impliziten Begriffsbildung deutlich und der vollständige Irrtum einer heute allgemein verbreiteten Ansicht: Nicht die Auffassung des Typus II führt zu von Grund auf streng eindeutigen geometrischen Begriffen, sondern allein diejenige des Typus I. Nicht die Abkehr von der Realität ergibt in Gestalt reiner Relationszusammenhänge die von Grund auf strenge Geometrie, sondern allein die Hinwendung zur Realität in Gestalt streng eindeutiger Herstellungspläne.

V. Unsere aufgeführten Beispiele zeigen uns ganz deutlich, daß das von der engen, festgelegten Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft gesteuerte mathematische Denken grundsätzlich verschieden ist von dem von der weiten, wandernden Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft gesteuerten. Jede der beiden Arten besitzt ihr wesenseigene und wesensfremde Gehalte. Beide seelischen Betätigungsweisen haben ihre besonderen Vorzüge und Schwächen und daher ihre besondere Bedeutung für das Gesamtgebäude der Wissenschaft. Der Typus I stellt die Voraussetzung für das strenge mathematische Denken dar. Wohl das wichtigste Ergebnis aller neueren erkenntnistheoretischen Forschungen besteht in der Grundeinsicht, daß alles streng wissenschaftliche Erkennen kein passives Feststellen eines irgendwie fertig Gegebenen, sondern vielmehr ein aktives, planmäßiges, eindeutiges Herstellen ist und ausschließlich auf dem aktiven, planmäßigen, eindeutigen Handeln beruht. Das Wesen aller strengen Wissenschaft besteht in dem Streben nach absoluter Sicherheit der Aussagen. Den Griechen gebührt das unsterbliche Verdienst, dieses ewig höchste Ziel alles wirklich wissenschaftlichen Bemühens in voller Klarheit aufgestellt und damit für alle Folgezeit den eigentlichen und tiefsten Sinn aller strengen Wissenschaft erkannt zu haben. Wollen wir die innere Natur und Möglichkeit streng allgemeingültiger Aussagen verstehen, so müssen wir uns darüber vollständig klar werden, daß die strenge Allgemeingültigkeit eines Satzes nur dadurch garantiert werden kann, daß dieser sich auf Methoden bezieht, also Methodisches aussagt. Alle allgemeingültigen Begriffe und Aussagen sind Handlungsaussagen, „Ideen" im Sinne einer zielmäßigen geistigen Herstellungsplanung, und folglich Willensaussagen. Die Denkstrukturen hängen daher viel inniger mit der Organisation der tätigen Auseinandersetzung mit der Welt im Wollen und Handeln zusammen, als es der heute noch immer verbreiteten Auffassung entspricht. Selbst die reine Logik verdankt ihre Schöpfung einer methodischen und damit aktiven willensmäßigen Einstellung. Die „Grundsätze der Logik" sind ihrer inneren Natur und Möglichkeit nach „Sollsätze" und damit methodische Regeln zur Herstellung eindeutiger Begriffe und Aussagen. Sie ergeben sich direkt aus dem eindeutigen Herstellungswillen; denn eine sichere, das heißt eindeutige Beherrschung der Wirklichkeit auf Grund geeigneter Methoden kann nur durchgeführt werden, wenn jede Aussage über diese Methoden nur einen einzigen, ganz bestimmten Sinn hat, das heißt eindeutig ist. Da die aus dem Eindeutigkeitswillen zwangsläufig fließenden „logischen Grundgesetze" methodisch jeder Logistik vorausgehen, ist auch die von seiten gewisser Vertreter der Logistik vertretene Meinung, daß alle Logik Logistik sein müsse, falsch. Alle strenge Logik und Mathematik besteht in der geordneten Abfolge zielstrebiger eindeutiger Handlungen. Jede solche bewußte Handlung zerfällt in die „Planung", einen geistigen Prozeß, und in die „Ausführung", welche geistig oder manuell sein kann. Jedes hypothetisch-deduktive System, das symbolisch ausgedrückt werden soll, macht am Anfang die Aufstellung eines eigenen Handlungsplanes notwendig, welcher die Regeln enthält, nach welchen mit den Zeichen operiert werden soll. Ohne einen solchen ist mit den Zeichen überhaupt nichts anzufangen. Die Herstellung von unbegrenzten Reihen von Schreibzeichen ist nur auf Grund einer Herstellungsregel möglich. Das „Urphänomen" des unendlichen Regresses beruht darauf, daß eine bestimmte gedankliche Operation so beschaffen ist, daß sie, auf ein bestimmtes Ausgangselement angewendet, ein neues Element herstellt mit der Eigenschaft, daß die gleiche gedankliche Operation auch wieder darauf angewendet werden kann, so daß derselbe Umstand bei jedem so erzeugten Element wieder vorliegt. Alles planmäßige, eindeutige Handeln hat eine scharf von innen gesteuerte Aufmerksamkeit, die mit zäher Beharrungskraft an dem die Herstellung beherrschenden konstruktiven Gedanken festhält, zur notwendigen Voraussetzung. Hiermit offenbart sich uns für den Typus I zugleich auch das tiefste Wesen alles Erkennens: Für die enge, festgelegte Ausmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft bedeutet Erkennen nichts anderes als ein Überprüfen und Bestimmen auf Grund konstruktiver fester innerer Gehalte als unveränderlicher Vergleichsmuster: „Absolutes Erkennen". Die Spannung zwischen der konkreten realen Ausführung und der strengen geometrischen Aussage, die nur vermöge der Unendlichkeit der Forderung, welche der Idee anhaftet, die ins Unendliche fortsetzbare und deshalb niemals versagende eindeutig gerichtete Linie des Handlungsplanes schafft, für die Erkenntnis der Wirklichkeit fruchtbar gemacht zu haben, ist die große Leistung der Griechen. Während die enge, festgelegte Aufmerksamkeit ihren Gegenstand durch ein zähes Beharren auf der im idealen Vergleichsmuster festgelegten Forderung bestimmt, gewinnt die weite, wandernde Aufmerksamkeit den ganzen Reichtum der ihre Gegenstände charakterisierenden Beziehungen durch immer weitere Veränderung des Gesichtspunktes, durch immer weitere Verzerrungen, Perspektiven, Substitutionen, Transformationen usw. Für den Typus II spielen alle Begriffe nur die Rolle von Mittlern zwischen anderen Begriffen und schließen sich zu einer Kette zusammen, in der kein Glied das erste und letzte ist. Alles Bemühen ist jetzt nicht intensiv, das heißt auf strenge Eindeutigkeit von Grund auf und damit absolute Sicherheit gerichtet, sondern extensiv, das heißt auf möglichst große Verallgemeinerung und Verbreiterung des Forschungsfeldes. Aus der „absoluten" Geometrie der engen, festgelegten Aufmerksamkeit werden so die unendlich vielen möglichen, „relativen" Geometrien der weiten, wandernden. Für den Typus II bedeutet daher alles Erkennen zuguterletzt nicht ein Herstellen und Erfassen von Gegenständen mit Hilfe idealer unveränderlicher Vergleichsmuster, sondern eine möglichst vielseitige und umfassende Verknüpfung von Gegenständen mit anderen: „Relatives Erkennen". Aller Methode der weiten, wandernden Aufmerksamkeit liegt ein perspektivischer, ein Abbildungsgedanke zugrunde. Alle Axiomatik führt im Grunde genommen die Widerspruchslosigkeit eines Axiomensystems durch Abbilden auf die eines anderen zurück. Jeder logische Beweis erfordert für die Gültigkeit seiner Prämissen einen neuen. Jede durch Änderung des Gesichtspunktes auf Verallgemeinerung gerichtete extensive Bemühung erkauft die Verbreiterung des Forschungsfeldes mit der Preisgabe der strengen Eindeutigkeit von Grund auf; denn weder garantiert die für die axiomatische Methode charakteristische Implizierung, die nicht erlaubt, durch eine Entwirrung der gegenseitigen Verknüpfung zu expliziten, eigentlichen Definitionen überzugehen, strenge Eindeutigkeit der Begriffe und damit der Aussagen selbst, noch sichern die formal abgegrenzten Axiomensysteme, deren innere Schwäche die neueren Ergebnisse von GÖDEL (9) und SKOLEM (10) bloßgelegt haben, strenge Eindeutigkeit in der Verknüpfung der Aussagen untereinander. Alles Streben nach Sicherheit bleibt für die weite, wandernde Aufmerksamkeit, weil immer nur ein extensives und kein intensives Bemühen, notwendig relativ. Die auf Verallgemeinerung ausgehende Methode, der immer ein perspektivischer, ein Abbildungsgedanke zugrunde liegt, gewann ausschließlich in französischen Gehirnen zuerst endgültige Gestalt, wie die Geschichte mit großer Klarheit zeigt (11). „Descartes ist der erste seiner Tat voll bewußte Begründer einer Universalmathematik" (11).

VI. Unsere Gegenüberstellung soll kein Schrank mit zwei Fächern sein, in die wir jeden einzelnen Menschen gewaltsam hineinpressen wollen. Wie bereits hervorgehoben worden ist, haben umfassende und sorgfältige Untersuchungen der Erbcharakterkunde immer wieder gezeigt, daß ohne jeden Zwang je ein Drittel aller untersuchten Menschen unseren beiden extremen Typen zugerechnet werden kann, während ein Drittel als Übergangstypus anzusehen ist. Man darf nun nicht glauben, dieses letzte Drittel „in der Mitte" sei bald das eine, bald das andere. Nein, es ist vielmehr beides zugleich, aber keines ganz. Der tiefere Sinn unserer Gegenüberstellung kann daher nur der sein, einen ersten Wegweiser abzugeben zum Verständnis der besonderen Einzigartigkeit des mathematischen Denkens jedes Individuums, das einen ganz bestimmten Punkt darstellt auf der ununterbrochenen Linie zwischen den Extremen beider Gegenpolformen. Die heute nachgewiesenen gesetzmäßigen Zusammenhänge von rassischem Leibbild und Erbwesensart zeigen (12), daß auf dieser Linie von größter innerer Verfestigung bis zu größter Auflockerung nacheinander folgen: nordische und fälische, dinarische, westische und zuletzt ostische Menschen. Am weitesten sind seelisch und damit auch im mathematischen Denken voneinander entfernt Nordische und Ostische. Historisch ist das Streben nach absoluter Sicherheit der mathematischen Aussagen ja auch den nordrassischen Griechen und die bewußte Begründung einer Universalmathematik den vorwiegend ostischen Franzosen zuzuschreiben. Die Lehre von den impliziten Definitionen ist im Anschluß an die Axiomatik HILBERTS ausgebildet worden, der vorwiegend der ostbaltischen Rasse angehört, die der ostischen nahesteht. Die Dinarier stehen in nächster Nachbarschaft von Fälischen und Nordischen; jedoch so, daß ihre Auflockerung jenen gegenüber unverkennbar ist. Die Westischen endlich beherrschen den Raum „fließend mit Verfestigung". Die Spannweite seelischer Erbarten und damit auch des mathematischen Denkens ist in unserem deutschen Volke besonders groß. Auf ihr beruht nicht zuletzt der große Anteil gerade der deutschen Leistungen am Gesamtausbau der mathematischen Wissenschaft.

Literaturhinweise.

1. B. PETERMANN, Wesensfragen seelischen Seins. Eine Einführung in das modern-psychologische Denken. Leipzig 1938.
2. G. GENTZEN, Forschungen zur Logik und zur Grundlegung der exakten Wissenschaften. Heft 4. 1938.
3. D. HILBERT, Grundlagen der Geometrie. Leipzig 1930.

4. F. REQUARD, Probleme streng-mathematischen Denkens im Lichte der Erbcharakterkunde. Zeitschr. f. angewandte Psychologie u. Charakterkunde. Band 59, Heft 5 u. 6 (1940).
5. J. BARON UEXKÜLL und G. KRISZAT, Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen. Berlin 1934.
6. G. PFAHLER, Vererbung als Schicksal. Eine Charakterkunde. Leipzig 1932.
7. H. DINGLER, Die Grundlagen der Geometrie. Stuttgart 1933.
8. H. DINGLER, Die Methode der Physik. München 1938.
9. K. GÖDEL, Über formal unentscheidbare Sätze usw. Mh. Math. Physik 38. 1931.
10. TH. SKOLEM, Über einige Grundlagenfragen der Mathematik. Skr. Norske Vid. Akad. Oslo, I, mat-nat. kl. (1929), Nr. 4.
11. E. COLERUS, Von Pythagoras bis Hilbert. Die Epochen der Mathematik und ihre Baumeister. Wien 1939.
12. G. PFAHLER, Warum Erziehung trotz Vererbung? Leipzig 1938.
Derselbe, Rassekerne des deutschen Volkes und ihre Gemische. Bd. I u. II. München 1940.

Versuche zur Messung von Geschoßgeschwindigkeiten.

Von WERNER GÖTTEL in Berlin.

Die Anfangsgeschwindigkeit v_0 eines Geschosses läßt sich aus einer Weg- und einer Zeitmessung berechnen; eine solche auf der Definition der Geschwindigkeit beruhende Bestimmung läuft auf eine möglichst genaue Messung der meist sehr kleinen Zeit, die das Geschoß zum Durcheilen der festgelegten Wegstrecke benötigt, hinaus. Solche Kurzzeitmessungen sind auf die mannigfachste Weise möglich und die Meßverfahren sind heute zu hoher Vollkommenheit ausgebildet. Neben diesen definitionsgemäßen Methoden steht die auf dem Impulssatz fußende Messung mit dem ballistischen Pendel. Hier soll neben einigen in ihren Grundzügen bereits bekannten, in ihrer Form jedoch für die Schule abgeänderten Versuchen der ersten Art ein neues, ebenfalls definitionsgemäßes Verfahren zur Bestimmung der Geschoßgeschwindigkeit mitgeteilt werden; es sind Versuche, die ich im Unterricht und in einer Arbeitsgemeinschaft am Dorotheenstädtischen Realgymnasium[1]) ausgearbeitet habe.

Als Waffe diente bei den Versuchen die den meisten Schülern bekannte Kleinkaliberbüchse, deren Treffsicherheit ihr den Vorzug vor den häufig für Schulversuche empfohlenen kleinen Flobertpistolen gibt[2]), die meist erhebliche Streuung haben. Als Munition wurden von den Sinoxid-Randfeuerpatronen (Kal. 22, 5,6 mm) die Normalpatrone und daneben zum Vergleich die mit schwächerer Ladung versehene Zimmerpatrone (Z 22 mit vernickelter Hülse) verwendet.

Eines der ältesten mechanischen Verfahren (MATHEY 1773) verwendet einen rotierenden, oben offenen Hohlzylinder, der sich um ein bestimmtes Stück weiterdreht, während das Geschoß die Strecke seines Durchmessers durchläuft. Eine für Schulzwecke geeignete Anordnung ist von GÜNTHER[3]) ausführlich beschrieben worden. Bei unseren Versuchen wurde das den Papierzylinder tragende Grundbrett mit einer Einlaßmutter versehen und mittels eines eingeschraubten Messingbolzens auf die Schwungmaschine mit Motorantrieb gesetzt. Die Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit haben wir, abweichend von GÜNTHER, mit einem Drehzahlmesser (Tourenzähler Rekord, LEYBOLD) und einer $^2/_{10}$-Sekundenstoppuhr gemessen. Ist s der Zylinderdurchmesser (gleichzeitig der Weg des Geschosses) in cm, n die Zahl der Umdrehungen in 1 sec (bei unseren Versuchen n = 10 bis 15), d die Länge der Verschiebung in cm der Ausschußstelle auf der Zylinderwand, so ist die Geschwindigkeit v_0

$$v_0 = \frac{n \cdot \pi \cdot s^2}{d} \text{ cm sec}^{-1}.$$

[1]) Dem Sammlungsleiter, Herrn Dr. C. FISCHER, möchte ich auch an dieser Stelle für seine stets freundliche Hilfe und Ratschläge meinen Dank aussprechen.

[2]) GEY-TEICHMANN, Einführung in die Lehre vom Schuß. Teubner 1934.

[3]) E. GÜNTHER, Über eine Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit von Geschossen. Zeitschr. f. d. physik. u. chem. Unterricht 1919, S. 198. Vgl. auch GÜNTHER, Wehrphysik. Diesterweg 1936.

Damit der Schuß durch die Drehachse geht, ist es zweckmäßig, von oben in die Trommel ein Stück Papier so hineinzuhängen, daß ein darauf gezeichneter gerader Strich die Verlängerung der Drehachse bildet. Traf die Kugel nicht genau den Strich, so wurde die von GÜNTHER in seiner Arbeit angegebene Korrektur vorgenommen. Zur Messung von d wurde dicht über den Rand des auf die Schwungmaschine gesetzten Zylinders ein Faden gespannt, der mittels eines auf dem Grundbrett liegenden Spiegels genau in die Lage eines Durchmessers gebracht wurde. Der Zylinder wurde nun so gedreht, daß die Mitte des Einschusses unter dem Faden stand; die Entfernung der Ausschußstelle von dem gegenüberliegenden Ende des Fadens konnte dann auf dem aus Millimeterpapier bestehenden Zylindermantel abgelesen werden. Als Kugelfang diente ein mit Sand gefüllter Kasten. Die Ergebnisse einer Meßreihe sind in Tabelle 1 angegeben (vgl. auch Tabelle 4).

Tabelle 1: Versuchsreihe mit rotierendem Zylinder (Mathey-Günther).

Zylinderdurchmesser s [cm]	Umdrehungen pro sec n	Verschiebung des Ausschusses d [cm]	Anfangsgeschwindigkeit v_0
	a) Normalpatrone		
37	300/24,6	1,40	374 m sec^{-1}
37	300/24,0	1,65	326 ,,
37	300/25,4	1,34	381 ,,
37	300/24,4	1,70	313 ,,
37	300/24,6	1,57	335 ,,
	b) Zimmerpatrone		
37	300/22,8	2,55	223 m sec^{-1}
37	300/21,6	2,40	250 ,,
37	300/22,0	2,40	244 ,,

Bei der von GROBERT (1801) angegebenen Abänderung dieses Verfahrens rotieren statt des Zylinders zwei Kreisscheiben von bekanntem Abstand, die auf einer gemeinsamen Achse befestigt sind und die parallel zur Achse durchschossen werden. Die von POHL[1]) beschriebene Anordnung wird in den seltensten Fällen für den Unterricht beschafft werden können. Die bei meinen Versuchen verwendete Versuchsanordnung kommt mit den meist vorhandenen Teilen des gebräuchlichen Stativmaterials aus (wir verwendeten 13-mm-Eisenstäbe und Parallelmuffen des W. VOLKMANNschen Stativmaterials). In eine Fußplatte F (Abb. 1) ist ein kurzer (10 cm), am einen Ende mit Gewinde versehener Eisenstab S_1 eingesetzt, auf dem eine Fußschraube mit Spitze verkehrt aufgeschraubt ist. Ein an einem Ende eingekörnter Eisenstab S_2 von 50 cm Länge lagerte auf dieser Spitze Sp und wurde durch die Parallelmuffe M_1 mit einem Stab S_3 verbunden, der am oberen Ende ein Gewinde trägt, auf dem eine Holzrolle R befestigt ist. Das ganze auf der Spitze gelagerte Stabgebilde war oberhalb M_1 so durch eine Parallelmuffe M_2 (mit gelöster Schraube) geführt, daß es um seine vertikale Achse drehbar war; M_2 ist mit der anderen Schraube an einem kürzeren Stab S_4 fest angeschraubt, der von einer auf dem Tisch T befestigten Schraubzwinge Sch horizontal gehalten wird. Durch einen Ledertreibriemen ist das Ganze über die Rolle R mit dem Motor der Schwungmaschine verbunden. Die bei Sp und M_2 auftretende Reibung kann durch Vaselin weitgehend vermindert werden, so daß Geschwindigkeiten von 12—15 Umdrehungen in der Sekunde ohne weiteres erreicht wurden; ein Kugellager erschien mithin überflüssig. An dem Stabe S_2 wurden nun zwei Kreisscheiben aus Zeichenpapier von 50 cm Durchmesser im Abstand von ungefähr 35 cm dadurch befestigt, daß sie zwischen zwei Pappscheiben von 14 cm Durchmesser gelagert wurden, die ihrerseits durch je zwei leichte Rohrmuffen fest aufeinandergepreßt wurden. (Statt der älteren Rohrmuffen könnten wohl auch die viel schwereren Parallelmuffen genommen

[1]) R. W. POHL, Einführung in die Mechanik und Akustik, 1931, S. 14.

werden.) Durch Versuche wurde festgestellt, daß die Scheiben beim Anlassen des Motors sich nicht gegen die Achse verdrehten. Die Drehgeschwindigkeit reichte aus, um die Papierscheiben auszuebnen. Das an einem Stativ befestigte Gewehr wurde mittels eines durch den Lauf geführten Fadenlotes möglichst lotrecht eingestellt; die Mündung war ungefähr $^3/_4$ m von der oberen Scheibe entfernt.

Durchschießt man die rotierenden Scheiben, so kann man zunächst durch die Neigung eines durch die Schußlöcher gesteckten Stabes zeigen, daß die Schußlöcher gegeneinander verschoben sind. Um bei der Messung der Verschiebung eine Abweichung des Gewehrlaufs von der lotrechten Richtung auszuschalten, wurde noch durch die ruhenden, waagerecht gehaltenen Scheiben geschossen und die abgenommenen Scheiben so aufeinandergelegt, daß diese Schußlöcher zur Deckung kamen. Die Einschüsse der oberen Scheibe wurden nun auf die untere übertragen und die Entfernung d cm je zweier zusammengehöriger Schußlöcher auf der unteren Scheibe gemessen.

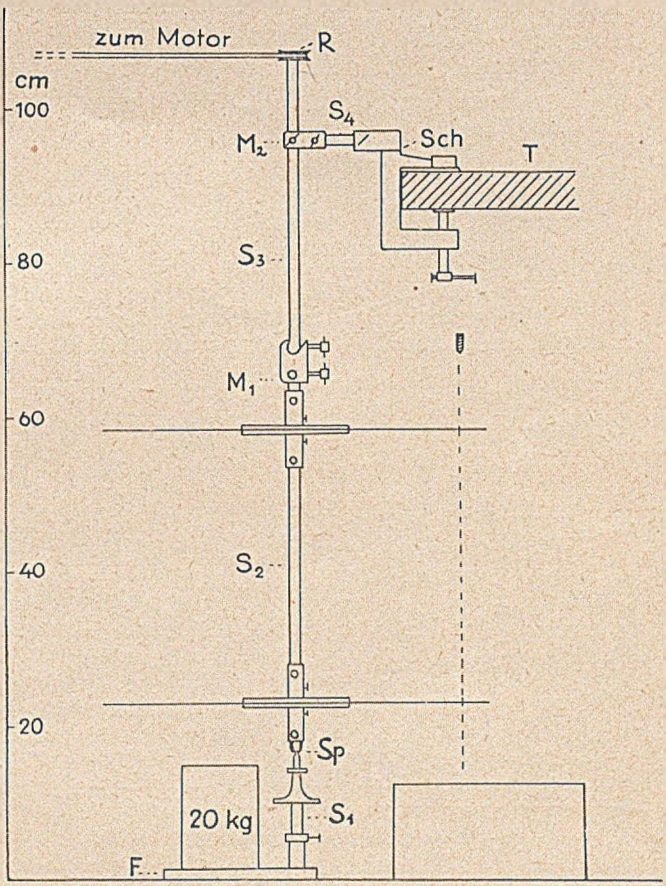


Abb. 1.

Während der Zeit t sec, in der das Geschoß den Abstand s cm der Scheiben durchläuft, bewegt sich die in der Entfernung r cm von der Achse befindliche Schußstelle um die Strecke d cm. Ist n die Zahl der Umdrehungen in 1 sec, so ist

$$t = \frac{d}{n \cdot 2\pi r} \text{ sec}$$

und die Geschwindigkeit des Geschosses berechnet sich daraus:

$$v_0 = \frac{s}{t} = \frac{s \cdot 2\pi r \cdot n}{d} \text{ cm sec}^{-1}.$$

Die Messung von n wurde wieder mit dem Tourenzähler vorgenommen, der auf die Rolle R aufgesetzt wurde, wenn die Scheiben die gewünschte Geschwindigkeit hatten. Mit der Stoppuhr wurde die Zeit gemessen, die für 200 Umdrehungen benötigt wurde; man verfolgt den Gang der Zehner des Zählers und setzt beim Erscheinen des ersten Hunderters die Uhr in Gang, beim Durchgang des zweiten Hunderters fällt der Schuß, und beim Auftreten des dritten Hunderters wird die Uhr gestoppt.

Die Ergebnisse einer Meßreihe sind in Tabelle 2 für beide Munitionsarten verzeichnet. Den Vorteil dieser hier beschriebenen Anordnung sehe ich vor allen Dingen darin, daß der Lehrer das Gerät in kurzer Zeit vor den Augen der Schüler zusammensetzen kann.

Tabelle 2: Versuchsreihe mit rotierenden Scheiben.

Umdrehungen pro sec n	Abstand der Schußstelle von der Achse r [cm]	Verschiebung des Ausschusses d [cm]	Scheibenabstand s [cm]	Anfangsgeschwindigkeit v_0
		a) Normalpatrone		
200/13,4	23,2	2,2	35,8	353 m sec^{-1}
200/13,4	23,2	2,3	35,8	333 ,,
200/13,6	23,2	2,1	35,8	365 ,,
200/13,6	23,2	2,0	35,8	374 ,,
200/13,6	23,2	2,1	35,8	365 ,,
		b) Zimmerpatrone		
200/15,8	19,4	2,3	35,5	239 m sec^{-1}
200/15,4	19,4	2,5(5)	35,5	222 ,,
200/15,6	19,4	2,2(5)	35,5	247 ,,

Schließlich sei eine optisch-photographische Methode mitgeteilt, die ich in einer Arbeitsgemeinschaft ausgearbeitet habe. Die Methode ähnelt derjenigen der heutigen modernen Ballistik[5]), wo durch zwei an den Enden einer Meßstrecke be-

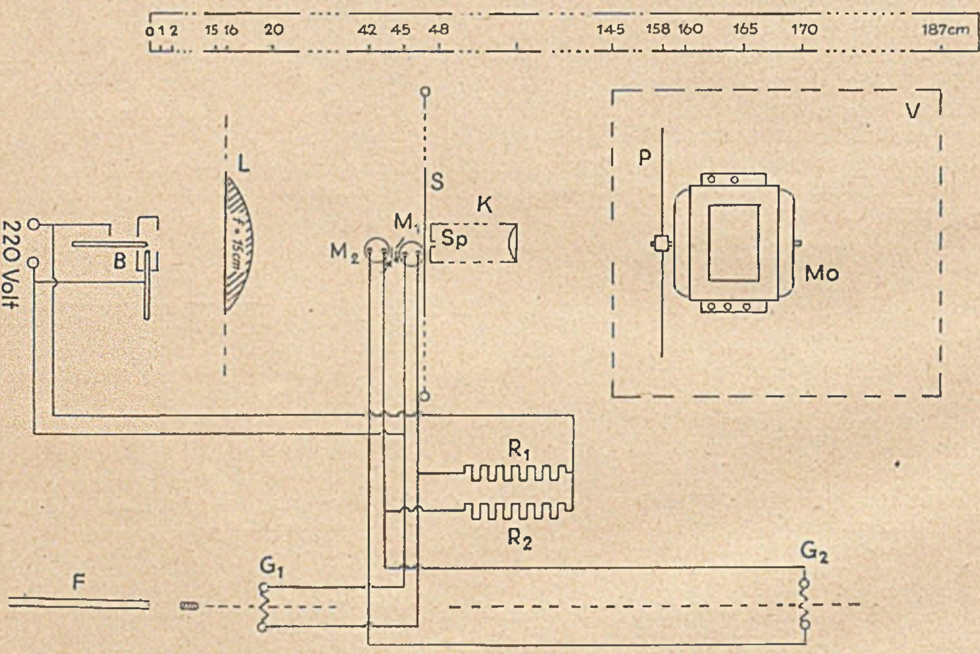


Abb. 2.

findliche Kontakte, die von dem Geschoß betätigt werden, jedesmal an eine Kerrzelle eine Spannung gelegt wird. Dadurch wird die Ebene eines zwischen zwei gekreuzten Nikols verlaufenden Lichtstrahls gedreht und die so bewirkte Aufhellung beide Male photographisch registriert, woraus dann die Zeit ermittelt werden kann. Für Schulzwecke mußte die Methode vereinfacht werden, da Kerrzelle und lichtstarke Polarisationsgeräte der Schule nicht zur Verfügung stehen.

Der Grundgedanke unseres Verfahrens ist folgender: Das Geschoß zerreißt nacheinander zwei stromführende Bänder von gegebenem Abstand. Dadurch wird

[5]) Dinner, Methoden der modernen experimentellen Ballistik; Unterrichtsblätter f. Math. u. Naturw. 1936, S. 189.

in der Zwischenzeit elektromagnetisch ein Lichtstrahl freigegeben, der auf einer rotierenden Scheibe ein photographisch erfaßbares Lichtband erzeugt; die Umlaufzeit wird akustisch bestimmt.

Unser Aufbau war folgender: Das Licht der Bogenlampe B (Abb. 2) wird durch die Linse L (f = 15 cm) auf den senkrechten Spalt Sp konzentriert, der seinerseits durch einen Kollimator K auf eine Kreisscheibe P abgebildet, die auf der Achse eines Motors befestigt ist. Vor dem Spalt sind zwei kleine Elektromagnete angebracht, wie sie in Nebenanschlußtelephonen als Schauzeichen benutzt werden; dort erscheint beim Stromdurchgang im Gesichtsfeld ein weißes, aus vier Sektoren bestehendes Kreuz.

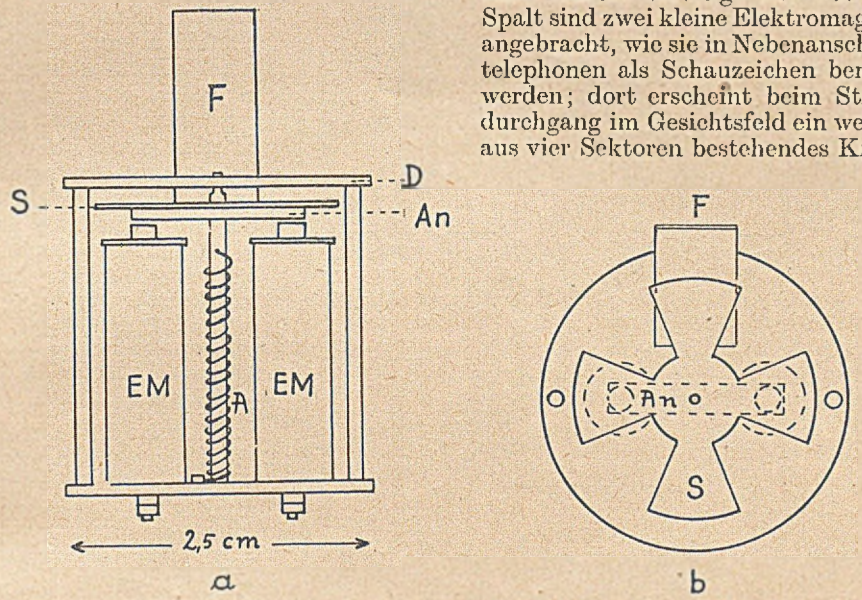


Abb. 3.

In Abb. 3 ist ein solcher Elektromagnet gezeichnet. Bei Stromlosigkeit nimmt das weiße bewegliche Sektorenkreuz S durch die an der Achse A befestigte Torsionsfeder eine solche Stellung ein, daß seine Sektoren unter den schwarzen Sektoren der feststehenden Deckplatte D liegen. Bei Stromdurchgang wird der unter dem weißen Sektorkreuz angebrachte Anker An in die Lage gebracht, wie sie Abb. 3b zeigt; das Sektorkreuz hat sich um 45° gedreht und ist in den Ausschnitten der Deckplatte im Gesichtsfeld erschienen. An jedem Elektromagneten wurde an einem der weißen Sektoren ein Fähnchen F aus schwarzem Papier, das senkrecht nach oben umgebogen wurde, befestigt. Das Fähnchen von Magnet 1 steht 2 cm so vor dem Spalt Sp, daß dieser verdeckt wird und bewegt sich bei Stromdurchgang so, daß Sp freigegeben wird; das Fähnchen von Magnet 2 (3 cm vor dem Spalt) läßt bei Stromlosigkeit den Spalt frei und bewegt sich bei Stromdurchgang so, daß Sp verdeckt wird. Jeder Elektromagnet ist nun in je einen Stromkreis eingeschaltet, wie er in Abb. 4 dargestellt ist. Bei A verzweigt sich der Strom und fließt durch einen Lamettafaden L (einfache Aluminiumlametta, Christbaumlametta, Länge 60 cm, Breite 2 mm), der über ein rechteckiges Stück Zeichenpapier zu einem Gitter gewickelt ist, das mit Volkmann-Kontaktklammern an einem Papprahmen befestigt ist (Abb. 5). Der Lamettafaden von geringem Widerstand ist, wie aus Abb. 2 und 4 ersichtlich, parallel zu dem Elektromagneten von hohem Widerstand geschaltet, der also praktisch durch den Lamettafaden kurz geschlossen ist. Wird der Kurzschluß durch Zerreißen des Fadens aufgehoben, so wird der Magnet in Tätigkeit gesetzt.

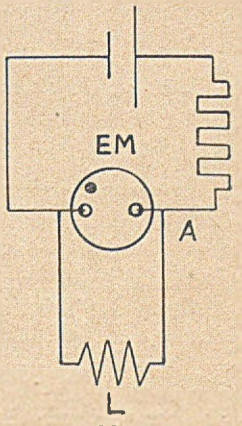


Abb. 4.

Der Versuch verläuft nun folgendermaßen: das zu dem Magneten 1 gehörige Gitter G_1 wird in der Entfernung 1 m von der Gewehrmündung durchschossen: Magnet 1 gibt den Spalt frei und läßt das Licht auf die auf der Motorachse befestigte Papierscheibe fallen; das Geschoß zerreißt nach Durchlaufen der Wegstrecke s das zum Magneten 2 gehörige Gitter G_2, wodurch Magnet 2 mit seinem Fähnchen den Spalt Sp wieder schließt. Ersetzt man die Papierscheibe durch ein lichtempfindliches Bromsilberpapier, so zeichnet der Lichtstrahl während der Öffnungszeit des Spaltes einen dunklen Ring, der nach der Entwicklung sichtbar wird. Jetzt handelt es sich noch darum, die Länge der Öffnungszeit zu messen. Ein Drehzahlmesser ist wegen der großen Umdrehungszahl nicht zu verwenden (wir gebrauchten einen SIEMENS-SCHUKKERT-Kleinmotor Type CG2EG 220 Volt, 0,2 Amp.; 15 Watt; 3000 U/min). Die Zeitregistrierung mußte also durch die Belichtung selbst geschehen, was auf folgende Weise erreicht wurde: vor dem senkrechten Spalt war eine horizontale, 75 cm lange Stahlsaite (0,3 mm Ø) angebracht, die in dem beleuchteten Spalt als Schatten erschien. Wurde die Saite angezupft, so bewegte sich der Schatten in Richtung des Spaltes auf und ab und zeichnete bei rotierender Scheibe in das geschwärzte Ringstück eine weiße Wellenlinie (Abb. 6). Die Saite war vorher mittels einer Stimmgabel auf d (288) abgestimmt.

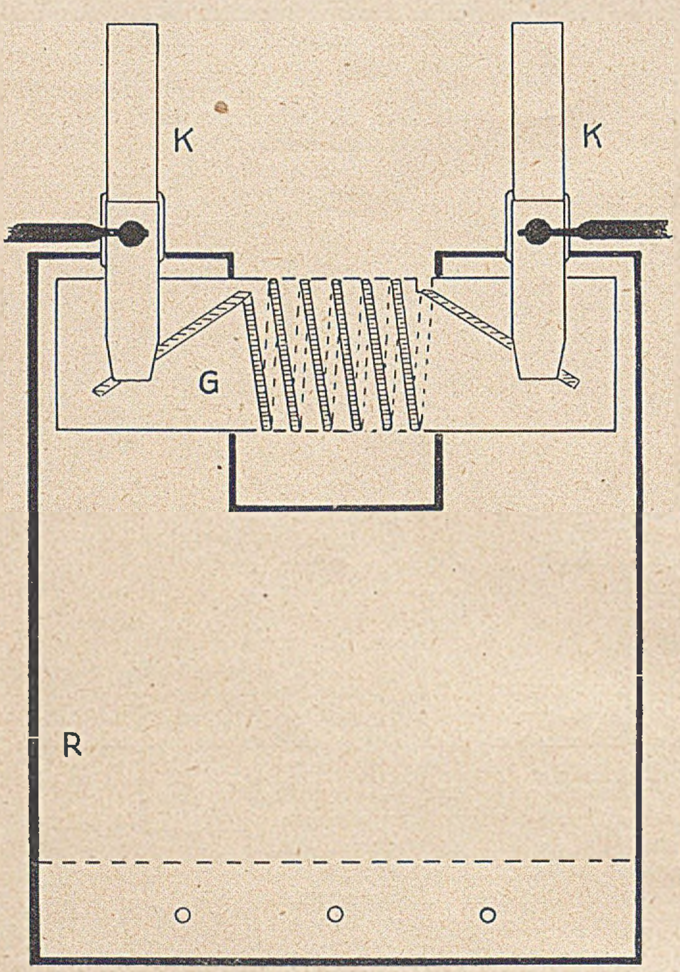


Abb. 5.

Die Auswertung der Aufnahmen geschah in der Weise, daß durch möglichst viele Ausmessungen der Winkel λ bestimmt wurde, der zu einer vollen Schwingung, alsdann der Winkel τ, der zu dem ganzen geschwärzten Kreisring gehört. Die Zeitdauer der Belichtung, d. h. die Zeit, während der der Spalt frei war, ist dann $T = \frac{\tau}{\lambda} \cdot \frac{1}{288}$ sec. Dies ist aber noch nicht die Zeit, die das Geschoß brauchte, um den Weg von einem bis zum andern Gitter zu durchfliegen. Beim Öffnen und Schließen des Spaltes treten nämlich Verzögerungen auf; denn einmal wird bei jedem der Elektromagnete durch Hysterese eine gewisse Klebkraft hervorgerufen, und zum andern würde eine solche Ausrichtung der Papierfähnchen, daß bei kleinster Drehung schon der Spalt geöffnet bzw. geschlossen wird, auf Schwierigkeiten stoßen. Wegen der Unübersehbarkeit dieser Einflüsse wurde der Verzögerungsfehler meßbar gemacht und durch Doppelmessung in folgender Weise ausgeschaltet. Bei gleicher

Stellung der Elektromagnete werden für verschiedene Gitterabstände s die Zeiten $T_s = t_s + t_0$ ermittelt; dabei ist t_0 der Überschuß der Verzögerung von Magnet 2 gegen Magnet 1, der aus je zwei Aufnahmen berechnet werden kann. In Tabelle 3 ist für eine Meßreihe in der fünften Spalte der Mittelwert $\bar{t}_0$ verzeichnet, nach dessen Kenntnis dann aus T_s die wirklichen Zeiten t_s und damit die Geschwindigkeiten berechnet wurden.

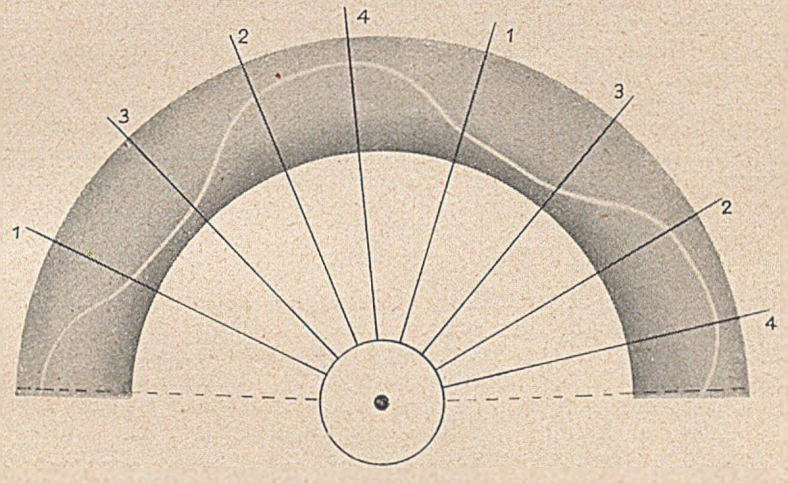


Abb. 6.

Tabelle 3: Versuchsreihe mit optisch-akustischer Zeitmessung.

1	2	3	4	5	6	7	8
Vers. Nr.	Gitter-abstand s [m]	Schwingungs-zeitwinkel λ	Belichtungs-zeitwinkel τ	Ver-zögerungs-mittelwert $\bar{t}_0$ [sec]	Öffnungszeit $T_s = \frac{\tau}{\lambda} \cdot \frac{1}{288}$ [sec]	Geschoß-flugzeit $t_s = T_s - \bar{t}_0$ [sec]	Anfangs-geschwindig-keit $v_0 = \frac{s}{t_s}$
			a) Normalpatrone				
I	2,0	81,8°	175,0°	$0{,}5\frac{1}{288}$	$2{,}15\frac{1}{288}$	$1{,}65\frac{1}{288}$	349 m sec^{-1}
II	1,5	90,0°	158,5°		$1{,}76\frac{1}{288}$	$1{,}26\frac{1}{288}$	342 ,,
III	1,5	88,0°	152,0°		$1{,}73\frac{1}{288}$	$1{,}23\frac{1}{288}$	351 ,,
IV	1,0	78,0°	103,0°		$1{,}32\frac{1}{288}$	$0{,}82\frac{1}{288}$	352 ,,
			b) Zimmerpatrone				
I	1,5	74,2°	247,0°	$1{,}54\frac{1}{288}$	$3{,}32\frac{1}{288}$	$1{,}78\frac{1}{288}$	242 m sec^{-1}
II	1,5	91,5°	298,0°		$3{,}27\frac{1}{288}$	$1{,}73\frac{1}{288}$	249 ,,
III	1,0	80,0°	216,0°		$2{,}70\frac{1}{288}$	$1{,}16\frac{1}{288}$	248 ,,
IV	1,0	77,0°	210,0°		$2{,}72\frac{1}{288}$	$1{,}18\frac{1}{288}$	244 ,,

Noch einige Bemerkungen zum Versuch selbst!

1. Man kann (vgl. Abb. 2) als Stromquelle für die Magnetkreise gleich die der Bogenlampe selbst wählen; die Widerstände R_1 und R_2 sind dann so zu bemessen, daß an den Magneten eine Spannung von 3—5 Volt liegt.

2. Die Enden des geschwärzten Ringes sind oft nicht geradlinig radial begrenzt. Das hat seinen Grund darin, daß der Fähnchenrand nicht parallel dem Spalt ist; der Spalt wird also oben und unten nicht gleichzeitig abgedeckt. Die Abweichung von der Parallelität ist im Ruhezustand kaum feststellbar, wird aber bei der großen Umdrehungsgeschwindigkeit deutlich. Anfang und Ende können dann

dadurch bestimmt werden, daß zu den Radien nach der äußeren und inneren Sichtbarkeitsgrenze des Ringes die Winkelhalbierende gezeichnet wird, die meist mit der Sichtbarkeitsgrenze der weißen Wellenlinie zusammenfällt.

3. Als Aufnahmepapier fanden wir geeignet das als „Dokumentenpapier" im Handel befindliche Bromsilberpapier, das genügende Empfindlichkeit besitzt und weit schärfere Konturen gibt als das gewöhnliche Papier. Die Größe 18 × 24 wurde auf 18 × 18 beschnitten, und von diesem Quadrat wurden die Ecken abgeschnitten, so daß ein mehr oder weniger regelmäßiges Achteck entstand. Dieses auf der Motorachse befestigte Papier wurde vor dem Nebenlicht der Bogenlampe durch einen Umbau aus schwarzem Tuch geschützt.

In Tabelle 4 sind noch einmal die mit den hier besprochenen Methoden gemessenen V_0-Werte gegenübergestellt. Neben den aus den Tabellen 1, 2 und 3 berechneten Mittelwerten $\bar{v}_0$ jeder Meßreihe sind für jede Patronenart in den Spalten 3 und 5 die aus den Abweichungen Δv vom Mittelwert berechneten mittleren Fehler der Mittelwerte $\left(E = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta v^2}{n(n-1)}}\right)$ angeführt.

Diese Gegenüberstellung zeigt, daß die Versuchsreihen mit dem rotierenden Zylinder und den rotierenden Scheiben gleichwertige Ergebnisse liefern. Bei beiden Methoden bleibt es allerdings ungewiß, ob und in welchem Grade das Geschoß von dem rotierenden Zylinder bzw. den rotierenden Scheiben in seiner Bahn beeinflußt wird; diese Fehlerquelle ist bei der dritten Methode vermieden. Bei der zuletzt angegebenen Methode mit optisch-akustischer Zeitmessung konnten wir einen mittleren Fehler von nur 0,7% beobachten; damit führen diese mit Schulhilfsmitteln angestellten Versuche bereits in die Größenordnung der Abweichungen der mit modernen ballistischen Methoden gewonnenen Ergebnisse, wo die Geschoßgeschwindigkeit bis auf 0,5% genau gemessen wird.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Mittelwerte nach Tabelle 1, 2, 3.

Meßmethode	Normalpatrone		Zimmerpatrone	
	Mittelwert der Anfangsgeschwindigkeit $\bar{v}_0$	Mittlerer Fehler des Mittelwertes	Mittelwert der Anfangsgeschwindigkeit	Mittlerer Fehler des Mittelwertes
Rotierender Zylinder	346 $m\,sec^{-1}$ (n = 5)	± 13,5 (3,9%)	239 $m\,sec^{-1}$ (n = 3)	± 8,2 (3,4%)
Rotierende Scheiben	358 $m\,sec^{-1}$ (n = 5)	± 7,1 (2,0%)	236 $m\,sec^{-1}$ (n = 3)	± 7,4 (3,1%)
Verfahren m. optisch-akust. Zeitmessung	349 $m\,sec^{-1}$ (n = 4)	± 2,3 (0,7%)	246 $m\,sec^{-1}$ (n = 4)	± 1,7 (0,7%)

Jahresbericht der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Von Hermann Otto in Berlin.

Die Tätigkeit der Staatlichen Hauptstelle mußte im Jahre 1940 durch die Kriegslage einige Umstellungen erfahren, da ein Teil der Mitarbeiter zeitweise oder dauernd zum Wehrdienst einberufen wurde.

Die Beratungen der Schulen, der Schulaufsichtsbehörden und der Lehrkräfte über die anfallenden Fragen aus den verschiedensten Gebieten der naturwissenschaftlich-mathematischen Fächergruppe wurden teils auf schriftlichem Wege, teils bei persönlichen Besprechungen, Besuchen und Besichtigungen durchgeführt. Sie erstreckten sich u. a. auf die Bauberatungen bezüglich der Ausgestaltung und Einrichtung der Lehr-, Üb- und Sammlungsräume für den physikalischen, chemischen, biologischen und erdkundlichen Unterricht. Entsprechend den Ministerialerlassen U II F 9026, U IIC (29. 8. 33), E IIIc 236 II, E IIIa, E Ib (26. 7. 37), E IIIc 19 (21. 4. 38), E If 1177 (25. 8. 40) wurden die Pläne und Anträge auf Schaffung und Erweiterung von naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen, sowie die Ergänzungen der Lehrmittelsammlungen und Geräte für die Schulen geprüft. Wo es erforderlich schien, wurden auf Grund der vorliegenden, in jahrelanger Arbeit gesammelten Erfahrungen jeweils Abänderungen vorgeschlagen, um in allen Fällen die beste Raumausnutzung und die zweckmäßigste Schulausrüstung in einfachster Form zu erreichen. Bei kleineren Objekten erfolgte die Beratung schriftlich, bei größeren Um- und Neubauten waren persönliche Verhandlungen mit den Fachlehrern und Baubeamten notwendig. Die in schwierigen Fällen von Umbauten erforderlichen Ortsbesichtigungen mußten wegen der Kriegserschwernisse auf das notwendigste Maß beschränkt werden.

Um sachgemäße Vorschläge in den Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts machen zu können, wurde der Besuch von Unterrichtsstunden und Sammlungsräumen sämtlicher Schulgattungen durch die Beamten der Hauptstelle in einem besonderen Reichsministerialerlaß E IIIa 2144, E IIa, EIV, EV (27. 12. 39) geregelt.

Beratungen über die zur Durchführung des Unterrichts erforderlichen oder wünschenswerten Lehr- und Hilfsmittel, Apparaturen, Geräte und dergleichen wurden in vielen Fällen durchgeführt. Als Richtlinien für die Sammlungsverwalter und Schullastenträger wurden für alle Fächer Grundstocksammlungen zusammengestellt, die je nach Notwendigkeit Erweiterungen erfahren können.

Um die zweckmäßige Gestaltung der naturwissenschaftlichen und mathematischen Lehrmittel zu überwachen, die planvolle Verwendung der für ihre Herstellung zur Verfügung stehenden Rohstoffe zu gewährleisten und etwaige Fehlleitung bei der Herstellung aus außerschulischen Gesichtspunkten zu vermeiden, wurde durch Reichsministerialerlaß E IIIa 553 II (19. 3. 40) im Einvernehmen mit dem Herrn Preußischen Finanzminister bei der Staatlichen Hauptstelle eine Reichsprüfstelle für Lehrmittel des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts angegliedert.

Eine Anzahl fehlgeleiteter Anträge zur Erlangung von Dringlichkeitsbescheinigungen für die Beschaffung von Geräten, die wegen der Kriegslage nicht herstellbar oder lieferbar sind, gaben Anlaß zu dem Erlaß E IIIa 1140, E I, EII, E IV, E V, W (16. 7. 40) des Herrn Reichserziehungsministers, der diese Frage regelt. Durch die stete Fühlungnahme der Hauptstelle mit den zuständigen Wirtschaftsgruppen, die die Lehrmittelfirmen betreuen, konnten Wege angebahnt werden, die sich später bei der Herstellung und Lieferung von Lehrgeräten als fruchtbar erweisen werden.

Die Chemikalienbeschaffung für Schulen wurde bei bewirtschafteten Chemikalien durch die Vermittlung der Hauptstelle in Zusammenarbeit mit der Reichsstelle „Chemie“ erleichtert.

Die Semester- und Ferienlehrgänge, welche für die Weiterbildung der Lehrerschaft früher in größerem Rahmen veranstaltet wurden, mußten infolge der Kriegszeit eine Abänderung erfahren. Der Dringlichkeit wegen wurden vor allem für die Studienreferendare der Berliner Bezirksseminare Lehrgänge durchgeführt, die der Schulung der angehenden Lehrer im Schulexperiment dienten und in denen didaktische und methodische Erfahrungen im Hinblick auf die großen Leitlinien der Neuordnung des nationalsozialistischen Schulwesens ausgewertet wurden.

Erstmalig im 2. Trimester 1940 wurden auch im Rahmen der Vorlesungen und Praktika der Universität Berlin Experimentierübungen mit schulgemäßen Mitteln abgehalten, die von Studenten aller Semester besucht wurden. Sie hatten die Aufgabe, die Studenten der naturwissenschaftlichen Fächer schon frühzeitig mit den Erfordernissen des Unterrichts vertraut zu machen, so daß sie bereits ihr Studium daraufhin ausrichten können und von Irrwegen in ihrem Bildungsgang bewahrt werden.

Die vor dem Kriege für die Berliner Lehrerschaft in größerem Rahmen veranstalteten Lehrausflüge auf biologischem und geographisch-geologischem Gebiet, sowie die Lehrbesichtigungen von wissenschaftlichen Instituten und technischen Betrieben der angewandten Naturwissenschaften mußten infolge der gegenwärtigen Verhältnisse stark eingeschränkt werden. Es wurden jedoch die Ausflüge zur Vertiefung der allgemeinen Pflanzenkunde sowie zum Kennenlernen der für die Verbreiterung der Ernährungsgrundlage wichtigen Pflanzen durchgeführt.

Für die Lehrerschaft der neuen Reichsgaue und des Protektorats Böhmen-Mähren wurden vorerst nur biologische Lehrgänge in Verbindung mit dem Deutschen Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht veranstaltet. Die volksdeutschen Lehrkräfte wurden hierbei im Lager Rankenheim (Mark Brandenburg) und in Prag mit den Erfordernissen und Aufgaben der neuen deutschen Schule in Vorträgen und Arbeitsgemeinschaften vertraut gemacht. Für eine Lehrmittelausstellung des Deutschen Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht in Prag, in der die wichtigsten Lehr- und Lernmittel der deutschen Schule gezeigt wurden, wurde die Zusammenstellung für alle naturwissenschaftlichen und mathematischen Fächer von der Staatlichen Hauptstelle vorgenommen.

Entsprechend der Wichtigkeit, die dem naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterricht für die Ausbildung auf dem Gebiete des Luftfahrtwesens zukommt, wie es die Neufassung des Luftfahrterlasses des Herrn Reichserziehungsministers K Ib 8700/30. 12. 39 (282) E I, E II, E III, E IV, W, Insp. d. NPEA (a) ausführlich darlegt, wurden von der Abteilung Luftfahrt bei der Staatlichen Hauptstelle für Schulaufsichtsbeamte, Lehrer aller Schulgattungen und Studierende des Lehrfaches aus dem Alt- und Neureich Lehrgänge durchgeführt. Sie unterwiesen die Teilnehmer durch Vorträge, Übungen und Besichtigungen von Flugzeugwerken, Flughäfen, der Lehrmittelstelle für Luftfahrttechnik u. a.

Die Arbeiten zur Neugestaltung von Lehrmitteln von Arbeits- und Verbrauchssammlungen wurden fortgesetzt. An mehreren Beispielen wurde praktisch gezeigt, wie der neue Begriff der naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaften im Unterricht gestaltet werden kann. Die Hauptstelle war bemüht, für die Arbeitsgemeinschaften eine Reihe von Schriften herauszugeben, die bisher die Gebiete Elektrizität, Bodenkunde und Kleidung umfaßten (s. Veröffentlichungen).

Zeitgemäße Sondergebiete der allgemeinen und angewandten Naturwissenschaften wurden in den Arbeitsbereich einbezogen, so beschäftigte sich die Hauptstelle zum Beispiel mit der Methodik zur Durchführung der Wehrerziehung durch unsere Fächer, mit den Fragen des Schulgartens, der unterrichtlichen Auswertung des Kunststoffproblems und vielem anderen mehr.

Inwieweit die Hauptstelle bei der Ausgestaltung der Lehrbücher herangezogen wurde, ist aus den Aufsätzen in den Unterrichtsblättern f. Math. u. Natw., 46. Jg., Heft 8, S. 151, und Weltanschauung und Schule, 3, 432, 1939, zu ersehen.

Enge Zusammenarbeit und Erfahrungsaustausch wurden mit anderen Behörden und Parteistellen, sowie mit Instituten, Verbänden und Vereinen durchgeführt. Auch durch Mitarbeit der Hauptstelle an vielen Ausschüssen und Tagungen wurden die naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichtsbelange gewahrt.

Die Bearbeitung der Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts an Volks- und Mittelschulen konnte durch die Berufung eines neuen Sachbearbeiters in verstärktem Maße in Angriff genommen werden.

Um die schwierige Lage der Unterrichtsverhältnisse, die sich in den Schulen der mit dem Reiche neu vereinigten Gaue ergeben hat, zu erleichtern und um die Ausrichtung der Lehrerschaft auf den Geist von „Erziehung und Unterricht" und die dort gewiesenen Ziele und Wege für unsere Unterrichtsfächer in kürzerer Zeit zu ermöglichen, wird zur Zeit in verschiedenen Orten die Errichtung von Zweigstellen der Berliner Hauptstelle vorbereitet.

Einzelheiten über weitere Tätigkeit der Hauptstelle sind aus den nachstehend aufgeführten Veröffentlichungen zu ersehen.

Veröffentlichungen.

A. Freysoldt: Die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Deutsche Schulerziehung S. 361, Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1940.

A. Freysoldt: Alte und neue Aufgaben der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ubl. 46, 12, 1940.

O. BRANDT: Bemerkungen zum Thema „Der sportliche Wurf". Zs. f. math. u. nat. Unterr. 70, 229, 1939.
BRANDT-LIPS-SCHARF: Das neue Lehrbuch: Grundsätzliches für die Gestaltung der Physik-, Chemie- und Biologiebücher I. Weltanschauung u. Schule, 3, 414, 432, 1939.
O. BRANDT: Bestimmung der Erdbeschleunigung als Beispiel einer schulgemäßen Feinmessung. Ubl. 45, 281, 1939.
O. BRANDT: Über Schullampen. Ubl. 46, 30, 1940.
O. BRANDT: Über die Ausdrücke „lotrecht", „senkrecht" und „winkelrecht". Ubl. 46, 178, 1940.
O. BRANDT: Die neuen Lehrbücher. Ubl. 46, 151, 1940.
O. BRANDT: Wehrtechnik, Forschung und Schule. Weltanschauung u. Schule 3, 462, 1939.
O. BRANDT: Über die Wirkungsweise der Scheinwerfer. Luftfahrt u. Schule 5, 60, 1940.
O. BRANDT: Verdunklung durch optische Sperrfilter. Luftfahrt u. Schule 5, 123, 1940.
O. BRANDT: Stabrechnen an Höheren Schulen und Mittelschulen. RminAmtsbl. Dtsch. Wiss. 6, 116, 1940.
O. BRANDT: Die Wirkungsweise der Scheinwerfer. Ubl. 46, 176, 1940.
O. BRANDT: Nochmals über den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen Gegenstandes. Ubl. 46, H. 10, 1940.
WEYRES-BRANDT: Physikalische Grundlagen der Elektrizitätslehre (als D-Luft bei der Luftwaffe eingeführt). Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1940.
R. FABRY, Bodenkunde für Schule und Praxis. Verl. J. F. Lehmann, München 1940.
R. KOLKWITZ-F. TÖDT: Einfache Untersuchungen von Boden und Wasser. Verl. G. Fischer, Jena 1941.
H. KÜHN: Die neuen Lehrbücher (Mathematik). Ubl. 46, 199, 1940.
R. LIPS: Die biologischen Unterrichtsräume und ihre Einrichtung. Der Biologe 8, 342, 1939.
R. LIPS: Grenzprobleme zwischen Chemie und Biologie. Zs. f. phys. u. chem. Unterr. 53, 21, 1940.
R. LIPS: Verdeutschungen wissenschaftlicher Ausdrücke aus der Erblehre. Ubl. 46, 51, 1940.
R. LIPS: Abgrenzung der Erblehre in Klasse 5 und Klasse 7. Ubl. 46, 122, 1940.
R. LIPS: Grundstock einer Lehrmittelsammlung für den biologischen Unterricht der höheren Schule. Der Biologe 9, 156, 1940.
R. LIPS: Bericht über zwei biologische Lehrgänge der Staatl. Haupstelle. Ubl. 46, H. 10, 1940.
R. LIPS-R. SCHARF: Die Räume für den naturwissenschaftlichen Unterricht nach dem amtlichen Raumprogramm für die höheren Schulen. RMinAmtsbl. Dtsch. Wiss. 5, 132, 1939. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1939, Heft 38/39, S. 1030.
F. MOELLER: Deutschlands Elektrizitätsversorgung. 1. Teil: Die Leitungen. Eine Arbeitsgemeinschaft. Verlag O. Salle, Frankfurt a. M. 1939.
F. MOELLER: Neue Gesichtspunkte für die Einbauanlagen der elektrischen Schulausrüstung. Zentralblatt der Bauverwaltung 1939, S. 1029.
F. MOELLER: Das Kilopond, ein anderes Wort für die Einheit der Kraft im technischen Maßsystem. Ubl. 46, 26, 1940.
F. MOELLER: Neue Entwicklungen der elektrischen Schulausrüstung. Ubl. 46; 66, 87, 1940.
F. MOELLER: Einige Betrachtungen zum Verhalten von Gleichstrom- und Wechselstrommaschinen am Netz. Ubl. 46, 139, 1940.
F. MOELLER: Ein neuer Erlaß des Herrn Reichserziehungsministers über die Benutzung von Funkunterrichtsgerät. Ubl. 46, 149, 1940.
H. OTTO: Über die Mitwirkung des Biologie- und Hauswirtschaftsunterrichtes bei der Bekämpfung von Mangelkrankheiten im Frühjahr. Ubl. 46, 46, 1940.
R. SCHARF: Preßstoff. Ubl. 46, 145, 1940.
R. SCHARF: Der Gasabzug im Chemieunterricht. Ubl. 46, 124, 1940.
R. SCHARF: Der Nachweis von Atemgiften. Luftfahrt u. Schule 4, 282, 1938/39.
R. SCHARF u. H. GOLUMBECK: Unsere Kleidung. (Eine Arbeitsgemeinschaft.) Verlag O. Salle, Frankfurt a. M. 1940.
R. SCHARF: Die neuen Lehrbücher. Chemie. Ubl. 46, 180, 1940.
A. SCHEER: 25 Jahre Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Weltanschauung u. Schule 3, 184, 1939.
A. SCHEER: Behandlung der Kartennetze in der Mathematik. Ubl. 46, 130, 1940.
A. SCHEER: Änderungen in der Luftgefährdung des Deutschen Reiches. Luftfahrt u. Schule 5, 53, 1939/40.
H. SCHRÖDER: Mitteilungen der Hauptstelle. Zum Geleit. Ubl. 46, 11, 1940.
H. SCHRÖDER-O. BRANDT: Vereinheitlichung der physikalischen Übsammlung und Gestaltung der Schülerübungen. RminAmtsbl. Dtsch. Wiss. 5, 235, 1939.
H. SCHRÖDER-A. SCHEER: Grundsätzliches zur Gestaltung der Mathematikbücher für die Oberstufe der Jungenschulen. Weltanschauung u. Schule 4, 92, 1940.
K. SCHÜTT: Ein Nebelkanal zur Vorführung von Strömungsbildern im Unterricht. Ubl. 46, 126, 1940.

K. Schütt: Der neue Erlaß des Reichserziehungsministers über die Pflege der Luftfahrt in den Schulen und Hochschulen. Weltanschauung u. Schule 4, 65, 1940.
K. Schütt: Versuche zur Wetterkunde. Luftfahrt u. Schule 4, 142, 1938/39.
K. Schütt: Das Ablösen der Strömung an Flügeln kleiner Streckung. Luftfahrt u. Schule 4, 224, 1938/39.
K. Schütt: Ein einfaches Bildwurfgerät. Luftfahrt u. Schule 4, 81, 1938/39.
K. Schütt: Karte des Weltluftverkehrs. Luftfahrt u. Schule 4, 37, 1938/39.
K. Schütt: Lehrmittel für den Luftfahrtunterricht an den verschiedenen Schulen. Luftfahrt u. Schule 5, 77, 1939/40.
K. Schütt: Der Wirkungsgrad des Winderzeugers. Luftfahrt u. Schule 5, 86, 1939/40.
M. Winkler: Illustriertes Luftfahrt-Lexikon. Luftfahrt u. Schule, 4, 84, 108, 134, 160, 182, 205, 230, 1938/39.
M. Winkler: Versuche zur Demonstration des Energieverlustes bei Turbulenz. Luftfahrt u. Schule 4, 102, 1938/39.
M. Winkler: Ein Nomogramm zu den Betzschen Umrechnungsformeln. Luftfahrt u. Schule 4, 228, 1938/39.
M. Winkler: Luftfahrt-Lexikon. Luftfahrt u. Schule 5, 8, 51, 70, 81, 1939/40.
M. Winkler: Über die Steuerung der Sternmotoren. Luftfahrt u. Schule 6, 2, 1940/41.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Zum Erlaß E III a 553 II vom 19. 3. 1940. Reichsprüfstelle für Lehrmittel des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts. Ubl. 46, 86, 1940.

Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht Grundsätzliches zur Gestaltung der Physik-, Chemie- und Mathematikbücher für die Oberstufe der Mädchenschulen. Weltanschauung u. Schule 4, 160, 1940.

Organisation

der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Berlin NW 40, Invalidenstraße 57/62.

Direktor: H. Schröder (z. Zt. im Felde).
Stellvertreter: Dr. H. Otto, Oberstudienrat.
Abteilung Physik I. Leiter: Dr. O. Brandt, Oberstudienrat.
Abteilung Physik II: Leiter: Dr. F. Moeller, Studienrat.
Abteilung Chemie. Leiter: Dr. R. Scharf, Studienrat.
Abteilung Biologie I. Leiter: Dr. H. Otto, Oberstudienrat.
Abteilung Biologie II. Leiter: Dr. R. Lips, Oberstudienrat.
Abteilung Erdkunde. Leiter: Dr. A. Scheer, Studienrat (z. Zt. im Felde).
Abteilung für Volks- u. Mittelschulen. Leiter: R. Wenger, Rektor.
Abteilung Luftfahrt. Leiter: Prof. Dr. K. Schütt, Oberstudienrat. Dr. Winkler, Studienrat (z. Zt. im Felde). Schuzius, Assistent (z. Zt. im Felde). Berlin N 4, Hessische Str. 2.
Zweigstelle für Rheinland und Westfalen. Leiter: Dr. R. Rein, Oberstudienrat. Anschrift: Düsseldorf-Grafenberg, Geibelstr. 72.
Zweigstelle für den Reichsgau Danzig-Westpreußen (im Aufbau) in Danzig.
Zweigstelle für den Reichsgau Sudetenland (im Aufbau) in Gablonz.
Zweigstelle für den Reichsgau Wartheland (im Aufbau) in Posen.
Zweigstelle für den Regierungsbezirk Kattowitz (im Aufbau) in Kattowitz:

An die Gausachbearbeiter für Mathematik und Naturwissenschaften.

Unser Reichswalter, Gauleiter Fritz Wächtler, hat gemeinsam mit dem Oberbefehlshaber der Kriegsmarine die deutsche Jugend zu dem „Hilf mit!"-Wettbewerb für 1940/41 „Seefahrt ist not" aufgerufen (Sonderheft der Schülerzeitschrift „Hilf mit!").

Der Wettbewerb soll die deutsche Jugend auf die Aufgaben vorbereiten, die der deutschen Seefahrt künftig erwachsen. Für den Wettbewerb können von den Schülern bis zum 1. März 1941 Aufsätze, Zeichnungen, Plakate, Karten, Modelle usw. als Einzel- oder Gruppenarbeiten geliefert werden.

Jedoch nicht nur die Schüler, sondern auch die Erzieher sind zur Beteiligung aufgerufen (Lehrschau „Seefahrt ist not", Anregungen und Unterlagen für den deutschen Erzieher). Von den Erziehern können für den Wettbewerb Stoffübersichten, Unterrichtseinheiten, Anregung für die selbständige Arbeit, Einbau in die verschiedenen Stoffgebiete, Anschlußstoffe, neue Lehr- und Lernmittel, Pläne und

Modelle, Gesamtbericht über die Durchführung des Schülerwettbewerbs bis zum 31. März 1941 angeliefert werden.

Ich erwarte von allen Gausachbearbeitern für Mathematik und Naturwissenschaften oder ihren Stellvertretern, daß sie nicht nur die sich beteiligenden Kameraden mit Rat und Tat unterstützen, sondern auch ihrerseits im Benehmen mit den Gauleitungen zu möglichst zahlreicher Beteiligung auffordern. Dies wird um so leichter sein, als ja der letzte Reichslehrgang in Kiel die mit dem Wettbewerb verbundenen Fragen mehr oder weniger alle streifte und beleuchtete.

Bis zum 1. April 1941 erwarte ich einen kurzen Bericht der Gausachbearbeiter oder ihrer Stellvertreter über die Gauwaltungen an die Reichswaltung in doppelter Ausfertigung.

Der Reichssachbearbeiter
für Mathematik und Naturwissenschaften
gez. Dr. K. Fladt.

Bücherbesprechungen.

Brinkmann, R., Emanuel Kaysers Abriß der Geologie. 1. Band, 282 S. m. 197 Abb.; F. Enke, Stuttgart 1940. 17,— RM.

Der alte „Kayser" erscheint in einem völlig neuen Gewand, ohne auf die bekannten und bewährten Vorzüge zu verzichten. Die Darstellung der neuen Forschungsergebnisse — und die Allgemeine Geologie ist in einer Zeit lebhaften Fortschreitens — ist anschaulich und sachlich einwandfrei. Eine Einseitigkeit bei der Beschreibung besonders da, wo die Probleme und ihre Deutung noch heftig umstritten sind, ist vermieden worden. Auf die Behandlung der exogenen Vorgänge (S. 7—123) folgt die der endogenen Vorgänge (S. 124—269). In dieser Anordnung spiegelt sich ein Grundzug des Werkes, das überall dem Sichtbaren den Vorrang gibt vor dem Abgeleiteten und dem nur indirekt Erschlossenen. Die Aufteilung des Festlandes in Klimareiche und des Weltmeeres in Meeresregionen ist aus dem Bestreben erfolgt, das Zusammenwirken der geologischen Kräfte in größeren Räumen zu zeigen. Sehr viele gute Kärtchen, Profile und Skizzen unterbauen den Text, am Schlusse eines jeden Abschnittes ist ein Hinweis auf ergänzende Schriften. In einer knappen Einladung (S. 1—5) wird die Geschichte und der Begriff der Geologie als einer historisch gerichteten Naturwissenschaft dargestellt. Ein Sachverzeichnis (S. 225—282) schließt das Werk, das zweifellos eine kurze, brauchbare Zusammenfassung des gegenwärtigen Wissens ist und dabei überall wegweisend auf künftige Forschungsaufgaben eingestellt ist.

Frankfurt a. d. O. Fr. Knieriem.

K. Schwidefsky, Einführung in die Luft- und Erdbildmessung. 2., erweiterte u. verbesserte Aufl. Mit 73 Abb., 3 schwarzen u. 2 farbigen Tafeln im Text, 1 schwarzen Tafel, 1 farbigen Brille und 2 Stereobildern im Anhang. 137 S. Gr.-8⁰. Kart. 7,40 RM., geb. 8,— RM. B. G. Teubner, Leipzig 1939.

Im Jahrgang 1937, S. 223, wurde die erste Auflage dieses schönen Buches günstig besprochen. Dadurch, daß die neue Auflage schon nach drei Jahren nötig wurde, konnte der Autor mit der Rapidentwicklung der technischen Seite der Bildmessung Schritt halten. Das zeigt sich äußerlich in der Vermehrung der Seiten um 30, der Figuren um 16, in der Anhängung eines Abschnittes über Kartiergeräte und in der Verstärkung der Literaturangaben auf das Doppelte.

Das Buch ist nicht für die Hand des Schülers gedacht, dem Lehrer wird es besten Rat und Auskunft geben.

E. Mettler u. E. Vaterlaus, Aufgabensammlung der Stereometrie. Mathematisches Unterrichtswerk für höhere Mittelschulen, hrsg. vom Verein schweizerischer Mathematiklehrer. 139 S. 8⁰. Geb. 1.75 RM. Orell Füßli, Zürich und Leipzig 1940.

Dem im Jahrgang 1939, S. 111, besprochenen Leitfaden von W. Benz sollte nach gleichem Aufbau eine Aufgabensammlung folgen. Leider hat Benz diese Sammlung nicht mehr herstellen können.

Durchmustert man die neue Aufgabensammlung, so fällt uns auf, daß die Denkaufgaben die Vorhand haben und die rechnerischen zurücktreten. Auch die Anwendung auf die Technik ist gering.

Es bestätigt sich also hier erneut, daß man in der Schweiz die Mathematik, insbesondere die Stereometrie nicht als angewandte Mathematik betreibt, sondern vorwiegend als Eigenwissenschaft.

Düsseldorf. G. Wolff.

Wie Kuno Fladt bei Besprechung von **Jaensch-Althoff**, Mathematisches Denken und Seelenform, im Jahrgang 1939, S. 26, der Ubl. dargetan hat, ist es unerläßlich, die Ergebnisse der modernen Psychologie in ihrer Beziehung zum Unterricht zu beachten und auszuwerten. Es erscheint deshalb angezeigt, gelegentlich auf Veröffentlichungen hinzuweisen, die dem Lehrer der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer empfohlen werden können.

In diesem Sinne sollen drei Bücher angeführt werden, von denen das erste eine einfache, gemeinverständliche Einführung in die Hauptergebnisse der neueren Psychologie gibt, das zweite ein rein wissenschaftliches, umfassendes und grundlegendes Werk ist, das dritte eine ebenfalls rein wissenschaftliche Durchführung einer scharf begrenzten Teilaufgabe darstellt. Alle drei Bücher beruhen auf der ganzheitlichen Betrachtung und stellen den Rassegedanken in den Vordergrund.

Dürre, Konrad, Wege zur Menschenkenntnis. 112 S. mit 37 Abb. von C. A. MÜHLHARDT. Berlin, Verlag für Standesamtswesen.

„Menschenkenntnis hat immer von der leibseelischen Ganzgestalt auszugehen." Als ein erster Weg wird die konstitutionsbiologische Lehre KRETSCHMERS aufgewiesen, die für viele praktische Zwecke einfacherer Art sich immer wieder brauchbar gezeigt hat. Weiter wird die Abhängigkeit der leibseelischen Ganzheit von den Drüsen mit innerer Sekretion behandelt, und als eigentlicher Hauptweg erscheint die Rassenseelenlehre. Auch einige Nebenwege werden gestreift. Zuletzt wird kurz über die Aufstellungen von DILTHEY, SPRANGER, JAENSCH, PFAHLER u. a. berichtet.

Tumlirz, Otto, Anthropologische Psychologie. 589 S. Berlin 1939, Junker & Dünnhaupt, Verlag. Geh. 12,— RM., geb. 14,— RM.

Die Psychologie ist, wie der Verf. im Vorwort sagt, mehr als manche andere Wissenschaft weltanschaulich, rassisch und völkisch gebunden. Das Einzelwesen ist nur scheinbar eine selbständige, in sich abgeschlossene Einheit. Das Ich ist immer auf ein Nicht-Ich gerichtet, das in das Erleben des Ichs hineinragt als gegenständliche Außenwelt, als persönliche Mitwelt und als überpersönliche Welt der Werte und geistigen Güter. Im ersten Teil gibt der Verf. einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Problemstellung der Psychologie. Dieser Teil ist eine geradezu glänzende Darstellung der Geschichte der Psychologie überhaupt. Sie ist besonders wertvoll dadurch, daß es ausgezeichnet gelungen ist, zu zeigen, wie „jede der zahlreichen psychologischen Richtungen zwar einseitig war und daher nicht das Ganze des seelischen Geschehens verständlich machen konnte, daß aber jede von ihnen innerhalb bestimmter Grenzen berechtigt war und dadurch zum Fortschritt der Forschung beigetragen hat." Besonders für den, der sich mit der Entwicklung der Psychologie in den letzten Jahrzehnten bekannt machen will, ist dieser Teil des Buches warm zu empfehlen.

Das Geschichtliche ragt auch noch in den Anfang des zweiten Abschnittes hinein, der eine „Erste Übersicht über die seelischen Erlebnisse' gibt, indem er den bisherigen Einteilungen die „entwicklungsmäßige Aufgliederung des Seelenlebens" gegenüberstellt. In den weiteren Abschnitten verfolgt der Verf. die Einflüsse der Vorwelt, die rassischen Erbgrundlagen, um in den übrigen Abschnitten dem Erleben der verschiedenen Welten nachzugehen, dem Erleben der Eigenwelt, der Triebwelt, der Mitwelt, der Außenwelt und der Wertwelt, wobei im Abschnitt über das Erleben der Mitwelt auf „Das Verstehen der Anderen" ausführlich eingegangen wird. Die früheren Arbeiten des Verf. auf dem Gebiet der Jugendpsychologie kommen dem Werk sehr zugute. Sehr zu begrüßen ist die Zusammenstellung des Schrifttums.

Das umfangreiche Buch ist nicht als Abschluß, sondern eher als Anfang einer weiteren Entwicklung zu betrachten. Es verdient stärkste Beachtung.

Wartegg, Erich, Gestaltung und Charakter. Beiheft 84 zur Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde. X und 261 S. mit einem Bilderanhang von 31 S. Leipzig 1939, Johann Ambrosius Barth. Kart. 3,20 RM.

Am „Lichtzeichenpult" erhält die Versuchsperson die Aufgabe: „Auf der kleinen Fläche dieses Pultes werden Sie in einer Reihe von Darbietungen verschiedene Linien und Gebilde sehen, die keinen bestimmten gegenständlichen Sinn haben, sondern lediglich den Anfang einer Zeichnung darstellen. Sie haben die Aufgabe, dieses Angefangene innerhalb der gegebenen Umgrenzung weiter zu zeichnen, bis ein Ganzes daraus entsteht, das Sie gefühlsmäßig befriedigt . . . Nach Fertigstellung jeder einzelnen Lösung sollen Sie sagen, was Sie sich bei der Ausführung gedacht haben und was erlebnismäßig in Ihnen vorging." Die Versuche fanden in der Zeit von 1929 bis 1937, hauptsächlich im Psychologischen Institut der Universität Leipzig, statt. Die vorliegende Arbeit umfaßt die Ergebnisse von 128 Versuchen an Personen zwischen 18 und 70 Jahren aus den verschiedensten Berufskreisen. Mit größter Sorgfalt wird der Gestaltungsprozeß nach Voreinstellung, Auffassung des Gegebenen, Gestaltungsablauf, Sinngebung und Darstellung beschrieben. Die charakterologische Auswertung arbeitet die Grundlagen für eine systematische Ordnung der Versuchsergebnisse heraus und gelangt schließlich zur Aufstellung von sechs Strukturkreisen, „Empfindsam", „Aufgeschlossen", „Phantastisch", „Willensgerichtet", „Nüchtern", „Formal", denen sich noch die „Spannungsreichen Strukturen" anschließen. Leider gibt das Buch keine Auskunft über die Vorversuche, die als Grundlage für die Verwendung gerade dieser acht Zeichen gedient haben. Ob die Unterscheidung der gegebenen Strukturkreise haltbar ist, bleibe dahingestellt. Auf jeden Fall ist die tiefgehende Arbeit in höchstem Maße beachtlich. Zu wünschen wäre ein klarerer Stil, der auf unnötige Fremdworte verzichtet.

Dresden. KERST.

Abhandlungen.

Zur Behandlung der flächentreuen Kartennetze.

Von Ulrich Graf in Danzig.

Mit Recht wird bei der Behandlung der Kartennetze gefordert, daß nicht nur die vom mathematischen Standpunkt aus grundsätzlichen Entwürfe wie etwa die gnomonische Karte oder die Mercator-Karte zur Sprache kommen, sondern auch der eine oder andere derjenigen neuzeitlichen Entwürfe aufgenommen wird, die in zweckmäßiger Gestalt den Bedürfnissen des Geographen dienen und deshalb in überwiegender Zahl in unseren Schulatlanten zu finden sind. Eines der am häufigsten auftretenden Kartennetze ist der Eckertsche Sinusentwurf, dessen Besprechung im Unterricht bereits mehrfach angeregt wurde[1]). Die übliche Herleitung seiner Gesetze mit Hilfe eines Kreiswulstes als vermittelnder Fläche benutzt jedoch schulfremde Voraussetzungen[2]). Im folgenden wird deshalb für dieses Netz eine direkte Herleitung gegeben, bei der nur einfache Anwendungen der Integralrechnung und der näherungsweisen Auflösung von Gleichungen gebraucht werden. In gleicher Weise wie der hier als Beispiel durchgeführte Eckertsche Sinusentwurf lassen sich alle anderen flächentreuen Zylinderentwürfe behandeln.

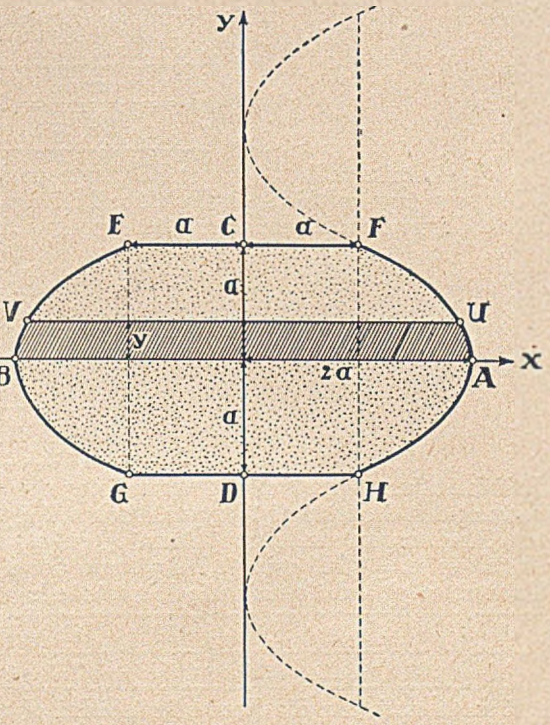


Abb. 1.

Der Eckertsche Sinusentwurf ist ein flächentreues Netz, bei dem die Breitenkreise in übersichtlichster Gestalt, nämlich als parallele Strecken, erscheinen (Zylinderentwurf). Die Pole werden zu Strecken von halber Äquatorlänge auseinandergezogen (dadurch werden im Gegensatz zum Sansonschen oder Mollweideschen Entwurf auch die polnahen Gebiete noch übersichtlich) und der Mittelmeridian ($\lambda = 0$) wird zum Äquator ($\varphi = 0$) im Verhältnis 1 : 2 dargestellt. Abb. 1 zeigt dieses Gerüst: das Äquatorbild $\overline{AB}$ hat die Länge 4a, das Bild $\overline{CD}$ des Mittelmeridians die Länge 2a, und die Bilder der beiden Pole sind die Strecken $\overline{EF} = 2a$ und $\overline{GH} = 2a$. Die den gesamten Entwurf abschließenden Kurvenbogen HAF bzw. GBE gehören Sinuslinien an; daher stammt der Name Sinusentwurf. Damit ist die äußere Gestalt des Planiglobus festgelegt, und dieser zum Äquator- wie zum Mittelmeridianbild symmetrische Umriß im Verein mit der Forderung der Flächentreue und der geradlinigen Breitenkreisbilder bestimmt eindeutig und elementar den gesamten Entwurf.

---

[1]) H. A. Scheer, Zur Behandlung der Kartennetze in der Mathematik, Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. 46 (1940), S. 130.

[2]) M. Eckert, Neue Entwürfe für Erdkarten, Pet. Mitt. 1906, S. 97—109; R. Schumann, Eine Untersuchung zweier Kartenentwürfe nach M. Eckert, Pet. Mitt. 1929, S. 291—296; K. Bürger, Bemerkungen zur Untersuchung zweier Eckertscher Kartenentwürfe durch R. Schumann, Pet. Mitt. 1930, S. 237/38.

Ein xy-Achsenkreuz wurde durch das Äquatorbild als x-Achse und das Mittelmeridianbild als y-Achse festgelegt. Die Kosinuslinie, der der Bogen HAF angehört, genügt der Gleichung

$$\boxed{x = a + a \cdot \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a}}$$

Die Maßstabskonstante a wird durch die Forderung festgelegt, daß wegen der Flächentreue der Gesamtinhalt AFCEBGDH der Umrißfigur gleich der Kugeloberfläche $4\pi R^2$ sein muß. Wird ohne Einschränkung der Allgemeinheit $R = 1$ gesetzt, so erhält man als einfache Anwendung der Integralrechnung

$$\int_0^a x\,dy = \int_0^a \left(a + a \cdot \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a}\right) dy = \pi,$$

$$\boxed{a = \frac{\pi}{\sqrt{2+\pi}} = 1{,}386}$$

Weiterhin muß wegen der Flächentreue die Oberfläche $2\pi \cdot R \cdot h = 2\pi \cdot \sin\varphi$ jeder vom Äquator bis zu irgendeiner Breite φ aufsteigenden Kugelzone gleich dem Inhalt des in Abb. 1 anschraffierten Streifens AUVB (Höhe y) sein. Man erhält also

$$2 \cdot \int_0^y x\,dy = 2 \cdot \int_0^y \left(a + a \cdot \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a}\right) dy = 2\pi \cdot \sin\varphi$$

und daraus
$$\frac{a}{\pi} \cdot y + 2\frac{a^2}{\pi^2} \cdot \sin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a} = \sin\varphi,$$

$$\boxed{0{,}441 \cdot y + 0{,}389 \cdot \sin(1{,}134\,y) = \sin\varphi}$$

als Bestimmungsgesetz für die Einteilung der y-Achse nach der Breite φ. Die Auswertung der Gleichung ist ein praktisches Beispiel für die näherungsweise Auflösung von Gleichungen. Auf graphischem Wege, etwa aus den Schnittpunkten der festen Sinuslinie $u = 0{,}389 \cdot \sin(1{,}134\,y)$ mit der Parallelenschar $u = \sin\varphi - 0{,}441 \cdot y$ (Parameter φ), erhält man die Wertetabelle

φ^0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y	0	0,199	0,395	0,589	0,776	0,956	1,120	1,257	1,352	1,386

und kann nach ihr die Breitenkreisbilder eintragen (Abb. 2).

Die Meridianbilder sind ebenfalls durch die Forderung der Flächentreue festgelegt. Da nämlich jede Netzmasche auf der Kugel ein flächengleiches Maschenbild im Kartennetz haben soll, müssen, wie auf der Kugel so auch im Netz, die flächentreuen Parallelstreifen regelmäßig unterteilt werden. Man erhält also die Meridianbilder, indem man jede Parallelsehne $\overline{UV}$ (Abb. 1) äquidistant in 360^0 unterteilt und die entsprechenden Teilpunkte miteinander verbindet. In dem so entstandenen flächentreuen Sinusnetz (Abb. 2) sind die Breitenkreisbilder von 10^0 zu 10^0 und die Längenkreisbilder von 30^0 zu 30^0 eingetragen.

Sind x, y die Bildkoordinaten des Kugelpunktes (φ, λ), so muß also (λ im Bogenmaß!)

$$2\pi : \lambda = \overline{UV} : x = 2a\left(1 + \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a}\right) : x$$

oder
$$\boxed{x = \frac{\lambda}{\pi} a \cdot \left(1 + \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{y}{a}\right)}$$

sein. Alle Meridianbilder sind demnach Sinuslinien (Sinusentwurf!); ihre Amplitude ist der jeweiligen geographischen Länge λ proportional. Für $\lambda = \pi$ ergibt sich die oben benutzte Umriß-Kosinuslinie des Entwurfs. Bei der Zeichnung des Netzes

(Abb. 2) wird mit Nutzen die leicht zu bestätigende Tatsache beachtet, daß die Tangenten aller Meridianbilder in den Endpunkten auf den Pollinien stets durch die festen Punkte P bzw. Q mit den Koordinaten $x = 0$, $y = \pm \frac{\pi}{a} = \pm 2{,}268$ laufen.

Im Vorstehenden wurden ohne den Umweg über einen Kreiswulst die Bildgesetze des flächentreuen Sinusentwurfes unmittelbar aus der vorgeschriebenen Umrißkurve gefolgert. Der gleiche Gedankengang läßt sich für andere Umrißkurven

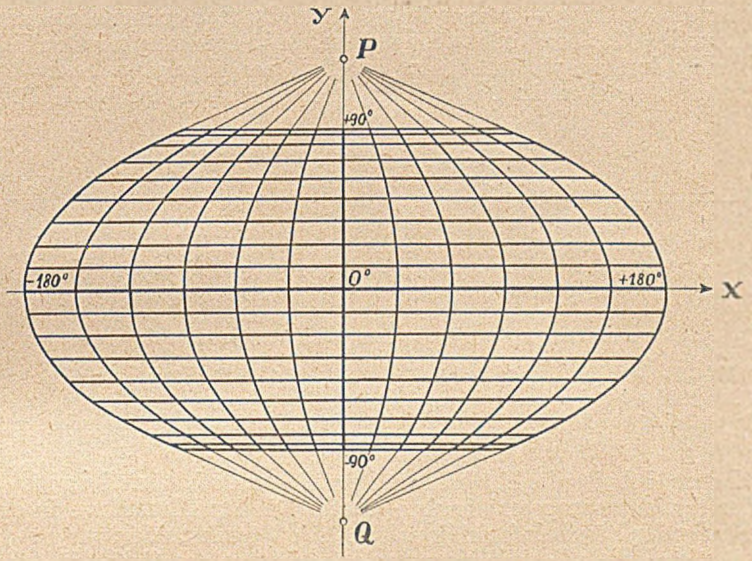


Abb. 2.

durchführen und liefert die gebräuchlichsten flächentreuen Zylinderentwürfe. Man erhält für ein Umriß-Rechteck den LAMBERTschen Zylinderentwurf, für eine Umriß-Ellipse (Achsenverhältnis 1 : 2) den MOLLWEIDEschen Entwurf, für ein Umriß-Doppeltrapez den ECKERTschen Trapezentwurf, für ein Quadrat mit zwei links und rechts angesetzten Halbkreisen als Umrißfigur den ECKERTschen Ellipsenentwurf usw. Die Herleitung aller dieser Netze erfordert auf dem geschilderten Wege nur elementares mathematisches Rüstzeug.

Nochmals über den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen Gegenstandes.

Von OTTO BRANDT in Berlin.

Über den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen Gegenstandes sind mehrere Untersuchungen angestellt und veröffentlicht worden [1]). In ihnen ist der geometrisch optische Strahlenverlauf und auch der Einfluß der physiologischen Gegebenheiten klargelegt. Sachlich ist ihnen nichts hinzuzufügen. Wenn aber trotzdem bis heute die entsprechenden Abbildungen (Abb. 1 und 2) in den meisten Büchern — auch solche, die sonst sehr kritisch eingestellt sind, machen keine Ausnahme — fehlerhaft geblieben sind, so muß man schon vermuten, daß die Ursachen des Fehlers tiefer liegen als in einer Flüchtigkeit. Tatsächlich liegen sie im Grundaufbau unserer elementaren Optik, so daß es sich lohnt, den Gegenstand nochmals kurz von dieser Seite aus zu beleuchten.

[1]) H. HAHN-MACHENHEIMER, Zs. phys.-chem. Unterr. 7, 20, 1893. — E. GÖTTING, Zs. phys.-chem. Unterr. 9, 235, 1896. — E. SCHULZE, Zs. phys.-chem. Unterr. 31, 9 u. 81, 1918. — W. KÜHNE, Zs. math.-nat. Unterr. 70, 202, 1939.

In der Optik wird ein Gegenstandspunkt oder sein Bild in den Schnittpunkt der das Auge treffenden Strahlen des vom Gegenstandspunkt ausgehenden Bündels verlegt. Das ist gerechtfertigt, solange als die Strahlen des Bündels nach der Brechung oder Spiegelung auch tatsächlich wieder zu einem Punkte hinzielen. Dieser Punkt ist dann das wirkliche oder scheinbare Bild des Gegenstandspunktes. In Wirklichkeit tun sie das aber bekanntlich niemals genau.

Diese letztere Tatsache ist so unangenehm, daß man sie in der elementaren Optik geflissentlich übersieht. Manchmal mit Recht, manchmal — wie beim Gegenstand dieser Abhandlung — aber sehr mit Unrecht. Ich erinnere an die Abbildung durch Linsen: Der Ort des Bildes wird unbesehen in den konstruierten Schnittpunkt von zwei oder drei ausgewählten, in der Zeichenebene verlaufenden Strahlen verlegt. Dieses Vorgehen ist äußerst bequem, weil man durch die Beschränkung

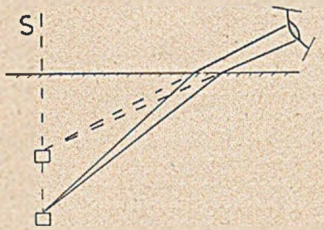


Abb. 1. Strahlengang falsch! Die beiden Strahlen schneiden sich rechts von S.

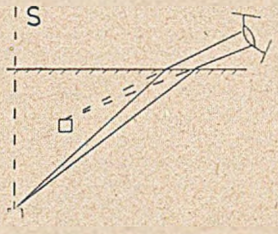


Abb. 2. Strahlengang richtig! Trotzdem sieht das Auge den Gegenstand nicht an der angegebenen Stelle.

auf den ebenen Schnitt die Möglichkeit zum Zeichnen hat, und das ist ja das Bestreben der elementaren geometrischen Optik. Die Strahlen dieses in der Zeichenebene verlaufenden Büschels (meridionales Büschel) treffen sich zwar gar nicht wieder in einem Punkte, durch Beschränkung auf das achsennahe Gebiet läßt sich aber die Zeichnung als Annäherung rechtfertigen.

Allerdings muß man sich, um bei anderer Gelegenheit keinen Fehler zu machen, überlegen, was dies Vorgehen physikalisch bedeutet. Man hat willkürlich nur das in der Zeichenebene verlaufende Büschel (Meridionalbüschel) ausgewählt und es durch leichtes „Zurechtbiegen“ zur Gewinnung eines Bildortes benutzt. Ganz ungehört bleiben die anderen in der wissenschaftlichen Optik wichtigen Strahlengruppen, die solche Strahlen enthalten, die mit der Achse den jeweils gleichen Winkel einschließen, also auf einem Kegelmantel liegen (sagittale Büschel). Da sie im Raume verlaufen, sind sie der Zeichnung nicht zugängig, unbequem und daher in der elementaren Optik nicht gut gelitten. Solange man sich in der Linsenoptik auf achsennahe Gebiete beschränkt, sagen sie auch tatsächlich nichts anderes aus als die bequemen meridionalen Büschel. Nimmt man sich daraus aber das Recht, sie auch in ganz anders gelagerten Fällen außerhalb der Betrachtung zu lassen, so macht man grobe Fehler, wie in dem zu betrachtenden Fall.

Bevor ich auf ihn zurückkomme, noch ein Hinweis auf einen weiteren Irrtum: Der geometrische Ort eines virtuellen Bildes — d. i. also der zeichnerisch ermittelte Schnittpunkt des Bündels — wird oft mit dem physiologischen Ort verwechselt. (Wenn ich so der Kürze halber den Ort nennen darf, an dem das in den Strahlengang gebrachte Auge den Gegenstand scheinbar sieht.) Beide Örter sind oft, aber nicht immer identisch. So z. B. liegen bei Lupen oder Okularen die virtuellen Gegenstandsbilder an dem Ort des Schnittpunktes der rückwärts verlängerten Strahlen. Man begeht allzuleicht den Trugschluß, daß auch das Auge den Gegenstand an diesem Ort sehe. In Wirklichkeit lokalisiert es ihn überhaupt nicht (man vergegenwärtige sich nur das im Mikroskop gesehene Bild). Dem in die Lupe schauenden Auge stehen die Hilfsmittel einer Entfernungsfestlegung nicht zur Verfügung. Zudem empfinden wir in unbewußt richtiger Erkenntnis auch gar kein Bedürfnis dazu. Das Bild in der Lupe erscheint uns weder im Nahepunkt, noch im Unendlichen, wo der geometrisch-optische Ort ist.

Um nun zum Ausgangspunkt zurückzukehren, soll kurz gezeigt werden, wie diese erwähnten naheliegenden Fehler bei der Festlegung des scheinbaren Ortes eines unter Wasser befindlichen Gegenstandes zusammengefunden haben.

Die Sachlage ist bekannt: Das von einem Gegenstandspunkt ausgehende, in der Zeichnungsebene liegende Büschel setzt sich nach der Brechung aus Strahlen zusammen, deren rückwärtige Verlängerungen eine virtuelle Brennlinie berühren. Die Schnittpunkte zweier benachbarter Strahlen liegen nahe der Brennlinie, also rechts der Senkrechten S oder besser gesagt: Der Schnittpunkt ist auf den Beschauer zu verschoben (Abb. 2). Man könnte meinen, daß der scheinbare Bildpunkt im Schnittpunkt der beiden gezeichneten Strahlen liegen würde. Diesmal darf aber nicht das sagittale Strahlenbüschel vernachlässigt werden. Zwei benachbarte Strahlen senkrecht zur Zeichenebene, die in ebendasselbe Auge fallen, schneiden sich ganz woanders — nämlich senkrecht über dem Gegenstandspunkt. Wohin soll das Auge nun den Bildpunkt verlegen? Man sieht ihn mit einem Auge tatsächlich weder senkrecht über dem Gegenstandspunkt, noch nach rechts verschoben, da derartige Entfernungsfestlegungen überhaupt nicht Aufgabe einäugigen Sehens sind.

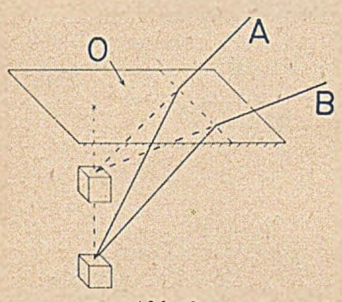


Abb. 3.
Die Ortsfestlegung geschieht durch zweiäugiges Sehen. Die beiden Sehstrahlen A und B sind Angehörige eines anderen Büschels als die Strahlen in Abb. 1 und 2. O = Oberfläche des Wassers. (Die Verzerrung des Gegenstandes wurde außer acht gelassen.)

Will man über den Ort des Bildpunktes eine Aussage machen, dann nur auf Grund zweiäugigen Sehens. Die in beide Augen eintretenden Sehstrahlen A und B sind aber Angehörige eines sagittalen Büschels und schneiden sich senkrecht über dem Gegenstandspunkt (Abb. 3).

Das einfachste und naheliegendste Vorgehen zum experimentellen Beweis ist folgendes: In einer wassergefüllten Wanne wird als Lichtquelle ein 4-Voltlämpchen angebracht und zur Vermeidung von Blendung mit 2 Volt betrieben. Von A aus beobachtet man und verschiebt den an einem Stativ befestigten Stab so lange, bis die Zinke Z (Abb. 4) genau über der Lichtquelle zu stehen scheint.

1. Man beobachtet einäugig durch ein enges Loch bei A. Alle möglicherweise zum Vergleich dienenden Gegenstände in der Nähe der kleinen Glühwendel sind mit einem schwarzen Papier abgedeckt. Man stellt dann leicht fest, daß man keinerlei Ortsempfindung bezüglich der Lichtquelle hat. Personen, die, ohne den Zweck des Versuchs zu kennen, im Dunkeln an den Versuch herangeführt werden, stehen der Aufgabe, die Zinke Z über die Glühwendel zu stellen, völlig hilflos gegenüber (Fehlen jeglicher stereoskopischen und parallaktoskopischen Ortsfestlegung).

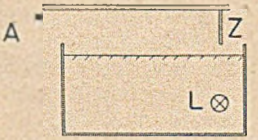


Abb. 4. Versuchsanordnung zum Nachweis des scheinbaren Ortes.

Man verlangt also von dem Auge etwas Unmögliches. (Abb. 1 wird durch die übliche Einzeichnung des beobachtenden Auges nicht richtiger, sondern nur falscher.)

2. Bei beidäugigem Sehen dagegen wird die Zinke Z von allen Versuchspersonen mit Selbstverständlichkeit genau über O gestellt.

Zur Einführung der Zahl e.

Von MAX ENDERS in Kassel.

Die sehr bemerkenswerte Abhandlung von T. WEITBRECHT in Jahrgang 45, Heft 9, veranlaßt mich, zwei weitere Verfahren zur Einführung von e mitzuteilen, die ich seit vielen Jahren mit gutem Erfolge anwende.

Das erste Verfahren beginnt ähnlich wie das WEITBRECHTsche. Es werden erst einige Exponentialkurven gezeichnet und festgestellt, daß sie alle einen Punkt, den „Hauptpunkt" (0; 1) gemein haben. Dann wird zu $y = a^x$ die Steigung berechnet: $y' = a^x \cdot \lim\limits_{\Delta x \to 0} \frac{a^{\Delta x} - 1}{\Delta x} = \alpha y$. Für $x = 0$ ergibt sich also $y'_0 = \alpha$, d. h. der $\lim\limits_{\Delta x \to} \frac{a^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$ stellt die Steigung im Hauptpunkt dar. Hebt man nun wieder als „natürliche Exponentialfunktion e^x" diejenige Exponentialfunktion heraus, die gleich ihrer Steigung ist, so folgt, daß die Kurve im Hauptpunkt die Steigung 1 haben, also die Gerade $y = 1 + x$ berühren muß. Jede andere Exponentialkurve $y = a^x$ $(a > 1)$ schneidet die Gerade im Hauptpunkt und einem weiteren Punkt P. Dies für jede Grundzahl a nachzuweisen, ist nicht schwer, erübrigt sich aber für uns, denn wir können umgekehrt den Schnittpunkt P auf der Geraden $y = 1 + x$ beliebig annehmen und danach die Grundzahl der Exponentialfunktion berechnen. Es gelten für P die beiden Gleichungen

$$\begin{array}{l} y = 1 + x \\ y = a^x \\ \hline a^x = 1 + x \\ a \;\; = (1 + x)^{\frac{1}{x}} \end{array}$$

Liegt P im ersten Felde, so ist die Steigung der Kurve im Hauptpunkt y_0 kleiner als 1, also $a < e$, liegt P im zweiten Felde, so ist $y'_0 > 1$, also $a > e$.

Läßt man P gegen den Hauptpunkt wandern, also $x \to 0$ gehen, so geht die schneidende Exponentialkurve $y = a^x$ in die berührende $y = e^x$ über. Somit erhält man für e die beiden Grenzwerte $\lim\limits_{x \to 0} (1 + x)^{\frac{1}{x}}$ $(x \gtrless 0)$ oder für $x = \pm \frac{1}{n}$

$$e = \lim_{x \to \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$$

und

$$e = \frac{1}{\lim\limits_{x \to \infty} \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n}$$

Das Verfahren gleicht völlig dem Grundverfahren des Differenzierens, nur daß man dort, von einer Kurve und einer Geraden, die sich schneiden, ausgehend, die Kurve liegen läßt und die Gerade in eine Berührende überführt, während man es hier umgekehrt macht.

Das zweite Verfahren zur Einführung der Zahl e, das ich hier schildern will, geht auf den Grundgedanken der Integralrechnung zurück.

Man stellt sich die Aufgabe, eine Funktion $y = f(x)$ zu finden, die gleich ihrer Abgeleiteten ist. Es wird also keine Exponentialfunktion vorausgesetzt.

Zur Berechnung einer Näherungsfunktion ersetzt man die gesuchte Kurve durch einen Streckenzug, den man so einrichtet, daß die Bedingung der Aufgabe, $y' = y$, für den Anfangspunkt jeder Strecke gilt. Ist y die Höhe (Ordinate) des Anfangspunktes, Δx die Breite der Strecke, Δy ihre Erhebung, so ist $\Delta y = y' \Delta x = y \Delta x$, und die Höhe des Endpunktes, die zugleich die Anfangshöhe der nächsten Strecke ist, ist $y + \Delta y$. So ergibt sich folgende Tabelle, in der die Höhe im Punkte $x = 0$ mit y_0 angenommen ist:

x	y	Δy
0	y_0	$y_0\,\Delta x$
Δx	$y_0\,(1 + \Delta x)$	$y_0\,(1 + \Delta x)\,\Delta x$
$2\,\Delta x$	$y_0\,(1 + \Delta x)^2$	$y_0\,(1 + \Delta x)^2\,\Delta x$
$3\,\Delta x$	$y_0\,(1 + \Delta x)^3$	$y_0\,(1 + \Delta x)^3\,\Delta x$
⋮		
$m\,\Delta x$	$y_0\,(1 + \Delta x)^m$	

Setzt man nun $\Delta x = \frac{1}{n}$, also $x = x\,n\,\Delta x = m\,\Delta x$, so wird

$$y = y_0 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^{nx} = y_0 \left[\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right]^x$$

Dieser Streckenzug steigt zu flach, da y' ja immer nur für den Anfangspunkt einer Strecke den richtigen Wert hat, für den Endpunkt aber um Δy zu klein ist. Der relative Fehler ist also $\frac{\Delta y}{y'} = \Delta x = \frac{1}{n}$. Er kann also durch den Grenzübergang $n \to \infty$ zum Verschwinden gebracht werden.

Um auch eine obere Schranke zu erhalten, richtet man den Streckenzug so ein, daß die Bedingung $y' = y$ für den Endpunkt jeder Strecke erfüllt ist. Bezeichnen wir diesmal die Endhöhe einer Strecke mit y, so erhalten wir für die Anfangshöhe, die zugleich die Endhöhe der vorhergehenden Strecke ist, $y - \Delta y = y - y' \Delta x = y(1 - \Delta x)$. Die Tabelle lautet jetzt also so:

x	y	Δy
x	y	$y \Delta x$
$x - \Delta x$	$y(1 - \Delta x)$	$y(1 - \Delta x) \Delta x$
$x - 2\Delta x$	$y(1 - \Delta x)^2$	$y(1 - \Delta x)^2 \Delta x$
$\vdots$		
$0 = x - m \Delta x$	$y(1 - \Delta x)^m$	

Setzt man wieder $\Delta x = \frac{1}{n}$, also $x = m \Delta x = n x \Delta x$, so wird $y_0 = y\left(1 - \frac{1}{n}\right)^{nx}$,

also $y = \frac{y_0}{\left[\left(1 - \frac{1}{n}\right)^n\right]^x}$.

Diesmal ist der Streckenzug zu steil, da y' nur für den Endpunkt jeder Strecke den richtigen Wert hat, für den Anfangspunkt aber um Δy zu groß ist. Wieder ist der relative Fehler $\frac{\Delta y}{y'} = \Delta x = \frac{1}{n}$, kann also wieder durch $n \to \infty$ zum Verschwinden gebracht werden.

Es bleibt noch zu beweisen, daß die Ausdrücke $e_u = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ und $e_0 = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{n}\right)^n}$ denselben Grenzwert haben. Dies kann durch folgende Betrachtung geschehen:

Es sei $0 < \alpha < 1$. Dann ist

$$
\begin{aligned}
(1-\alpha)^2 &= 1 - 2\alpha + \alpha^2 > 1 - 2\alpha,\\
(1-\alpha)^3 &> (1 - 2\alpha)(1-\alpha) > 1 - 3\alpha,\\
(1-\alpha)^4 &> (1 - 3\alpha)(1-\alpha) > 1 - 4\alpha\\
&\text{usw.}\\
(1-\alpha)^n &> 1 - n\alpha.
\end{aligned}
$$

Nun ist
$$e_u : e_0 = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)^n,$$

also
$$1 > \frac{e_u}{e_0} > 1 - \frac{n}{n^2},$$

daher
$$\lim_{n \to \infty} \frac{e_u}{e_0} = 1 \quad \text{und} \quad \lim_{n \to \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = \lim_{n \to \infty} \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{n}\right)^n} = e.$$

Beitrag zum Schallmeßverfahren.

Von Erich Krumm in Offenburg.

Manchem Physiklehrer mag es etwas bange geworden sein, als er im neuen Lehrplan damals für die 4. Klasse „Schallmeßverfahren" las. Die Frage nach der methodischen Behandlung auf so früher Stufe stellte sich gebieterisch ein. Nun liegen schon einige Erfahrungen vor.

Der im physikalischen und mathematischen Denken Geübte wird sich gleich auf den allgemeinsten Fall stürzen, um mit seiner Lösung auch jeden Spezialfall in

Händen zu haben. Im Unterricht aber wird man vom einfachsten Spezialfall, auch wenn er in Wirklichkeit kaum vorkommt, ausgehen und langsam zu komplizierteren Fällen aufsteigen. Natürlich muß man diese ganze Entwicklung auf mehrere Klassen verteilen.

Es sei im folgenden ein kurzer methodischer Aufriß der Gedankenführung gegeben. Ich beziehe mich dabei auf folgende mir vorliegenden Aufsätze.

1. Praktische Schulphysik 1938, Heft 7. Aufsatz von HEUSSEL.
2. Praktische Schulphysik 1939, Heft 2. Aufsatz von OECHLER.
3. Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 1939, Heft 3. Aufsatz von HERRMANN. Dort auch weitere Literaturangaben.
4. Die badische Schule 1937. „Das Schallmeßverfahren im Kriege." Von J. ECKERT.
5. „Wehrphysik." E. GÜNTHER, Diesterweg.
6. „Physikalische Denkaufgaben aus der Welt des Soldaten." WEINREICH, Teubner.
7. „Schule des Horchens." WAETZMANN, Teubner.

A. R i c h t u n g s h ö r e n, als Vorbereitung; vielleicht auch besser in Biologie 5. Klasse zu legen! Sehr viel Stoff mit hübschen Versuchen im Zimmer und im Schulhof bei „WAETZMANN".

Ein eindrucksvoller Versuch, der seine überzeugende Wirkung nicht verfehlt, sei hier angedeutet. Ein Schüler sitzt auf einem Stuhl vor der Klasse, sein Gesicht dieser zuwendend. Auf einem hinter ihm stehenden Tisch liegt ein etwa 1 cm langer Schlauch. In seine beiden Enden werden kurze L-förmig gebogene Glasröhrchen eingesetzt. Ihr freies Ende wird in das Ohr eingehängt. Das freie Ende des Glasröhrchens erwärmt man zuvor auf Schmelztemperatur, damit die harten Ränder des Bruches verschwinden und im Ohr keine Verletzungen vorkommen. Die Mitte des Schlauches wird mit einem Kreidestrich bezeichnet. Kratzt oder klopft man nun mit einem Bleistift seitlich der Mitte den Schlauch, dann gelangt im kürzeren Schlauchstück der Schall früher in das eine Ohr. Der Schüler erhält nun den Auftrag, mit geschlossenen Augen die Schallquelle vor sich zu denken und mit ausgestrecktem Arme nach ihr zu zeigen. Vor dem Klopfen aber gibt der Lehrer diesen Ort, den er aus der nächsten Klopfstelle des Schlauches entnehmen kann, an. Es ist erstaunlich, mit welcher Geschwindigkeit und Genauigkeit die Schall-Lokalisation erfolgt.

B. S c h a l l m e ß v e r f a h r e n.

1. Einfachster Fall; Frage: Wo ist der Schallort (S), wenn der Schall in den beiden Beobachtungsorten A und B gleichzeitig ankommt? Ergebnis: Mittelsenkrechte.

2. Ein dritter Beobachter C soll den Schall ebenfalls zur gleichen Zeit erhalten. Mittelsenkrechte von B und C. Also ist der Schallort der Schnittpunkt der beiden Mittelsenkrechten von $\overline{AB}$ und $\overline{BC}$. Weiterhin Mittelsenkrechte von $\overline{AC}$. Also Schnittpunkt der d r e i Mittelsenkrechten.

3. Zwei Beobachter. Schall soll in B 2 sec später eintreffen. Frage: Wo liegt S? Konstruktion verschiedener Schallorte aus $\Delta t = 2$ sec, d. h. $\Delta s = 2 \cdot 333$ m. Übliche Hyperbelkonstruktion mittels Zirkel! Man hat nur darauf zu achten, daß der Abstand $\overline{AB}$ und der seitlich aufgetragene Maßstab zum Abgreifen der Zirkelöffnung ein mögliches Verhältnis zueinander haben.

4. Dazu sei ein dritter Beobachter C genommen mit $\Delta t = 3$ sec gegenüber B. Konstruktion der zweiten Hyperbel zwischen $\overline{BC}$ und der dritten Hyperbel zwischen $\overline{AC}$. S ist der Schnittpunkt der drei Hyperbeln.

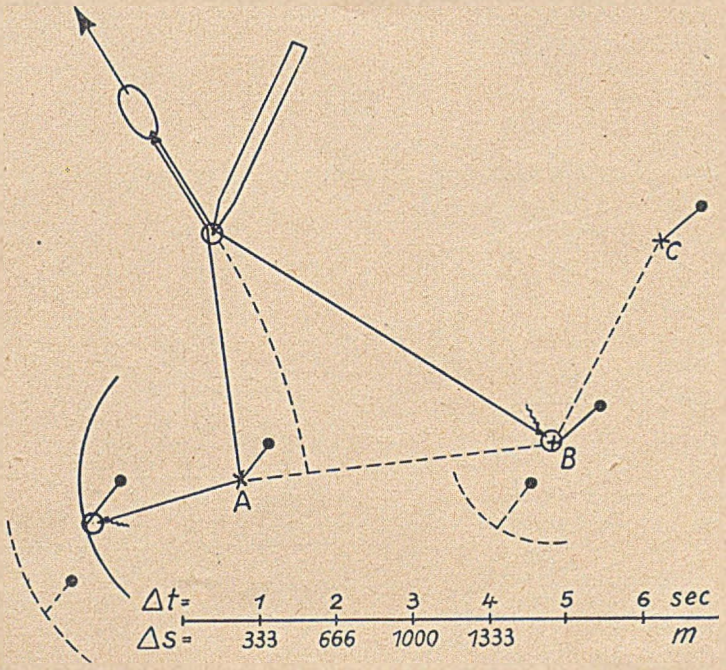
Bis hierher etwa kann man mit einer vierten Klasse vordringen.

5. Auffindung des Schallortes mittels Hilfskreisen, siehe bei HEUSSEL.

6. Gärtnerkonstruktion der Hyperbeln, siehe Unterrichtsblätter, Aufsatz von HORST HERRMANN, bes. Seite 87 und 88. Es könnte sein, daß die im folgenden angegebene Gärtnerkonstruktion für diesen besonderen Zweck neu und noch unbekannt ist. An die beiden Enden eines etwa 1 m langen kräftigen Fadens binden wir kleine Ringe von etwa 3—5 mm Durchmesser. Die Mitte des Fadens wird zu

einer Schlaufe solcher Weite geknotet, daß man bequem den Finger einstecken kann (s. Abb.). Die Schlaufe zieht man durch einen glattrandigen kleinen Ring, der durch eine Bleistiftspitze geführt leicht auf beiden Fäden gleitet. Die beiden gleichlangen Fäden, in den Beobachtungsorten A und B eingehängt, würden zur Mittelsenkrechten führen. Die Verkürzung eines Fadens sei an folgender Aufgabe angedeutet: $\Delta t = 2$ sec B gegenüber A.

Wir schlagen um A mit dem Zirkel einen Kreis — ein kurzes Stück genügt schon — mit $s = 2 \cdot 333$ m maßgerechtem Radius. Eine Stecknadel wird auf diesem Kreis irgendwo eingesteckt und der eine Ring des Fadens eingehängt, während der andere Ring in einer in B steckenden Nadel eingehängt ist. Der so verkürzte Faden



läuft um eine in A steckende Nadel. Der lose gehaltene Bleistift, dem man seine eigene Führung überläßt, zieht nun den gleitenden Ring von der Verbindungslinie $\overline{AB}$ nach außen, wobei der Finger in der Schlaufe einen mäßigen Zug etwa in Richtung der Winkelhalbierenden der beiden Fäden ausübt. Die Bewegung des Bleistiftes von außen nach innen geht nicht ganz so gut wie die Bewegung nach außen. Mehrfache Führung des Bleistiftes bei gleichen Bedingungen zeigt, wie genau die Bleistiftspitze ihren Weg beschreibt und kaum einmal wenige Millimeter nach der Seite abweicht. Die Fortsetzung ist klar: Kreisstück mit entsprechendem maßgerechtem Radius um B zur Verkürzung des einen Fahrstrahls für die Hyperbel zwischen $\overline{BC}$ und Kreisstück um A mit entsprechendem Radius der Schallverspätung zwischen A und C. Es ist erstaunlich, wie schön die drei Hyperbeln laufen und sich im gesuchten Punkt schneiden.

Natürlich wird man diese ganze Konstruktion an der Tafel oder besser auf dem Reißbrett machen. Man scheue sich zumal zu Anfang nicht, Lage, Entfernung und Zeitdifferenzen aus der gewünschten Lage von S zu entnehmen. Bei völlig willkürlichen Annahmen gerät man zu leicht über den Rand des Zeichenpapiers hinaus.

Es ist vielleicht nicht unmöglich, solche Schallmessungen mit Bestimmung des Schallortes aus drei maß- und winkelgerechten Zeichnungen in einer entsprechenden Geländeübung vorzunehmen, wenn man nur über genügende Entfernungen, die eine Zeitbestimmung mittels Stoppuhr gestatten, verfügt. Eine Geländetelefonübung kann praktischerweise damit verbunden werden. Die Nähe der Front verhinderte bislang die Ausführung dieses Planes.

Anschauliche Ableitung trigonometrischer Formeln.

Von Franz Denk in Erlangen.

Für die meisten Menschen bedeutet die geometrische Anschaulichkeit den einfachsten Weg zur Sichtbarmachung abstrakter Zusammenhänge. Die folgenden Beispiele sind als ein Versuch gedacht, in diesem Sinne die in der Schule meistgebrauchten trigonometrischen Formeln abzuleiten.

1. **$\sin\alpha = 2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}$.** Wir gehen aus von einem gleichschenkligen Dreieck mit dem Winkel α an der Spitze und den Schenkeln $AB = AC$ gleich der Längeneinheit. Wir bestimmen auf zweifache Weise den doppelten Flächeninhalt F dieses Dreiecks (vgl. Abb. 1).

$$2\,F = BC \cdot AE = g \cdot h = 2\sin\frac{\alpha}{2} \cdot \cos\frac{\alpha}{2}, \quad \text{oder}$$

$$2\,F = AB \cdot CD = 1 \cdot h' = \sin\alpha,$$

woraus wir durch Vergleich sofort die zu beweisende Formel erhalten.

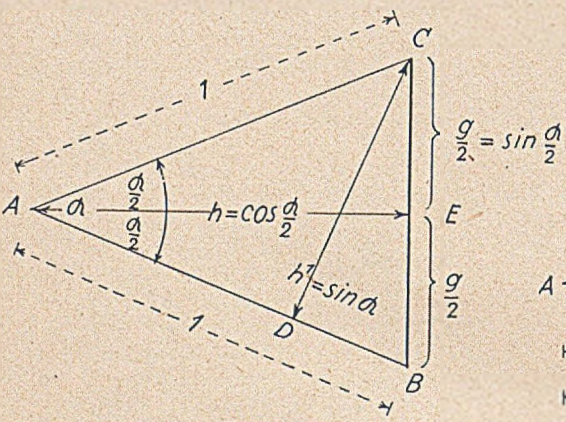


Abb. 1.

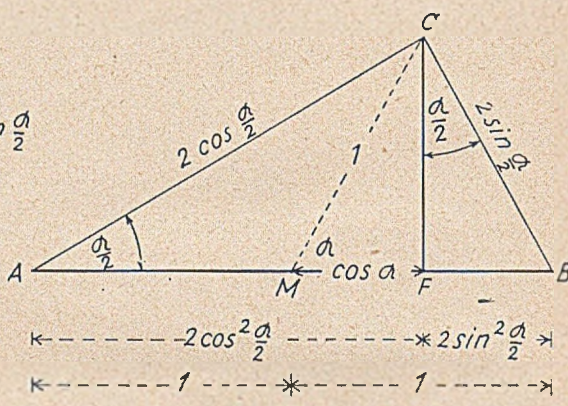


Abb. 2.

2. **$1 \mp \cos\alpha$.** In dem rechtwinkligen Dreieck ABC sei M die Mitte der Hypotenuse AB. Wir wählen $AM = BM = CM$ als Längeneinheit. Es sei Winkel $CMB = \alpha$, also Winkel $A = \frac{\alpha}{2}$; dann ist (vgl. Abb. 2) $AC = 2\cos\frac{\alpha}{2}$, $BC = 2\sin\frac{\alpha}{2}$. Fällen wir noch $CF \perp AB$, so folgt $MF = \cos\alpha$; ferner

a) (im Dreieck ACF) $AF = AC\cos\frac{\alpha}{2} = 2\cos^2\frac{\alpha}{2}$;

b) (im Dreieck BFC) Winkel $FCB = \frac{\alpha}{2}$, also $FB = BC\sin\frac{\alpha}{2} = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$.

Aus $AM + MF = AF$ folgt dann $1 + \cos\alpha = 2\cos^2\frac{\alpha}{2}$.

Aus $MB - MF = BF$ folgt $1 - \cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$.

3. **$\cos(\alpha + \beta)$** [1]. Bekanntlich kann man $\sin\alpha$ auffassen als Sehne BC zu einem Umfangswinkel α in einem Kreis mit Durchmesser $= 1$. Entsprechend ist im selben Kreis $\cos\alpha$ Sehne A_1B (Abb. 3) zu einem Umfangswinkel $90° - \alpha$. Eine solche Sehne

[1]) Vgl. dazu Ubl. 1939, S. 138—139.

A_1B können wir auch erhalten, indem wir in den Endpunkten der Sehne $BC = \sin\alpha$ auf letztere die senkrechten Sehnen errichten. (Bew.: A_1C ist wegen $A_1AC = 90°$ ein Durchmesser, also ist auch $A_1BC = 90°$.)

Für $\alpha > 90°$ liegen A und A_1 auf verschiedener Seite von BC, man erteilt in diesem Falle $\cos\alpha$ ein negatives Vorzeichen.

In Abb. 4 möge nun ABC ein Dreieck mit den Winkeln α und β an der Sehne AB ($= \sin(\alpha + \beta)$) bedeuten. AP ($\perp AB$) ist dann gleich $\cos(\alpha + \beta)$ und PC ($\perp BC$, vgl. Sehnenviereck $APCB$) ist dann gleich $\cos\alpha$. Nun ist (für jedes Vorzeichen der betreffenden Strecken)
$AP = AP_1 - PP_1 = BC \sin\beta - PC \cos\beta$,
oder $\cos(\alpha + \beta) = \sin\alpha \sin\beta - \cos\alpha \cos\beta$.

Analog ist $\cos(\alpha - \beta)$ abzuleiten.

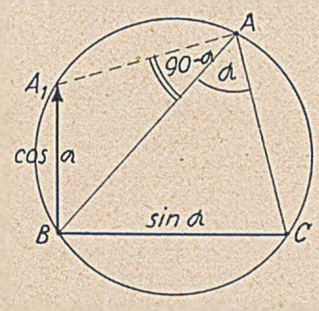


Abb. 3.

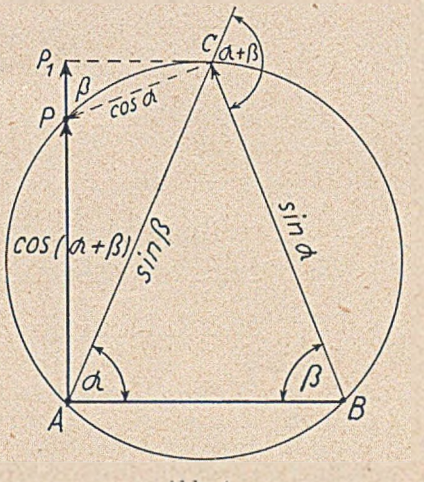


Abb. 4.

4. **tg ($\alpha \mp \beta$).** a) Einem Kreis (vgl. Abb. 5) seien zwei Rechtecke $ABCD$ und $A_1B_1C_1D_1$ einbeschrieben derart, daß $AB \parallel A_1B_1$. Die Seiten AB und B_1C_1 mögen sich in S schneiden. Es sei $AS = a$, $BS = b$, $B_1S = b_1$, $C_1S = c_1$ (wobei $ab = b_1c_1$ sein muß).

Bemerkung: Wegen der zweifachen Symmetrie unserer Abbildung ist z. B. $AD = c_1 - b_1$, $A_1B_1 = a - b$.

b) Setze Winkel $AC_1S = \alpha$ und $BC_1S = \beta$; dann ist Winkel $ADB = \alpha + \beta$ (Umfangswinkel über AB), und Winkel $A_1D_1B_1 = AD_1B_1 - AD_1A_1 = \alpha - \beta$, da $AD_1B_1 = AC_1B_1$ (Umfangswinkel über AB_1) und $AD_1A_1 = B_1C_1B$ (Symmetrie zum Durchmesser $\parallel AD$) $= \beta$.

c) Setze $SC_1 = 1$, also $AS = \operatorname{tg}\alpha$, $BS = \operatorname{tg}\beta$, $B_1S = \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta$ und $AB = \operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta$, $A_1B_1 = A_2B_1 - A_2A_1 = A_2B_1 - B_1B_2$ (Symmetrie!) $= AS - BS = \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta$.

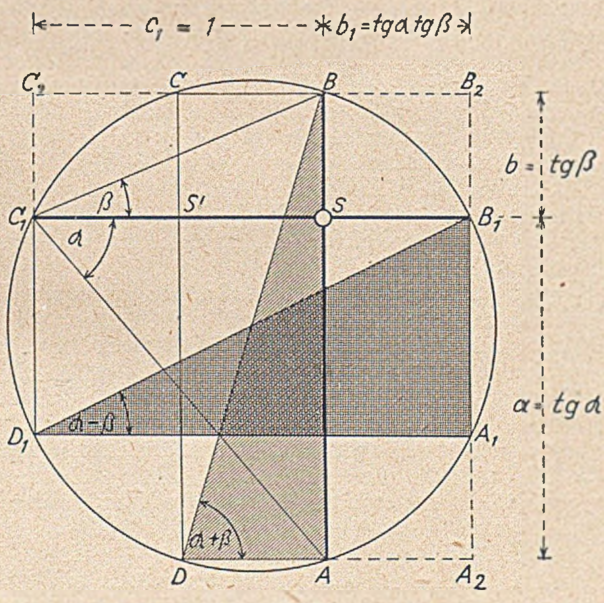


Abb. 5.

Jetzt können wir sofort ablesen:
aus Dreieck DAB

$$\operatorname{tg}(\alpha+\beta)=\frac{AB}{DA}=\frac{a+b}{c_1-b_1}\ \text{[vgl. a) Bemerkung]}$$

$$=\frac{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}{1-\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta},$$

aus Dreieck $D_1A_1B_1$

$$\operatorname{tg}(\alpha+\beta)=\frac{a-b}{c_1+b_1}=\frac{\operatorname{tg}\alpha-\operatorname{tg}\beta}{1+\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}.$$

Bemerkung: Aus der allgemeinen Beziehung $a \cdot b = b_1 \cdot c_1$ folgt insbesondere $A_2B_1 \cdot B_1B_2 = AA_2 \cdot B_2C$. Da nun AC (= Rechtecksdiagonale) ein Durchmesser ist, so ist AB_1C ein rechtwinkliges Dreieck und wir erhalten wieder den in Ubl. 1938, S. 233 bewiesenen Satz.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Die Richtung des elektrischen Stromes.

Von Otto Brandt, Berlin.

Die Richtung des elektrischen Stromes wird augenblicklich uneinheitlich angegeben. Viele halten an der „alten“ Festlegung der Stromrichtung von + nach — fest, andere sind „fortschrittlicher“ und nehmen die Stromrichtung von — nach + an. Doch beruht diese Fortschrittlichkeit letzten Endes auf einer Willkür, denn die alte Definition ist in Praxis und Wissenschaft noch vollauf gültig. Von den neu eingeführten physikalischen Lehrbüchern bekennt sich nur eins deutlicher zu der Richtung des Elektronenstromes, ohne aber die letzten Schlußfolgerungen zu ziehen.

Wenn in dieser für den Unterricht überaus wichtigen Frage eine solche Uneinheitlichkeit herrscht, so kann man dem schon ohne weiteres entnehmen, daß es nicht aus Hang zum Hergebrachten geschieht, sondern daß hier tatsächlich eine ungelöste Frage auf Entscheidung wartet.

Die Lage ist folgende: Sachlich steht ohne Zweifel fest, daß der Strom im metallischen Leiter durch wandernde Elektronen gebildet wird (wobei der Mechanismus dieser Wanderung keine Rolle spielt). Im Elektrolyten und in selbständigen Gasentladungen ist die Leitung beidseitig. In der Elektronenröhre ist der Strom wiederum allein durch die Wanderung der Elektronen bedingt. Bei einer neuerlichen Festlegung der Stromrichtung käme also nur die Richtung der wandernden Elektronen in Frage. Leider ist die Festlegung aber vor etwa 150 Jahren geschehen, also zu einer Zeit, zu der man von dem wandernden Etwas noch keine Kenntnis hatte.

Im Unterricht wird nun heute mehr denn je Anschaulichkeit verlangt. Zur Veranschaulichung der elektrischen Vorgänge sind die Elektronen als kleinste Körperchen wie geschaffen. Nochmals wurde in den „Grundsätzlichen Anweisungen zur Ausgestaltung der Lehrbücher“ betont, daß von der Elektronenvorstellung frühzeitig Gebrauch gemacht werden muß. Der Minuspol als Stelle mit Elektronenüberfluß und der Pluspol als Stelle mit Elektronenmangel, die Wanderung der Elektronen vom Überfluß zum Mangel sind so notwendige und zur Einführung in die Elektrizitätslehre mit so viel Erfolg herangezogene Anschauungsbilder, daß diese Art der Darstellung heute als allgemeingültig angesehen werden kann. Damit ist aber auch ohne weiteres eindeutig die Richtung des Stromes festgelegt. Sie ist ebenso festgelegt wie die des strömenden Wassers, des Gases oder die eines Menschenstromes. Wer nachträglich hingehen würde und als Richtung des Menschenstromes diejenige entgegengesetzt der Gehrichtung oder als die des Wasserstromes eine solche von der Mündung zur Quelle festlegen würde, müßte der Lächerlichkeit verfallen, wenn überhaupt man seiner schnurrigen Idee ein Ohr schenken wollte.

Und dennoch müssen wir im Unterricht vorläufig noch entgegen unserer besseren sachlichen und methodischen Einsicht ein ähnliches Vorgehen auf uns nehmen, das trotz aller schönen „Klarstellungen" zudem unweigerlich Verwirrung in die Köpfe der Schüler trägt.

Es sei hier zwischendurch bemerkt, daß die heute in großer Anzahl vorhandenen volkstümlichen Darstellungen der Elektrizität sich ungebundener fühlen. Sie lassen ihre mit Füßchen versehenen oder als Soldaten verkleideten Elektronen von — nach + marschieren und brauchen sich nicht zu scheuen, dem Leser diese Marschrichtung als Stromrichtung anzubieten.

In physikalischen und technischen Lehrbüchern hat man diese Stromrichtung im allgemeinen aber noch nicht angenommen. Eine Ausnahme macht das bekannte Universitätslehrbuch von R. W. POHL. Auch in der Heeresdienstvorschrift HdV 125 heißt es: „Der im Abschnitt A 6 und 10 angeführte Elektronenfluß vom negativen Pol zum positiven Pol ist sämtlichen Angaben über die Stromrichtung zugrunde gelegt." Dagegen macht die Ausbildungsvorschrift der Luftwaffe D-Luft 1801 nach der anschaulichen Einführung des Elektronenstromes den Leser auch mit der „alten" Definition bekannt, mit dem ausdrücklichen Hinweis auf den Gebrauch in der Technik, den die Ausbildung zu berücksichtigen hat.

Dies Verfahren, das im ganzen auch die Lehrbücher der höheren Schulen einschlagen, ist meines Erachtens beim heutigen Stand der Dinge noch nicht zu umgehen, denn die Schullehrbücher sind einerseits nicht so ungebunden in ihrer Anlage wie etwa die erwähnten volkstümlichen Darstellungen, andererseits bilden sie nicht einen so tragfähigen Untergrund für umstürzlerische Neuheiten wie das POHLsche Universitätslehrbuch; denn in Praxis und Wissenschaft ist, wie gesagt, im allgemeinen die Stromrichtung von + nach — beibehalten worden, mit ihr arbeitet der Elektrikerlehrling ebenso wie der Elektroingenieur und theoretische Physiker, auf ihr beruhen verschiedene häufig benutzte Merkregeln, Festsetzungen der praktischen Elektrotechnik, Formeln, Vorzeichen und Vektorenrichtungen des rechnenden Praktikers und Wissenschaftlers. Daher lehnt auch der AEF eine Umkehr der Stromrichtung unbedingt ab. Da die Forderungen des Unterrichtes demgegenüber nicht schwerwiegend genug sind, dürfte vorläufig die Aussicht auf eine Änderung des Zustandes nicht vorhanden sein.

Bericht über zwei biologische Lehrgänge der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Von RUDOLF LIPS in Berlin.

In Verbindung mit dem Deutschen Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht führte die Staatliche Hauptstelle in der letzten Zeit zwei biologische Lehrgänge für Erzieher der neu zum Reich hinzugekommenen Gebiete durch. Die Lehrgänge hatten folgende Absicht:

1. Die Erzieher auf E. u. U. auszurichten und sie mit den grundlegenden Auffassungen, Zielen und Arbeitswegen des Biologieunterrichts nach der Neuordnung des Schulwesens vertraut zu machen.
2. Allen Teilnehmern die für den Menschen gültigen Lebensgesetze, besonders in den Stoffkreisen Vererbungslehre, Rassenkunde, Rassenpflege und Bevölkerungspolitik, in ihrer völkischen Bedeutung zu entwickeln.
3. Grundlegendes über die naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaften zu bringen und an ausgewählten Beispielen praktische Handhaben zu geben.
4. An ausgewählten Beispielen alle Teilnehmer mit dem neuzeitlichen und nach den Gesichtspunkten, die E. u. U. fordert, zusammengestellten Anschauungsmaterial für den Unterricht bekannt zu machen.

Der erste Lehrgang für Erzieher des Warthegaues fand in der Zeit vom 2. August bis 12. August 1940 statt. Alle Teilnehmer waren in Rankenheim, Gr.Köris, untergebracht, wodurch es möglich war, den Lehrgang in Form eines „Lagers" durchzuführen. An zwei Tagen wurden in Berlin in der Staatlichen Hauptstelle praktische Übungen durchgeführt und der Zoologische Garten und das Aquarium besucht. Als Lehrgangsleiter war Dr. WETZEL, Berlin, eingesetzt.

Aus der großen Zahl von Vorträgen und Arbeitsgemeinschaften seien folgende besonders erwähnt: Der Leiter der Staatlichen Hauptstelle, H. SCHRÖDER, sprach über die Stellung der Naturwissenschaften in E. u. U. und umriß die Aufgabengebiete, die sich hieraus für die Arbeit der Hauptstelle ergeben, Oberstudienrat Dr. LIPS über die Stellung der Biologie in E. u. U., Oberstudienrat Dr. OTTO über die Bedeutung des Schularbeitsgartens, seine Anlage und Verwendung, Dr. habil. KNAPP über Pflanzenzüchtung und Rohstoffversorgung; die Reichsstelle für Naturschutz und die Reichsanstalt für Film und Bild hatten für ihre Aufgabengebiete je einen Tag für Vorträge und Unterweisungen zur Verfügung. Arbeitsgemeinschaften über verschiedene Lebensgemeinschaften schlossen sich einer Exkursion, die von Prof. Dr. KOLKWITZ durchgeführt wurde, an. Ferner behandelten einzelne Gruppen in gemeinsamer Arbeit die Biologie in E. u. U. der Volks- und Mittelschule unter Leitung von Rektor WENGER. In der Erblehre und Rassenkunde wurden praktische Übungen in der Hauptstelle durchgeführt (Leitung Dr. LIPS), den Abschluß bildete eine Einführung in die naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaften (Dr. LIPS) und einfache Untersuchungen von Boden und Wasser (Dr. habil. TÖDT).

Der zweite Lehrgang wurde im Auftrage des Reichsprotektors für Böhmen und Mähren in Prag durchgeführt und fand in der Zeit vom 29. September bis 5. Oktober 1940 statt. Die Teilnehmer, die von Oberschulen, Bürgerschulen und Handelsschulen aus Brünn, Olmütz, Mährisch-Ostrau, Iglau, Pilsen, Trebnitz und Prag kamen, wurden in dem Gebäude der ehemaligen Deutschen Lehrerbildungsanstalt in der Karmelitergasse untergebracht. Hier fanden auch die Vorträge und Arbeitsgemeinschaften statt.

Der Vertreter der Gruppe „Unterricht und Kultus" beim Reichsprotektor, Oberschulrat FITZEK, eröffnete den Lehrgang, der die deutschen Erzieher des Protektorats mit den grundlegenden Auffassungen, Zielen und Arbeitswegen des Kernfaches der nationalsozialistischen Schule, der Biologie, vertraut machen sollte. Die Staatliche Hauptstelle hatte außer Oberstudienrat Dr. LIPS, der zugleich Lehrgangsleiter war, und Rektor WENGER eine Reihe von erfahrenen Schulmännern und Dozenten aus dem Reich für diesen Lehrgang entsendet.

Nachdem die großen Leitlinien der Neuordnung des nationalsozialistischen Schulwesens für die Biologie durch Dr. LIPS und Rektor WENGER aufgezeigt waren, wurden die Kernfragen der Lebenskunde in Sondervorträgen und Arbeitsgemeinschaften behandelt. Oberstudienrat Dr. HASS, Berlin, brachte in mehreren Vorträgen die das heutige Geistesleben beherrschenden Begriffe, wie biologisches Denken, Vererbung und Rasse, nahe. Der Reichsschulungsbeauftragte von der Reichsleitung des Rassenpolitischen Amtes in Berlin, Pg. LEUSCHNER, sprach über die Grundlagen der nationalsozialistischen Rassen- und Bevölkerungspolitik. Der Direktor der Reichsstelle für Naturschutz, Regierungsdirektor Dr. KLOSE, Berlin, hatte es persönlich übernommen, allen Teilnehmern Weg und Ziel des deutschen Naturschutzes aufzuzeigen und an Beispielen die Durchdringung des biologischen Unterrichts mit Naturschutzgedanken darzulegen. Seine Mitarbeiter für den böhmischen Raum, Direktor PRINZ und Dozent Dr. SIMGOND, Aussig, behandelten mit ausgezeichneten farbigen Lichtbildern die Naturdenkmäler sowie die Tier- und Pflanzenwelt in Böhmen und Mähren. Auch für die in „Erziehung und Unterricht der höheren Schule" geforderten naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaften wurde an einem Beispiel „Bodenkunde" gezeigt, wie der neue Begriff der Arbeitsgemeinschaften den naturwissenschaftlichen Unterricht lebensvoll gestalten hilft. Privatdozent Dr. TÖDT, Berlin, konnte mit seinem für die Verhältnisse der Schule geschaffenen Feldlaboratorium die Teilnehmer in einfache bodenkundliche Unterrichtsmethoden einführen.

Außerdem sollte der biologische Lehrgang alle Teilnehmer mit den modernsten technischen Unterrichtshilfsmitteln bekannt machen. So wurde u. a. eine Reihe von biologischen Unterrichtsfilmen, die die Reichsanstalt für Film und Bild in

Wissenschaft und Unterricht in Berlin zur Verfügung gestellt hat, vorgeführt. Einen der Höhepunkte des Lehrgangs bildete der Besuch der Lehrmittelausstellung in der Zweigstelle des Deutschen Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht, in der die wichtigsten Lehr- und Lernmittel der deutschen Schule gezeigt wurden. Mit der Ausstellung war eine Schau des neuzeitlichen biologischen Schrifttums verbunden.

Bodenkunde im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Von RUDOLF LIPS in Berlin.

Die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnis auf lebenswichtige und lebensnahe Fragen gehört zu der Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Während früher jedes naturwissenschaftliche Fach seine eigene Fachwissenschaft oft ohne Verbindung zum Leben betrieb, ist es sich heute seiner verpflichtenden Aufgabe im Dienste am Volksganzen bewußt. Das hat zur Folge, daß häufig Zusammenhänge einzelner Fächer bei passender Gelegenheit aufgewiesen und ausgewertet werden müssen. Damit fallen die Schlagbäume zwischen den einzelnen Fachgebieten, und es kann deswegen auf eine ungezwungene Weise ein Unterricht in Querverbindung und Konzentration betrieben werden (s. auch E. u. U. S. 19).

Hier bietet die „Bodenkunde" wertvolles Unterrichtsmaterial. Sie ist daher für den Klassenunterricht von großer Bedeutung. In den Stoffplänen von E. u. U. sind bodenkundliche Erörterungen in der Erdkunde (5. und 8. Klasse) und der Chemie (7. Klasse) vorgesehen. Sie stehen in sinnvollen Zusammenhängen mit den hier vorherrschenden Stoffgebieten. Der Biologie als ein Fach, dessen Ziele oft über das eigentliche Fachwissenschaftliche hinausreichen, sind bodenkundliche Versuche sowohl in den unteren Klassen als auch in der Oberstufe (6. und 7. Klasse) bei Behandlung der Lebensgemeinschaften zugewiesen worden. Jedoch wird ihr Anteil sich stets nur auf einige grundsätzlich wichtige Erkenntnisse beschränken müssen. (Einfache und anschauliche Versuche über Zusammensetzung aus Sand, Ton, Lehm, Mergel, Löß und Humus, über Durchlässigkeit und Aufsaugefähigkeit, einige Kulturversuche in Blumentöpfen und im Schulgarten.)

Die Einschaltung der Bodenkunde im naturwissenschaftlichen Klassenunterricht soll nicht eine Erweiterung des Lehrstoffes bezwecken. Es wird hier stets Haupterfordernis bleiben müssen, auch diesen Unterricht so einfach wie möglich zu gestalten und ihn nicht etwa durch Hinzufügung immer neuen Lehrstoffes zu zersplittern.

Das Thema „Bodenkunde" ist jedoch über den Klassenunterricht hinaus, wie wenig andere, dazu geeignet, in den durch die Neuordnung der höheren Schule geforderten naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaften behandelt zu werden. Die „Bodenkunde" erfüllt eine Kardinalforderung dieser Arbeitsgemeinschaften neuer Prägung, die in E. u. U. S. 204 besonders hervorgehoben wird: „Im Rahmen wahlfreier Arbeitsgemeinschaften sollen die Schüler durch Selbsttätigkeit in die wissenschaftlich-systematische Forschungsform eingeführt und dabei gleichzeitig vor größere praktische Aufgaben gestellt werden, die für das Gemeinschaftsleben von Wert sind. Hierdurch wird die Schule im besonderen Maße zur Gehilfin des praktischen Lebens: Die Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft werden ihr von diesem Leben gestellt."

Danach sind diese Arbeitsgemeinschaften als organische Fortsetzung und Krönung des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts anzusehen. Sie können daher nicht zur Ergänzung des im Klassenunterricht behandelten Lehrstoffes oder zur vollständigen Erfassung eines Stoffgebietes benutzt werden, vielmehr sollen die Schüler unter Führung eines Themas vor praktische Aufgaben gestellt werden, deren Bearbeitung Schule und Leben miteinander verbindet und dadurch erzieherisch wertvoll sind.

Die Staatliche Hauptstelle ist bemüht, Beispiele nach diesen Gesichtspunkten zu fördern. In Verbindung mit ihr sind im Dezember 1940 zwei Arbeiten erschienen, die für die Arbeitsgemeinschaft bodenkundliche Kenntnisse und Arbeitsmethoden für die Schulpraxis mitteilen. Das erste Buch, das das gesamte Gebiet einer bodenkundlichen Arbeitsgemeinschaft umfaßt, kommt aus der Feder von Studienrat Dr. RICHARD FABRY, Bodenkunde für Schule und Praxis. J. F. Lehmanns Verlag, München 1940, 323 Seiten mit 65 Textabbildungen und 4 Farbtafeln, Preis geb. 8,80 RM. Es fußt auf günstigen Erfahrungen, die mit einer Schüler-Arbeitsgemeinschaft in München-Pasing gemacht wurden. Die in diesem Buch gegebenen Darlegungen und Hinweise richten sich auf ein Gesamtziel: eine Bodenbeurteilung und -kartierung vorzunehmen. Das Buch gliedert sich in zwei große Teile: Nachdem zunächst die grundlegenden Tatsachen und Anschauungsweisen der Bodenkunde in einer „Vorschule" dargelegt sind, wird im zweiten Teil der Gang einer praktischen Kartierungsarbeit mit vorausgehenden Bodenuntersuchungen und Pflanzenbestimmungen in Form einer „Anleitung zur Durchführung einer bodenkundlichen Gemeinschaftsaufgabe" Schritt für Schritt auseinandergesetzt.

Das zweite Buch: Prof. Dr. RICHARD KOLKWITZ und Dr.-Ing. habil FRITZ TÖDT, Einfache Versuche von Boden und Wasser mit Ausblicken auf die Boden- und Gewässerkunde. Verlag Fischer, Jena 1941, mit 29 Abbildungen und zwei farbigen Tafeln, Preis geb. 5,20 RM, ergänzt sinnvoll die Darlegungen des FABRYschen Buches besonders nach der chemisch-biologischen Seite. Einfachheit und Gründlichkeit als Pfeiler des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts sind bei diesen Untersuchungen weitgehendst berücksichtigt worden. Die Arbeit liefert mit ihren anregenden Fragestellungen und ihren für die einfacheren Verhältnisse der Schule bearbeiteten Versuchszusammenstellungen einen weiteren Baustein für die Verwirklichung lebensnaher Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Damit ist dem Naturwissenschaftler die Möglichkeit gegeben, das gesamte für die Durchführung einer naturwissenschaftlich-mathematischen Arbeitsgemeinschaft „Bodenkunde" notwendige Rüstzeug in zwei Veröffentlichungen durchzuarbeiten und sich ohne Verzettelung in das gewaltige Schrifttum dieses Themas zielstrebig auf die Durchführung einer solchen Arbeitsgemeinschaft vorzubereiten.

Die Staatliche Hauptstelle hat ihren Mitarbeiter, Herrn Dr.-Ing. habil. FRITZ TÖDT, gebeten, seine chemischen Untersuchungen von Boden und Wasser, die für die einfacheren Verhältnisse in der Schule von ihm zusammengestellt wurden und in seinem oben genannten Buche ausführlich behandelt sind, für ihre Mitteilungen zu bearbeiten.

Einfache Untersuchungen von Boden und Wasser.

(Messung von Eisen, Kalk, [Stickstoff] Nitrat, Phosphat und p_H.)

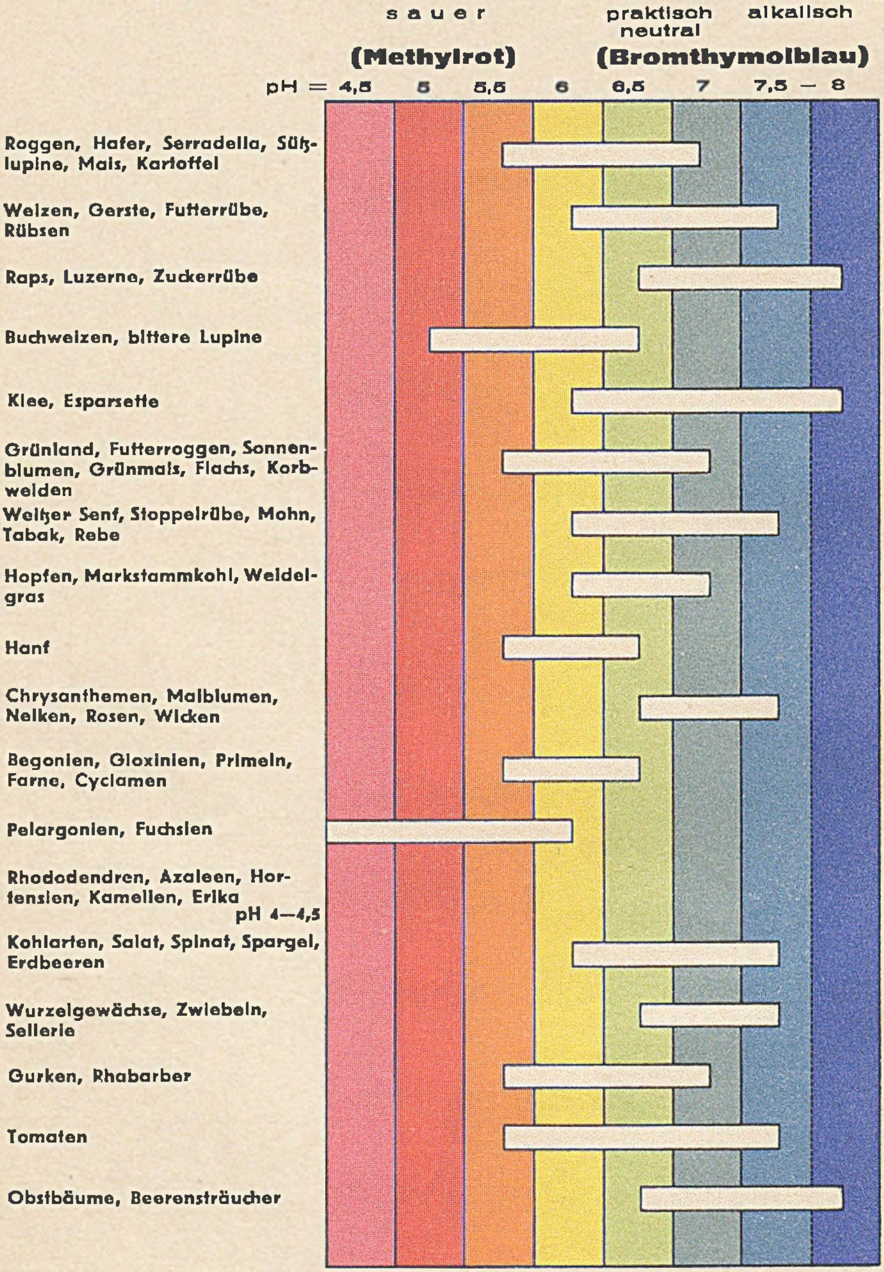
Von FRITZ TÖDT in Berlin.

A. Die landwirtschaftliche Bedeutung einfacher Boden- und Wasseruntersuchungen.

Eine möglichst gute landwirtschaftliche Ausnutzung des Bodens ist in hohem Maße von der schnellen Ausführbarkeit und der einfachen Handhabung von Bodenuntersuchungen abhängig. Es handelt sich hierbei um vorwiegend chemische Untersuchungsmethoden, welche heute bereits eine derart tiefgreifende Bedeutung für das Volkswohl erlangt haben, daß sie durch einen Erlaß des Reichsministers für Ernährung und Landwirtschaft vom 1. April 1940 in Deutschland allgemein vorgeschrieben wurden. Und zwar hat man hierbei zunächst den Kalk- und Phosphatbedarf des Bodens erfaßt, weil diese beiden Methoden einfach genug für Massenuntersuchungen sind.

Der Umfang der hierbei umgesetzten wirtschaftlichen Werte geht aus der Tatsache hervor, daß beispielsweise 1938 der Bedarf an Düngekalk auf 15 Millionen Tonnen geschätzt wurde, während nur 4 Millionen gedüngt wurden. Man sieht an diesem Beispiel, in wie hohem Maße durch vereinfachte und verbesserte Bodenuntersuchungen die Ernährungslage in Deutschland verbessert werden kann. Ähnliche Zahlen gelten auch für andere Düngemittel wie Kali und Phosphor.

Farbtafel nach F. Tödt zur pH-Messung mit Methylrot (pH 4,5—6) u. Bromthymolblau (pH 6—8) mit gleichzeitiger Darstellung der günstigen Reaktionsbreiten landwirtschaftlicher u. gärtnerischer Kulturpflanzen (nach d. Farbschema des „Kalkdienstes" neu entworfen). Die beiden Indikatoren gelten zusammen nur für den Meßbereich ca. 4,5—8. (Original.)



Aus: Kolkwitz u. Tödt, Untersuchungen von Boden und Wasser. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.

Die Bestimmungen werden in wäßriger Lösung vorgenommen, nachdem man dem Boden durch Einwirken von Wasser (Boden mit Wasser ausschütteln oder stehen lassen) die Nähr- bzw. Düngestoffe zum Teil entzogen hat. Die Messungen sind daher gleichzeitig für Wasser geeignet.

Es ist von grundsätzlicher Bedeutung, daß es sich nicht um quantitative, sondern um qualitative Bestimmungen handelt. Da die Zusammenhänge zwischen gefundenem Düngestoff und wirklichem Düngerbedarf außerordentlich kompliziert und von Fall zu Fall verschieden sind, genügen die qualitativen Feststellungen. Denn es kommt nur darauf an, Hinweise zu geben, ob ein Boden gut, mittelmäßig oder schlecht versorgt ist. Die Methoden wurden daher unter bewußtem Verzicht auf eine in der Praxis doch nicht ausnutzbare Genauigkeit in einer so einfachen Ausführungsform beschrieben, daß sie in wenigen Sekunden und auch ohne chemische Vorbildung durchgeführt werden können. Man braucht außer den Prüfstoffen (Reagentien) lediglich Prüfgläser (Reagenzgläser), in welchen das zu prüfende Wasser bzw. der zu prüfende Bodenauszug[1]) nach Zusatz des Prüfstoffes eine Färbung liefert, deren Stärke oder zeitliche Ausbildung nach der im folgenden beschriebenen Anleitung als Maß für den gesuchten Stoff dient. Ein besonderer Vorteil dieser vereinfachten Methoden ist darin zu erblicken, daß man die im Boden und Wasser sich abspielenden biologischen und chemischen Vorgänge draußen in der Natur untersuchen kann.

B. Die Ausführung der Messungen.

1. pH-Messung des Bodens als Maß für den Kalkbedarf.

Hilfsmittel:
Bariumsulfat ($BaSO_4$).
Kaliumchlorid (KCl).
Indikatorlösung[2]) (Bromthymolblau und Methylrot).
Farbtafel zur Ablesung der pH-Werte.

a) Arbeitsvorschrift.

Man füllt ein Prüfglas etwa 1 cm hoch mit festem Bariumsulfat und schichtet etwa ebensoviel Boden, der vorher zerkleinert von groben Bestandteilen befreit wird, darauf. Bei leichtem Boden (Sandboden) nimmt man etwas weniger Bariumsulfat und etwas mehr Boden, bei besonders schwerem Boden dagegen etwas mehr Bariumsulfat und etwas weniger Boden. Man füllt sodann das Prüfglas etwa zwei Drittel voll mit reinem Wasser bzw. einer einfach normalen Kaliumchloridlösung[3]) und setzt 1 cm^3 der Indikatorlösung (Bromthymolblau und Methylrot) hinzu. Man schüttelt nun so lange kräftig um, bis die weiße Färbung des Bariumsulfats verschwunden ist. Nach Aufhören des Schüttelns setzt sich der Boden durch die niederreißende Wirkung des schweren Bariumsulfats sehr schnell, meist schon nach einigen Sekunden, ab, und es entsteht am oberen Rande der Flüssigkeit eine durch den Indikator gefärbte, sich nach unten schnell ausbreitende Zone, deren Färbung durch Vergleich mit den in der Farbtafel wiedergegebenen Farben den pH-Wert liefert.

Nach der Farbtafel beginnt sich Methylrot oberhalb pH 4,5 von rot über orange (pH 5—5,5) nach gelb (pH etwa 6) zu färben. Wenn man nun zum Beispiel

---

[1]) Ein Bodenauszug entsteht dadurch, daß man Wasser auf den Boden einwirken läßt und dann den Boden abfiltriert. Grundwasser ist nichts anderes als ein in der Natur entstandener Bodenauszug.

[2]) Die Herstellung der Indikatorlösung geschieht folgendermaßen: Methylrot: 0,05 g Methylrot werden mit 3,6 cm^3 zwanzigstelnormaler Natronlauge verrieben und in 250 cm^3 60%-igem Alkohol gelöst. Bromthymolblau: 0,1 g Bromthymolblau werden mit 3,6 cm^3 zwanzigstelnormaler Natronlauge verrieben und in 250 cm^3 reinem Wasser gelöst.

[3]) Für die Sonderaktion zur Untersuchung der deutschen Böden ist bei der pH-Messung eine einfach normale, also 76 g im Liter enthaltende Kaliumchloridlösung vorgeschrieben. Nimmt man anstatt dessen der Einfachheit halber reines Wasser (destilliertes Wasser oder Regenwasser), so findet man im allgemeinen Werte, die um etwa 0,5—1 pH höher liegen. Die Farbtafel bezieht sich auf die einfach normale Kaliumchloridlösung.

bei Zugabe von Methylrot eine gelbe Farbe (pH 6) feststellt, so ist der pH-Wert 6 oder höher und man macht eine zweite Messung mit Bromthymolblau. Wenn also der zuerst benutzte Indikator eine Gelbfärbung liefert, muß eine zweite Messung mit dem anderen Indikator gemacht werden.

Bei besonders stark gefärbten Bodenauszügen (Moor) wird die Messung im Prüfglas möglicherweise auf Schwierigkeiten stoßen. In diesem Fall macht man die Messung in einer kleinen Porzellanschale, in welche man einen Tropfen Indikatorlösung und etwa 3—6 Tropfen Bodenlösung tropfen läßt.

Etwas umständlicher wird die Messung, wenn man, wie es vielfach gemacht wird, den Boden vor dem Zusatz des Indikators abfiltriert und erst dann zur klaren Bodenlösung (Bodenauszug) den Indikator hinzufügt. Die Farben werden so etwas klarer als ohne Filtration. Diese Methode muß benutzt werden, wenn die Indikatorfärbung nicht deutlich genug hervortritt (Adsorption des Indikators durch den Boden).

b) Die Beziehung zwischen dem gemessenen pH-Wert des Bodens und dem Kalkbedarf in kg pro Hektar.

In der Farbtafel zur Ablesung der pH-Werte sind gleichzeitig die pH-Werte angegeben, bei denen unsere Kulturpflanzen die besten Erträge liefern. In fast allen Fällen handelt es sich darum, durch Kalkzugabe den pH-Wert der Böden so weit zu erhöhen, daß die Pflanzen ihr günstiges pH-Gebiet im Boden vorfinden. Die Kalkmengen in kg pro Hektar, die nötig sind, um den pH-Wert um 1 zu erhöhen, sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle.

Sandboden	Leichter Lehmboden	Schwerer Boden
etwa 500	1500—3000	3000—8000

Wenn man den pH-Wert des Bodens gemessen hat, kann man sich aus der Tabelle ausrechnen, wieviel Kalk man pro Hektar braucht, um den in der Farbtafel angegebenen für den Ernteertrag und das Pflanzenwachstum günstigsten pH-Wert zu erreichen.

Man sieht aus der Tabelle, daß die zur Erzielung einer bestimmten pH-Änderung erforderliche Kalkmenge je nach der Bodenart um ungefähr das Zehnfache verschieden sein kann. Daraus ergibt sich, daß es sich um keine genaue Bestimmung des Kalkbedarfs, sondern nur um eine rohe Schätzung handelt. Diese Einschränkung der Genauigkeit und praktischen Anwendbarkeit gilt nicht nur für die hier beschriebene Feststellung des Kalkbedarfs, sondern ganz allgemein für jede praktische Anwendung einer Bodenuntersuchung. Der Grund für diese Unsicherheit besteht in der außerordentlichen Verschiedenheit des Bodens und der daraus sich ergebenden Schwierigkeit, einheitliche Resultate zu erhalten[4]).

2. Messung des Stickstoffgehaltes (Nitratgehalt, NO_3)[5]).

Hilfsmittel:
Diphenylamin ($NH[C_6H_5]_2$).
Konzentrierte Schwefelsäure (H_2SO_4).
Gesättigte Kaliumchloridlösung (KCl).

[4]) Eine genauere Methode der Ermittlung des Kalkbedarfs, welche mit denselben einfachen Mitteln durchführbar ist und von der Sonderaktion zur Erfassung des deutschen Bodens ausgewählt wurde, ist in der im vorangegangenen Aufsatz von Lips: „Bodenkunde im naturwissenschaftlichen Unterricht" erwähnten Schrift von Kolkwitz u. Tödt Seite 7—10 beschrieben.

[5]) Die Ammoniakbestimmung mit dem bekannten Nesslerschen Reagens ist hier nicht berücksichtigt.

Arbeitsvorschrift.

Man gibt in ein Prüfglas 1 cm³ der zu prüfenden Lösung und läßt bei schräg gehaltenem Prüfglas langsam etwa 3 cm³ des Prüfstoffes zulaufen. Der Prüfstoff besteht aus konzentrierter Schwefelsäure, zu welcher auf 100 cm³ 10 mg festes Diphenylamin und 1 cm³ gesättigte Kaliumchloridlösung zugesetzt werden (vorsichtig und tropfenweise). Der Stickstoffgehalt wird an einem blauen Ring erkannt. Der Zusatz des Chlorids erhöht die Empfindlichkeit.

Wenn der Ring schwach ist, läßt sich die Messung wesentlich dadurch verschärfen, daß man das Prüfglas gegen eine vom Licht getroffene weiße Fläche (es genügt weißes Papier) betrachtet und zum Vergleich ein zweites, nur mit Wasser gefülltes Prüfglas danebenhält.

Diphenylaminschwefelsäure reagiert auch mit anderen Oxydationsmitteln. So ist es ein Vorteil, daß auch Nitrite mit bestimmt werden, da diese im Boden praktisch ebenso wirken wie Nitrat. Eisen reagiert erst in so großen Mengen, daß hierdurch die Messung nicht beeinträchtigt wird.

Da konzentrierte Schwefelsäure eine stark ätzende Flüssigkeit ist, so muß dringend geraten werden, beim Stehen sowohl als beim Umgießen stets eine Schale unter der Säureflasche zu belassen, damit sie die herabfließende oder abtropfende Säure aufnehmen kann.

Färbung und Nitratgehalt.

Etwa 0,1 mg (mg-Stickstoff [N]/Liter)[6]. Nach etwa 2—3 Minuten entsteht ein schwacher blauer Ring (nur sichtbar gegen eine weiße Fläche, auf die Licht fällt).

Etwa 0,3 mg. Der schwache blaue Ring entsteht in etwa einer halben Minute.

Etwa 1 mg. Es entsteht sofort ein starker Ring.

3. Messung des Kalkgehaltes in mg CaO im Liter (1 Grad deutsche Härte = 10 mg CaO im Liter).

Hilfsmittel:

Gesättigte Ammoniumoxalatlösung $\left(\begin{array}{l} COO\,NH_4 \\ | \\ COO\,NH_4 \end{array}\right)$.

Eisessig ($CH_3\,COOH$).

Reaktionsgleichung: $\begin{array}{l} COO\,NH_4 + CaCl_2 \\ | \\ COO\,NH_4 \end{array}$ (oder ein anderes lösliches Kalksalz)

$$= \begin{array}{l} COO \diagdown \\ \qquad\quad Ca + NH_4\,Cl. \\ COO \diagup \end{array}$$

Arbeitsvorschrift.

Die zu prüfende Lösung wird in ein Prüfglas gefüllt (Prüfglas etwa bis zur Hälfte gefüllt) und 1 cm³ einer gesättigten Ammoniumoxalatlösung zugesetzt, welche auf 100 cm³ 5 cm³ Eisessig enthält. Der Kalkgehalt wird auf Grund der entstehenden Trübung von Kalziumoxalat abgeschätzt.

Kalkgehalt und Trübung.

Etwa 10 mg. Nach etwa 2—3 Minuten entsteht eine schwache, aber deutlich sichtbare Trübung.

Etwa 20—30 mg. In einer halben bis einer Minute entsteht eine schwache Trübung.

Etwa 40—60 mg. Die Trübung wird stärker und entsteht nach etwa 10 Sekunden.

Etwa 100—120 mg. Bereits nach 3—4 Sekunden entsteht eine sehr starke Trübung, welche bereits nach etwa 20 Sekunden undurchsichtig geworden ist.

[6]) Alle Angaben in mg beziehen sich (auch bei den im weiteren Text beschriebenen Stoffen) auf einen Liter Lösung.

4. Messung des Eisengehaltes (Fe).

Hilfsmittel:
1 Becherglas, Inhalt etwa 150—200 cm³.
25 %ige Salzsäure (HCl).
Gesättigte Permanganatlösung ($KMnO_4$).
10 %ige Kaliumrhodanidlösung (KCNS).

Reaktionsgleichung.

$FeCl_3 + 3\ KCNS = Fe\ (CNS)_3 + 3\ KCl$. (Weiterhin Oxydation von Fe^{II} zu Fe^{III} und Reduktion des überschüssigen Kaliumpermanganats durch Kaliumrhodanid).

Arbeitsvorschrift.

Etwa 100 cm³ Wasser werden mit ungefähr 3 cm³ 25 %iger Salzsäure und 2—5 Tropfen gesättigter Kaliumpermanganatlösung versetzt und gut umgeschüttelt. Durch das Kaliumpermanganat wird das gesamte Eisen (Fe) in die dreiwertige Form (Fe^{III}) übergeführt. (Will man das zweiwertige Eisen (Fe^{II}) bestimmen, so mache man eine zweite Bestimmung ohne Permanganat.) Auf Zusatz von etwa 3 cm³ 10 %iger Kaliumrhodanidlösung verschwindet die Farbe des Permanganates, und es tritt bei Gegenwart von Eisen die braune (bei sehr hohem Eisengehalt rote) Eisenrhodanidfärbung auf.

Zur Verschärfung der Messung beobachtet man die Farbe im Prüfglas sowohl von der Seite (Schichtdicke etwa 1 cm) als auch von oben (Schichtdicke etwa 10 cm). Besonders bei der Betrachtung von oben ist es zweckmäßig, das Prüfrohr ebenso wie bei der Nitratbestimmung gegen einen weißen Untergrund (z. B. weißes Papier) zu halten und zum Vergleich ein zweites Röhrchen, das nur mit Wasser gefüllt ist, zu benutzen. Es ist dabei anzustreben, daß die weiße Fläche möglichst voll vom Tageslicht getroffen wird.

Färbung und Eisengehalt.

Etwa 0,1 mg. Durch Vergleich mit klarem Wasser von oben sehr schwach als leichte Verdunklung sichtbar.

Etwa 0,2 mg. Durch Vergleich mit klarem Wasser von oben deutlich als leichte Braunfärbung sichtbar.

Etwa 0,5—1 mg. Seitlich durch Vergleich schwache Braunfärbung, von oben ohne Vergleich deutliche Rotbraunfärbung.

Etwa 5 mg. Seitlich ohne Vergleich deutliche Rotbraunfärbung, von oben tief dunkelrotbraun.

5. Messung des Phophatgehaltes (P_2O_5).

Hilfsmittel:
1 Becherglas, Inhalt etwa 150—200 cm³.
10 %ige Ammoniummolybdatlösung $(NH_4)_2\ MoO_4$.
Zinn-2-chlorid ($SnCl_2 + 2\ H_2O$).
50 %ige Schwefelsäure (H_2SO_4).

Arbeitsvorschrift.

100 ccm³ der zu messenden Flüssigkeit werden mit 1 cm³ Molybdänreagens und ½ cm³ Zinn-2-chlorid (1 g Zinn-2-chlorid + 100 cm³ 5 %ige Salzsäure) versetzt. Das Molybdänreagens wird in der Weise hergestellt, daß ein Teil einer 10 %igen Ammoniummolybdatlösung mit 2 Teilen einer 50 %igen Schwefelsäure vermischt wird. Die Farbbeobachtung erfolgt im $^1/_2$—$^2/_3$ gefüllten Prüfglas nach etwa einer Minute. Die Prüflösungen sind Monate haltbar, jedoch liefert das Molybdänreagens, wenn es zu lange gestanden hat, geringe Eigenwerte, welche etwa 0,01 mg P_2O_5 entsprechen. Zur Verschärfung der Messung und zur Beobachtung von der Seite und von oben geht man ebenso vor wie bei der Eisenbestimmung.

Etwa 0,01 mg (mg/Liter). Von der Seite keine Färbung, von oben sehr schwach gegen weiße Fläche durch Vergleich mit einem zweiten Prüfglas mit klarem Wasser sichtbar.

Etwa 0,1 mg. Von der Seite nur durch Vergleich mit klarem Wasser gegen weiße Fläche gerade sichtbar, von oben deutlich hell- bis himmelblau.

Etwa 1 mg. Seitlich hell- bis himmelblau, etwa wie 0,1 mg von oben, bei Beobachtung von oben stark blau, noch durchsichtig.

Etwa 5 mg. Von der Seite stark blau, von oben undurchsichtig.

Phosphatbestimmung im Boden[7]).

Man schüttelt etwa 30 g (etwa 20 cm^3) Boden mit 100 cm^3 Wasser ungefähr 1 Minute, filtriert ab und bestimmt den Phosphatgehalt. Ein Boden ist phosphatbedürftig, wenn bei Hafer, Wiesen und Kartoffeln 0,15—0,19 mg, bei Gerste 0,22 mg und bei der Zuckerrübe 0,35 mg Phosphat in 100 g Boden enthalten sind[8]). Die Phosphatgehalte im mg/Liter sind durch 3 zu dividieren, um sie bei einem wäßrigen Auszug von 30 g Boden und 100 cm^3 Wasser auf mg Phosphat pro 100 g Boden umzurechnen.

C. Schlußbemerkungen.

Bei allen Messungen ist es dringend zu empfehlen, sich durch Kontrollösungen mit bekanntem Gehalt an den zu messenden Stoffen von der Richtigkeit der Messung zu überzeugen. Zur Vermeidung von Fehlern und Trugschlüssen ist es wichtig, bei allen Methoden (außer der p_H-Messung) zunächst einen Vergleichsversuch oder Nullversuch mit reinem Wasser anzustellen. Hierbei muß die Prüfung den Wert Null ergeben. Man weiß dann:

1. daß die benutzten Prüfstoffe in Ordnung sind;

2. daß das für die Bodenauszüge benutzte Wasser einwandfrei ist. Wenn die gefundenen Werte so groß sind, daß sie nicht mehr abgeschätzt werden können, muß man entsprechend verdünnen.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, daß die als dritte Methode beschriebene Kalkbestimmung im Wasser in keinem Zusammenhang steht mit der p_H-Bestimmung des Bodens zur Ermittlung des Kalkbedarfs. Ebenso wie die Kalkbestimmung ist auch die Eisenbestimmung vorwiegend für Wasseruntersuchungen von Bedeutung.

Um die Möglichkeit zu schaffen, ohne besondere Vorbereitungen und ohne Laboratorium die beschriebenen Methoden praktisch anzuwenden, wurde nach Angaben des Verfassers ein transportabler Untersuchungskasten (Feldlaboratorium) hergestellt, welcher alles zur Durchführung der Bestimmungen Erforderliche enthält. Darüber hinaus enthält das Gerät für weitere Bestimmungen und quantitative Arbeiten einen Meßzylinder, Porzellanschale, Bechergläser verschiedener Größe und eine auf Flaschen aufsetzbare Bürette zur Durchführung von Titrationen. Man kann auf diese Weise den Kasten auch für die Bestimmung der zur Beurteilung des Kalkbedarfs wichtigen Bodensäure (hydrolytische und Austauschazidität), zur Messung der für die Wasserbeschaffenheit wichtigen aggressiven Kohlensäure und für zahlreiche sonstige chemische Untersuchungen verwenden.

---

[7]) Diese Methode zeichnet sich durch besondere Einfachheit aus und ist daher für orientierende Prüfungen und Unterrichtszwecke ausreichend. Das wesentlich genauere von der Sonderaktion zur Erfassung der deutschen Böden vorgeschriebene Verfahren ist in der am Anfang dieser Abhandlung in der Anmerkung 4 genannten Schrift von KOLKWITZ und TÖDT auf Seite 12—15 beschrieben.

[8]) Ebenso wie bei der Feststellung des Kalkbedarfs sind die erhaltenen Zahlen nur als Anhaltspunkte zur annähernden Abschätzung des Phosphatbedarfs, keinesfalls aber als allgemein gültiges Rezept mit festliegenden Zahlen aufzufassen.

Bücherbesprechungen.

Geitler, Dr. Lothar, Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung. 27 S. mit 8 Abb. Verlag Gebrüder Borntraeger. Berlin 1940. Geh. RM. 1,50.

In kurzer knapper Darstellung gibt der Verfasser Erläuterungen zur Theorie und Praxis einiger Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung mit Karminessig und Osmiumtetroxyd. Als Material dieser Untersuchungen dienen möglichst lebende Objekte, die entweder ausgestrichen, zerzupft oder zerquetscht werden. Gegenüber der alten Mikrotechnik bieten diese Methoden nicht nur den Vorteil der Schnelligkeit und Einfachheit in bezug auf Geräte und Reagenzien, sondern sie ermöglichen auch eine bessere Fixierung und eine Beobachtung unverletzter Zellen bzw. Kerne und Teilungsfiguren. Photos belegen diese Vorzüge.

Wir weisen insbesondere die Biologielehrer auf die Schrift empfehlend hin, da sich die Schnellmethoden auch in Schülerübungen sehr gut durchführen lassen.

Tomaselli, Cesco, Der Kampf mit dem Wal. 187 Seiten, 32 Abbildungen. Zürich u. Leipzig. Verlag Orell Füßli.

Der Verfasser, ein italienischer Journalist von hoher Begabung, schildert hier eine mehrmonatige Reise mit einer norwegischen Walfängerflottille in die Antarktis. Wir erfahren im flüssigen Plauderton dabei alles Wesentliche über den modernen Walfang, über die Verarbeitung der Riesen, über den wissenschaftlichen Wert der Fänge, über die kapitalistische Ausbeutung der Tranprodukte. TOMASELLI vermag — zumal auch mit seinen Bildern und den gelegentlich eingestreuten gewaltigen Zahlen über die Meeresgiganten — den Leser stark zu fesseln. So ist ein auch für unsere Jugend sehr empfehlendes Buch entstanden.

Heil, Hans, Dr. phil., Entwicklungsgeschichte des Pflanzenreiches. 126 Seiten mit 94 Abbildungen. Verlag Walter de Gruyter & Co., Sammlung Göschen Band 1137. Berlin 1940. Gebunden 1,62 RM.

Der Band bietet einen Überblick über den heutigen Stand der Forschung pflanzenkundlicher Entwicklungsgeschichte und zwar wie er sich aus den Beziehungen zwischen den Pflanzen unserer Gegenwart und paläobiologischen Untersuchungen ergibt.

Der erste Teil erhellt die verwandtschaftlichen Beziehungen der heutigen Pflanzenwelt aus Parallel- und Konvergenzerscheinungen, aus Gestaltungsplänen und Gestaltungsstoffen, aus Lebensäußerungen und den Vererbungsgesetzen.

Der zweite, der Hauptteil, stellt die Ergebnisse paläobiologischer Forschung dar und verfolgt die Entwicklung des Blattes, des Stammes und der Fortpflanzungsorgane von den ersten Gefäßpflanzen, den Psilophyten, an.

Der dritte Teil zieht die Schlußfolgerungen für den Ablauf der Entwicklung aus beiden Arbeitswegen, die im natürlichen System der Pflanzen und in den Stammbäumen zum Ausdruck kommen.

Die Darstellung ist sprachlich klar und wird durch zahlreiche Abbildungen belegt. Der Biologielehrer wird mit großem Interesse den Band durcharbeiten, der ihm den bekannten Stoff für den entwicklungsgeschichtlichen Teil des Biologieunterrichts ausrichtet.

Bayreuth. DITTRICH.

Arnold Scholz, Dr., Einführung in die Zahlentheorie. Sammlung Göschen Bd. 1131. 136 S. Berlin 1939. Geb. 1,62 RM.

In leicht verständlicher Darstellung führt das Buch in die Zahlentheorie ein. Darüber hinaus ist es trotz seines geringen Umfanges ein gutes Lehrbuch, das bis zu den höheren Kongruenzen führt. Die Grundlegung erfolgt im ersten Kapitel über die Arithmetik der natürlichen Zahlen im Sinne der heutigen Anforderungen. Die weitere Einteilung entspricht der klassischen von DIRICHLET. An vielen Stellen geht der Verfasser neue, die Darstellung einfacher und durchsichtiger gestaltende Wege.

Rolf Müller, Prof. Dr., Astronomisches Abc für jedermann. 158 S. mit 113 Abb. im Text und auf 6 Tafeln. Leipzig 1938, Johann Ambrosius Barth. Geb. 8,50 RM.

Alle astronomischen Fachausdrücke werden in Buchstabenfolge durch kurze, klar und geschickt gefaßte Darstellungen erläutert. Ausgezeichnete Abbildungen unterstützen die Anschaulichkeit der Darbietung. Über wichtige Begriffe sind sehr ausführliche Abschnitte gegeben, die durch ihre Leichtverständlichkeit das Werk tatsächlich für jedermann brauchbar machen. Zu beanstanden ist nur, daß unter „Exzentrizität" die numerische und die lineare Exzentrizität vermengt werden. Die gediegene Ausstattung verdient hervorgehoben zu werden. Das Buch kann auch reiferen Schülern empfohlen werden.

Dresden. KERST.

Abhandlungen.

Auflichtmikroskopie.

Von PAUL EICHLER in Dresden.

In mehreren Aufsätzen in dieser Zeitschrift wies ich nebenbei auf die Vorzüge der Mikroskopie im auffallenden Licht hin. Da diese Art der mikroskopischen Untersuchung im Schullaboratorium erfahrungsgemäß etwas stiefmütterlich behandelt wird, sei es gestattet, im folgenden einmal ausführlicher darüber zu berichten. Ich verwerte dabei Methoden und Ergebnisse von Untersuchungen, die in zwei meiner biologischen Arbeitsgemeinschaften „Materialprüfungen" und „angewandte Mikroskopie" angestellt wurden.

Das Wesen der Auflichtmikroskopie besteht darin, durch kräftige und geeignet angebrachte Lichtquellen die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes intensiv und möglichst reflexfrei zu beleuchten. Handelt es sich also vorwiegend um das Studium von Oberflächen, so übertrifft die Auflichtmikroskopie jede andere mikroskopische Methode. Außerdem hat man bei dieser Art der Untersuchung den Vorteil geringster präparativer Vorbereitungen am Objekt. Meist kann ohne jede Vorarbeit unmittelbar untersucht werden.

1. Lichtquellen. Da, wie eben gesagt, Auflichtmikroskopie letzten Endes eine Beleuchtungsangelegenheit ist, so sind vor allem die anzuwendenden Lichtquellen und Beleuchtungseinrichtungen wichtig. Für schwache und mittlere Vergrößerungen genügen Leuchtmittel, die man sich leicht und mit ganz geringen Kosten selbst bauen kann. Wir verwenden hierzu ausschließlich elektrisches Licht, und zwar vorwiegend Schwachstrom. Um unabhängig von Taschenbatterien oder Akkumulatoren zu sein, transformieren wir den Starkstrom des Lichtnetzes herunter auf 2, 4, 6 oder 8 V. Im allgemeinen genügt hierzu einer der billigen sogenannten Klingeltransformatoren.

Sollen zahlreiche Arbeitsplätze zu gleicher Zeit mit Schwachstrom versorgt werden, so empfiehlt sich eine ortsfeste Stromzuführung. Wir haben zu diesem Zweck an allen Arbeitstischen eine besondere Schwachstromleitung neben der für den Starkstrom selbst verlegt mit zahlreichen Abgriffen in Gestalt kleiner Steckdosen, die so dimensioniert sind, daß eine Verwechslung mit den Netzstrom führenden Dosen unmöglich ist. Eine Eingangsdose stellt die Verbindung mit der Schwachstromseite des Transformators her. Wir sind also in der Lage, durch wenige Handgriffe alle Arbeitsplätze des Laboratoriums mit Niederspannung zu versorgen.

Außer dem eben genannten Klingeltransformator verwenden wir einen größeren Spezialtransformator, der sekundärseitig in 2, 4, 6 . . . 12 V untergeteilt ist und eine Belastung bis zu 10 A verträgt. Auch solche Spannungswandler sind recht preiswert und können noch anderweit verwendet werden. Wir laden damit zum Beispiel unsere Akkumulatoren für physiologische Gleichstromversuche über einen einfachen Gleichrichter aus dem Lichtnetz auf.

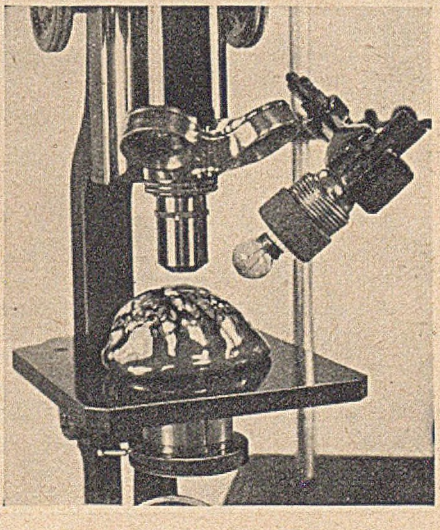


Abb. 1.
Einfachste Form der Auflichtbeleuchtung: eine kleine Glühlampe beleuchtet schräg von oben das Objekt, ein Schneckenhaus.

Als Lichtquelle dienen uns vor allem die bekannten Zwerglampen für Taschenbatteriebetrieb. Außerdem verwenden wir noch Lämpchen für 6, 8 oder 12 V Spannung (Auto- und Motorradlampen). Sie geben ein intensives und je nach Gestalt des Glühfadens ein nahezu punktförmiges Licht. Zu empfehlen sind Lämpchen, deren Kolben aus bläulichem Glas mit milchweißer Rückseite bestehen. Die Lämpchen sitzen in den kleinen Schraubfassungen, die in jedem Fachgeschäft für wenig Geld käuflich sind. Diese Fassung wird in den Halter eines Stativs geklemmt und so gerichtet, daß das Licht schräg von links oben auf die Oberfläche des Untersuchungsgegenstandes fällt (Abb. 1). Die reflektierten Strahlen fallen dann im wesentlichen aus dem Bildfeld des Objektivs heraus und stören also beim Mikroskopieren nicht.

Wählt man die Glühlampen möglichst klein[1]), so kann man auch bei geringem Objektabstand noch gut an den Gegenstand heran. Objektiv 3 zum Beispiel hat einen freien Objektabstand von 5,8 mm; man kann also mit entsprechend kleinen Lampen hier noch ausreichend beleuchten. Bei Verwendung stärkerer Okulare (etwa 10fach) kommt man mit Objektiv 3 bis zu 100facher Vergrößerung. Das genügt für viele Auflichtuntersuchungen.

Bei anderer Gelegenheit [2]) hatte ich eine ganz einfache Beleuchtungsvorrichtung beschrieben, die aus einem Schwachstromlämpchen besteht, das in

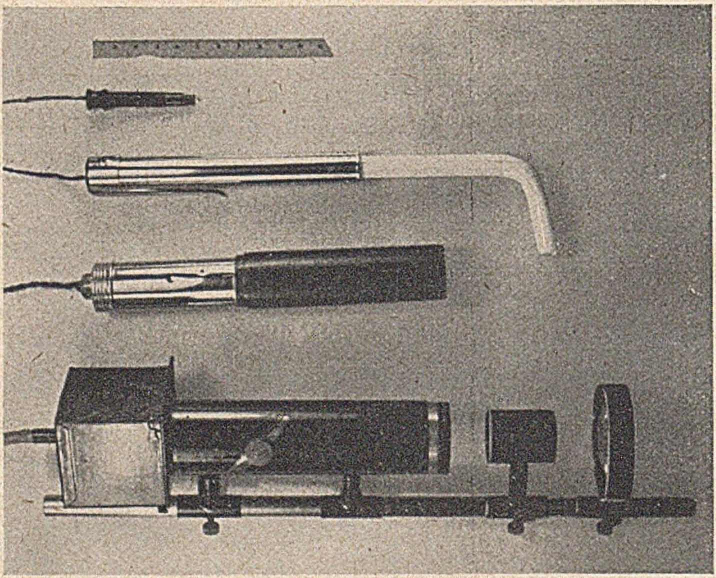


Abb. 2. Verschiedene Beleuchtungsvorrichtungen für Auflicht. Von oben nach unten: 1 Halter mit sogenanntem medizinischen Lämpchen; die kleine Halbkugel von 3 mm Ø ist die Lampe. 2 Einfache Stablampe mit gebogener Röhrenglühlampe. 3 Punktlichtlampe mit eingebauter Lochblende und einfacher Beleuchtungslinse. 4 Spaltlampe mit Kondensor in Schneckentrieb, Spaltblende, Vorsatzlinse und Halter für Filter. Zum Größenvergleich ist ein Maßstab mit abgebildet.

eine gewöhnliche Papp-Zigarrenspitze als Reflektor eingeschoben wird. Trotz seiner Primitivität kann man dieses kleine Ding für viele Auflichtuntersuchungen verwenden. Da die Herstellungskosten eines solchen Lämpchens Pfennigbeträge sind, kann jeder Praktikant 1—2 Stück erhalten, ohne daß man sich Etatsorgen zu machen braucht.

Zwei Lämpchen verwendet man, wenn Unebenheiten des Gegenstandes schattenfrei beleuchtet werden sollen; man ordnet dann beide Lichtquellen so an, daß ihre Strahlen schräg von links und rechts oben auf das Objekt fallen. Ob ein-, mehr- oder allseitige Beleuchtung zu wählen ist, hängt von der Beschaffenheit des untersuchten Gegenstandes ab, ist also von Fall zu Fall auszuprobieren. Das-

[1]) Besonders gut geeignet sind die sogenannten medizinischen Lämpchen für Endoskopie, die bis zu 3 mm Kolbendurchmesser hergestellt werden (Abb. 2, oben).

[2]) Eichler, P., Eine einfache Beleuchtungsvorrichtung für Endoskopie des Kopfes. Ubl. f. Math. u. Naturw. 42. Jg. 1936, H. 10.

selbe Objekt kann bei gleicher Vergrößerung, aber wechselnder Beleuchtung sehr verschiedene Bilder liefern. Hierin liegt gerade der Reiz von Auflichtuntersuchungen.

Braucht man gerichtetes Licht, also parallele oder konvergente Strahlenbündel, so muß vor die Glühlampe eine einfache Beleuchtungslinse bzw. ein kleiner Kondensor geschaltet werden. Wir haben, wie ich an anderer Stelle[3]) beschrieb, mehrere solcher Beleuchtungseinrichtungen selbst gebaut (Abb. 2). Natürlich sind sie in technisch vollkommenerer Ausführung von allen optischen Werkstätten auch käuflich zu haben; ihr Preis ist freilich nicht niedrig.

Seit einiger Zeit verwendet man für mikroskopische Zwecke auch sogenannte Lichtleitstäbe[4]), die man sich gleichfalls selbst bauen kann. Das sind gerade oder gebogene plan, spitz oder kugelig endende Glasstäbe, die unmittelbar vor das Glühlämpchen geschaltet werden (Abb. 3). Die Dicke dieser Glasstäbe liegt zwischen 3 und 5 mm, ihre Länge beträgt 80 bis 100 mm oder mehr. Das vor der Glühlampe liegende Stabende muß möglichst plan sein. Das freie Ende kann, wie gesagt, plan, kegelförmig oder kugelig sein. Bei planer Endfläche erhält man eine Leuchtfläche, das kugelige Stabende gibt einen Brennpunkt, und mit abgerundeter Endfläche bekommt man einen Leuchtpunkt oder eine Leuchtfläche je nach Stellung des Stabes.

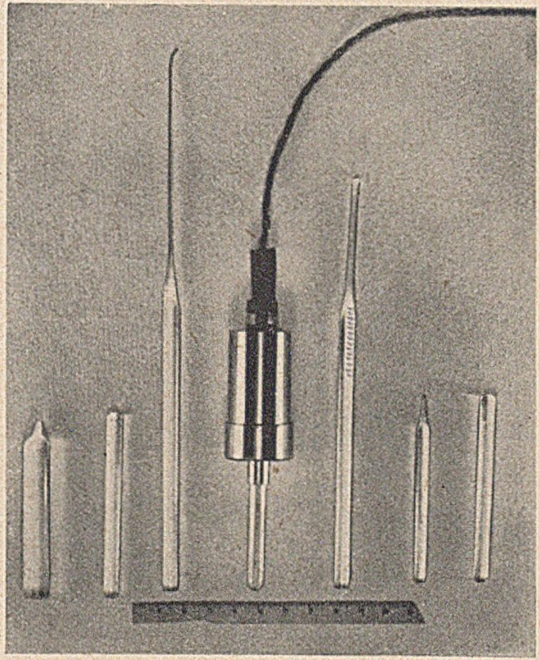


Abb. 3. Verschiedene Lichtleitstabe, einer im Lampengehäuse. Zum Größenvergleich ist ein Maßstab mit abgebildet.

Man setzt die verschiedenen Stäbe in Korke ein, welche in die eine Öffnung eines etwa 50 mm langen Metallrohrs eingepaßt werden. In die andere Rohröffnung wird das Glühlämpchen eingeschoben. Je genauer Lampe und Glasstab zentriert sind, um so größer ist die Lichtausbeute.

Ein an der Metalldrehbank geübter Schüler hat uns mehrere Lampengehäuse aus den leeren Metallhülsen hergestellt, in denen Mikroskopobjektive von der Fabrik geliefert werden (Abb. 3). In den Schraubdeckel der Hülse wurde genau zentrisch ein Loch gebohrt und darüber ein kurzes Messingröhrchen befestigt als Führung für den Glasstab. Das Röhrchen ist geschlitzt, hält also federnd die verschiedenen Glasstäbe auch bei kleinen Dickenabweichungen. Für Stäbe mit wesentlich anderen Durchmessern haben wir noch einige Schraubdeckel in Reserve, die alle auf dieselbe Hülse passen, da von der Fabrik Hülsen, Deckel und Gewinde genormt sind. Die Bodenfläche der Metallhülse wurde entfernt; an ihrer Stelle wird das Glühlämpchen eingeschoben, das genau in die optische Achse des Glasstabes gebracht werden muß.

Weitere Bauanweisungen für Lichtleitstäbe mit etwas anderen Hilfsmitteln geben die in Fußnote 4 angeführten Arbeiten. Mit einem sehr spitz ausgezogenen

[3]) Eichler, P., Mikroskopie lebender menschlicher Organe mit einfachen Hilfsmitteln. Ubl. f. Math. u. Naturw. 44. Jg. 1938, H. 8. — Ders., Ein vertikal beweglicher Objekttisch für Auflichtmikroskopie. Ebenda 45. Jg. 1939, H. 5.

[4]) Barta, E., Der Mikroilluminator. Ztschr. f. wiss. Mikroskopie Bd. 52. 1935. — Jakob, E., Die „Glasstableuchte". Ein Beitrag zur Beleuchtung undurchsichtiger Objekte. Mikrokosmos 32. Jg. 1939, H. 9.

Leuchtstab kann man das Lichtbündel auch bei kleinem Objektabstand noch gut an den zu mikroskopierenden Gegenstand heranbringen. Ja, es ist sogar möglich, die feine Spitze eines solchen Glasstabes in die Oberfläche eines weichen Objekts einzustechen und mit dieser „Lichtsonde" oder „Lichtharpune" die oberflächlichen Schichten des betreffenden Gegenstandes auszuleuchten.

Schließlich kann man auch mit einem kleinen Spiegel [5]) arbeiten, der am Objekttisch befestigt und so gestellt wird, daß die von einer größeren Lichtquelle neben dem Mikroskop kommenden Strahlen streifend über das Objekt geleitet werden (Abb. 4). Bei Benutzung eines solchen Spiegelchens kann man natürlich mit beliebiger Lichtquelle arbeiten. Wir verwenden dazu unter anderem eine kleine Bogenlampe oder eine sogenannte Niedervoltlampe (6 V, 5 A), beide mit Kondensor, wenn wir ein möglichst intensives Licht benötigen.

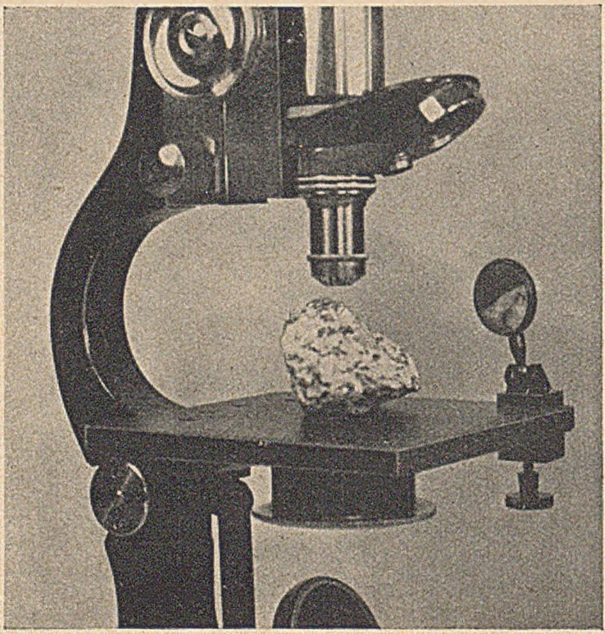


Abb. 4. Kleiner Spiegel am Objekttisch für streifende Beleuchtung bei Mikroskopie einer Gesteinsprobe.

Diese eben beschriebenen Leuchtmittel genügen, wie gesagt, für schwache und mittlere Vergrößerungen. Geht man zu starken oder stärksten Vergrößerungen über, so wird es infolge des sehr kleinen freien Objektabstandes (bei Objektiv 7 zum Beispiel nur 0,28 mm) unmöglich, genügend Licht von der Seite her an das Objekt heranzubringen. Man braucht dann besondere Beleuchtungsvorrichtungen, die unter der Bezeichnung Vertikalilluminator, Opakilluminator, Ultropak, Epikondensator usw. von bekannten optischen Werken hergestellt werden. Sie sind auch für ein Schullaboratorium erschwinglich und in ihrer Wirkung so hervorragend, daß ich die Anschaffung eines solchen mikroskopischen Zusatzapparates sehr empfehlen kann.

Wir benutzen den Opakilluminator (Abb. 5) und den Ultropak (Abb. 6). Das Beleuchtungsprinzip beider Apparate beruht darauf, daß das parallele oder konvergente Strahlenbündel einer Lichtquelle durch Spiegel oder Prismenflächen um 90° nach unten gelenkt wird und nun entweder durch das Objektiv hindurch (beim Opakilluminator) oder ringförmig um dieses herum (beim Ultropak) auf das Objekt geleitet wird. Beide Instrumente, über deren Einrichtung und Handhabung auf die Listen der herstellenden Fabriken verwiesen werden muß, ermöglichen es, mit den stärksten Trockensystemen und mit Ölimmersionen im Auflicht zu mikroskopieren. Außerdem können polarisierende Prismen oder Filter eingeschaltet werden, wodurch auch die letzten Reflexlichter restlos ausgelöscht werden. Man erhält dann Bilder von einer Prägnanz und Schönheit, die auch den geübten Mikroskopiker überraschen.

2. Objekte für Auflichtuntersuchung. Im folgenden seien einige Objekte genannt, die wir in unseren Arbeitsgemeinschaften nach den oben angegebenen

[5]) Solche Spiegel, mit doppeltem Kugelgelenk versehen, sind durch die bekannten optischen Werkstätten zu beziehen. Sie dienen eigentlich zur Kontrolle des freien Objektabstandes während des Arbeitens mit starken Objektiven.

Methoden untersucht haben. Für schwache und mittlere Vergrößerungen im Auflicht eignen sich besonders Materialprüfungen, also z. B. Dachpappe, Lederproben (Hautseite und Haarseite), Sand- und Glaspapiere, überhaupt Papiersorten (ge-

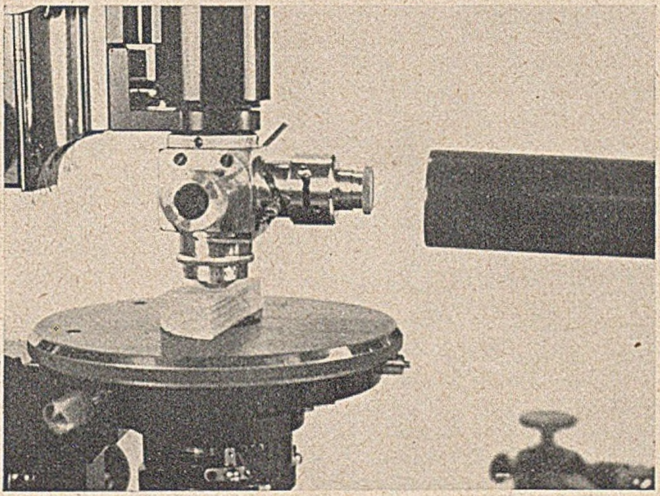


Abb. 5. Opakilluminator bei Mikroskopie einer Holzprobe. Als Lichtquelle dient die Punktlichtlampe 3 von Abb. 2.

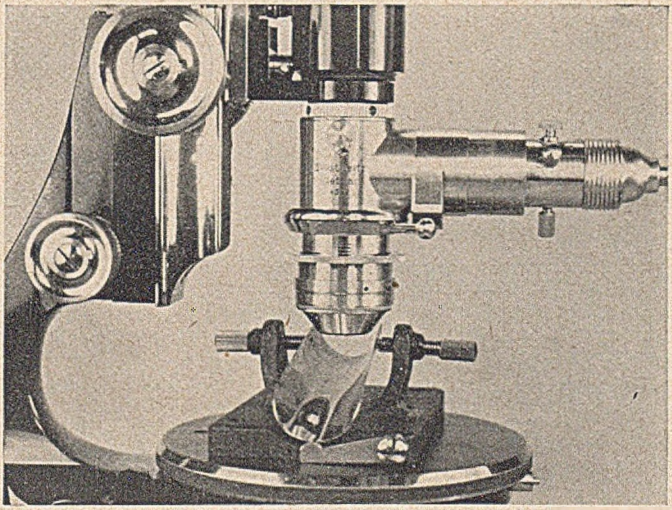


Abb. 6. Ultropak, eingestellt für Kapillaroskopie. Die Lichtquelle ist im horizontalen Ansatzrohr fest eingebaut. Auf dem Mikroskoptisch steht ein Halter für bequeme Lagerung des zu untersuchenden Fingers.

glättete Schreibpapiere, rauhe Packpapiere, Löschpapier, Seidenpapier usw.), Briefmarken, Banknoten, Druck- und Schriftproben, Rasuren auf bedruckten oder beschriebenen Papieren: Hinweis auf kriminalistische Schriftuntersuchungen, im Zusammenhang damit Untersuchungen von Blutspuren an Holz, Metall usw.

Sehr schön im Auflicht kommen Textilien aller Art, wobei man durch wechselnden Einfallswinkel des Auflichtes und unter Benutzung von Schatten- und Glanzlichtwirkungen sehr eingehend Aufschluß über die jeweils vorliegenden Strukturverhältnisse erhält.

Ein seltsames und reizvolles Bild erhält man bei der Oberflächenmikroskopie eines Stückchens Schwammgummi. Auch die Mikroskopie des Scherbens einer zerbrochenen Schallplatte ist recht interessant; man „liest" dabei die Frequenzen und Amplituden der eingravierten Tonspur „ab" (streifendes Seitenlicht verwenden!).

Die gesamte Metallmikroskopie ist ausgesprochene Auflichtuntersuchung. Metallstrukturen, besonders an Stählen, werden im Anschliff und nach Anätzung mit 0,5 %iger Flußsäure geprüft. Aber auch ohne Vorpräparation lassen sich zahlreiche Metalluntersuchungen durchführen, zum Beispiel die Prüfung von Münzen und metallenen Gebrauchsgegenständen, die Untersuchung der Schneide von Messern und anderen Werkzeugen, von neuen und gebrauchten Rasierklingen, Grammophonnadeln und Schreibfedern, der aufgeschweißten Iridiumspitze einer Füllfeder usw.

Mineralien und Gesteine sollte man nicht nur im Dünnschliff, also bei Durchlicht, sondern auch mit Auflicht im rohen oder leicht angeschliffenen Zustand mikroskopieren. Interessant sind auch Kunststeine wie z. B. Zemente, Ziegelsteine u. a.

Die Untersuchung von Stauben, Aschen und Kohlepulvern führt über zu den organogenen Objekten. Aus der Fülle des sich hier bietenden Materials seien nur einige wenige Gegenstände genannt, bei denen die Auflichtmikroskopie besonders eindrucksvolle Bilder zeigt. An erster Stelle möchte ich aus dem botanischen Material die Oberflächen von Laub- und Blütenblättern nennen. Spaltöffnungen im Auflicht sind besonders dankbare Objekte. Man kann sie vollkommen in vivo untersuchen, wenn man von einer neben dem Miskroskop stehenden Kulturpflanze ein Blatt in Höhe des Objekttisches unter das Objektiv biegt und am freien Ende etwas beschwert. Besonders hübsch sind Ilex, Lilium und Tradescantia. Eine 200fache Vergrößerung gibt die besten Bilder. Auch Haar- und Drüsenbildungen (Brennhaare!) auf Blättern und Stengeln lassen sich am besten im Auflicht studieren.

Schöne Bilder erhält man bei der Mikroskopie von Narben, Pollen und Samen (z. B. Centaurea, Brassica, keimende Gerste), von Schalenbildungen (z. B. farbige Apfelschale), von angeschnittenen Kartoffeln, deren Schnittfläche man mit einer schwachen Jodjodkaliumlösung behandelt hat: Nachweis der Mengenverhältnisse an Stärkekörnern bei verschiedenen Kartoffelsorten.

Holzstrukturen untersuchen wir an gewöhnlichen Holzstücken, deren Oberfläche mit dem Hobel oder auch nur mit dem Taschenmesser leicht geglättet wurde. Streichhölzer oder auch Zahnstocher (flache Form) können im Auflicht so, wie sie aus der Schachtel kommen, zum Studium des Holzaufbaus mikroskopiert werden (auf radialen und tangentialen Längsschnitt achten!). Interessant ist auch die verkohlte Spitze eines gebrauchten Streichholzes. Die schönsten Holzstrukturbilder erhält man natürlich von polierten Holzproben.

Korkgewebe kann man gleichfalls im Auflicht an der Schnittfläche eines Flaschenkorkes leicht studieren.

Auch ganze Bakterienkulturen in vitro (Agarplatten) lassen sich unter das Auflichtmikroskop bringen, ehe man zur eigentlichen bakteriologischen Untersuchung übergeht.

Noch reicher ist das zoologische Material. Auch hier seien nur wenige Beispiele wahllos herausgegriffen: Flügel von Schmetterlingen, Insektenaugen (höchst eindrucksvolle Bilder!), kleine Federn, Schalenbildungen von Mollusken, Hartgebilde der Echinodermen und Knochen [6]). Ein gewöhnliches Falzbein zum Beispiel, das man an der Oberfläche mit etwas roter Tinte oder Stempelfarbe angefärbt hat, zeigt die Knochenstruktur oft besser als mühsam und langwierig hergestellte Dünnschliffe.

[6]) Man sägt mit der Laubsäge eine etwa 1 cm dicke Scheibe aus einem Röhrenknochen und färbt sie auf der einen Schnittfläche leicht an, zum Beispiel mit Stempelfarbe; dann Untersuchung.

Von allen Methoden mikroskopischer Lebendbeobachtung ist die im Auflicht bei verhältnismäßiger Einfachheit die eleganteste. Zu empfehlen ist zum Beispiel die Mikroskopie des Blutkreislaufs am Frosch, an Salamanderlarven, kleinen Fischen, am Rückengefäß des Mehlwurms usw. Aber auch die Lebenduntersuchung der Haut mit ihren Pigmenten, des Dottersacks und der Iris kleiner Tiere sowie ganzer Embryonen unter dem Auflichtmikroskop ist sehr lehrreich.

Besonders eindrucksvoll ist die Beobachtung der Hautkapillaren[7]) am eigenen Körper. Man untersucht die Gefäßschlingen der Haut des Nagelfalzes am Ring- oder Kleinfinger. Für mittlere Vergrößerungen (Objektiv 3) genügt die Beleuchtung durch eine kleine Glühlampe von der Seite her, wie oben beschrieben wurde. Bei stärkeren Vergrößerungen verwendet man den Opakilluminator oder den Ultropak, der die schönsten Bilder gibt. Durch einen Tropfen Öl oder Glyzerin auf die zu untersuchende Stelle hellt man das über den Kapillaren liegende Gewebe etwas auf und erreicht gleichzeitig eine optische Einebnung der Oberfläche.

Zusammenfassend kann man folgende Vorzüge der Auflichtmikroskopie aufzählen: Einfachheit der Untersuchung, d. h. keine oder nur geringfügige präparative Vorarbeit, wirklichkeitsnahe Abbildung infolge erhöhter Plastik und der natürlichen Farben, daher besseres Verständnis für die Struktur- und Lageverhältnisse des Objekts, also im ganzen eine überaus wertvolle Ergänzung der Durchlichtmikroskopie zum Verständnis des Schnittpräparates. Unterrichtlich wertvoll ist schließlich die Tatsache, daß die Mikroskopie im auffallenden Licht namentlich dem Anfänger und dem manuell weniger Geschickten eher Erfolge seiner Arbeit verspricht und ihm rascher die Freude am Mikroskopieren verschafft als die Untersuchung im durchfallenden Licht, die stets eine mehr oder weniger umständliche Vorbehandlung der Objekte verlangt.

Die interessanten optisch-physikalischen Verhältnisse bei der Auflichtmikroskopie habe ich absichtlich unerwähnt gelassen; ebenso unterblieb die Scheidung in Hellfeld- und Dunkelfeld-Auflicht sowie die Verwendung von ultraviolettem Licht für Fluoreszenzmikroskopie. Für eingehendere theoretische und praktische Beschäftigung mit diesen Dingen seien daher zum Schluß noch einige Literaturhinweise angefügt:

EICHLER, P., Ein einfacher U.V.-Strahler für Lumineszenzanalyse und Fluoreszenzmikroskopie. Ztschr. f. math. u. naturw. Unterr. 65. Jg. 1934, H. 3.

HAUSER, F., Anwendungen der Auflicht-Mikroskopie unter Berücksichtigung der Oberflächenprüfung. T. Z. f. prakt. Metallbearbeitung, 47. Jg. 1937.

DERS., Das Arbeiten mit auffallendem Licht in der Mikroskopie, Mikro- und Makrophotographie. In: ABDERHALDEN, Hdbch. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. II, Teil 3, S. 3717—3849. Berlin 1938.

DERS., Beleuchtung im durch- und auffallenden Licht. Zeiß-Nachrichten 3. Folge, H. 1—5. Jena 1939.

DERS., Über die Struktur von Preßglasoberflächen. Zeiß-Nachrichten 3. Folge, H. 7 u. 8. Jena 1940.

HEINE, H., Der Ultropak. Ztschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. 48, H. 4. 1931.

JAENSCH, W., Die Hautkapillarmikroskopie am Lebenden. In: ABDERHALDEN, Hdbch. d. biol. Arbeitsmethoden, Lfg. 319. Berlin 1930.

LANGENBRUCH, Die Strukturuntersuchung bei der gerichtlichen Schriftvergleichung. Zentralbl. f. Graphologie, 2. Jg. 1932, H. 5.

SCHMIDT-BONN, W. J., Über die Untersuchung tierischer Hartsubstanzen mit dem Opak-Illuminator. Mitteil. d. Leitz-Werke Nr. 18.

STAAR, G., Über kriminalistische Schriftuntersuchung im Auflicht-Dunkelfeld und -Hellfeld. Zeiß-Nachrichten 2. Folge, H. 2. Jena 1936.

VONWILLER, P., Lebenduntersuchungen im auffallenden Licht. In: PÉTERFI, T., Methodik d. wiss. Biologie, Bd. I. Berlin 1928.

DERS., Über Ultropakmikroskopie. Verhandl. d. Schweizer. Naturf. Ges. La Chaux-de-Fonds 1931.

DERS., Über den heutigen Stand der Mikroskopie im auffallenden Licht. Ztschr. f. wiss. Mikroskopie. 49. Bd. 1932.

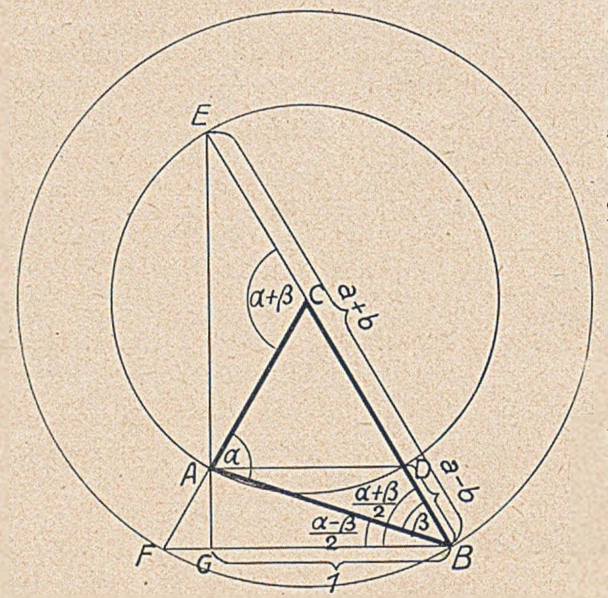
Zeiß-Nachrichten 1. Folge, H. 1—10. Jena 1932—36 (enthält verschiedene Arbeiten zur Auflichtmikroskopie, mit schönen Mikrophotogrammen).

[7]) Genaueres über Kapillaroskopie vgl. EICHLER, P., Menschenkunde. Leipzig 1933, S. 100 ff.

Ein einfacher Beweis des Tangenssatzes.

Von OTTO PILGER in Saarbrücken.

Zu den Ausführungen in Heft 10, 1937, über die „Unmittelbare Herleitung für die Tangensformel der ebenen Trigonometrie“ von JOS. E. HOFMANN in Nördlingen bringe ich folgende Ergänzung.



Um den Eckpunkt C des Dreiecks ABC beschreibt man mit b und a Kreise und erhält die gleichschenkligen Dreiecke ADC und FBC. Man zieht noch EAG. Die übrigen Beziehungen sind aus der Abbildung leicht zu erkennen. Wir setzen GB = 1. Dann ist

$$AG = \operatorname{tg}\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$EG = \operatorname{tg}\frac{\alpha+\beta}{2}.$$

Es ist dann $\frac{EG}{AG} = \frac{a+b}{a-b}$ und damit also aus der Figur unmittelbar abzulesen

$$\frac{\operatorname{tg}\frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\alpha-\beta}{2}} = \frac{a+b}{a-b}.$$

Das kontinuierliche Spektrum.

Von OTTO SÄTTELE in Ulm/Donau.

Bei der Behandlung der Spektren im Unterricht wird meist nur auf die verschiedenen Arten eingegangen, es wird das kontinuierliche Spektrum des Kohlebogens gezeigt und darauf hingewiesen, daß es sich um das Spektrum glühender fester Körper handelt, es wird das Hellinienspektrum mittels gefüllter Kohlen oder noch besser mit Hilfe der mehr und mehr eingeführten Quecksilberdampflampe gezeigt und das als Spektrum glühender Gase bezeichnet, dann wird die Umkehrung der Natriumlinie auf irgendeine der bekannten Arten vorgeführt, wobei vorwiegend heute die Natriumdampflampe in der Anordnung nach Ubl. 1940, S. 260; 1934, Nr. 7 benützt wird. Dieser Versuch gibt Anlaß zur Erörterung des Dunkellinienspektrums und zum Hinweis auf die Bildung der Fraunhoferschen Linien. Vielleicht wird noch ein Bandenspektrum in Emission mit Hilfe gefüllter Entladungsröhren gezeigt, aber damit ist meist alles gemacht. Auf die Zusammenhänge der drei Spektren: Linien-, Banden- und kontinuierliches Spektrum wird nicht eingegangen, obwohl zum Beispiel bei aufmerksamen Schülern, die mit Hilfe eines einfachen Spektroskops die Fraunhoferschen Linien der Sonne betrachten und dabei das überaus kräftige Kontinuum der Sonne bewundern, zweifellos Bedenken entstehen müssen, wenn das Kontinuum nach obigem den festen glühenden Körpern zugeschrieben wird. Die stiefmütterliche Behandlung des kontinuierlichen Spektrums, die niemals durch das Experiment bedingt ist, denn im Versuch und im Leben überhaupt tritt ja dieses viel leichter und viel stärker in Erscheinung als das diskontinuierliche Spektrum, ist aber nicht nur allein im Unterricht festzustellen, sondern ebenso in der Forschung. Der Grund liegt einmal in der viel leichter auszuführenden Wellenlängenmessung einzelner Spektrallinien, gegenüber Intensitätsmessungen bei kontinuierlichen Spektren, zum andern aber darin, weil die theoretische Deutung des Banden-bzw. kontinuierlichen Spektrums viel größeren Schwierigkeiten begegnete als die der Linienspektren. Gerade der letztere Grund macht die fortschreitende Erforschung vom Linien- zum Banden- und zum kontinuierlichen Spektrum begreiflich. Es hat sich dabei ja auch gezeigt, daß bei der Behandlung des Linienspektrums das klassische Modell von Niels Bohr im wesentlichen ausreichte, daß aber dieses Modell die Vorgänge bei den Banden und noch mehr beim Kontinuum nicht mehr erklären ließ, daß mehr und mehr Zusatzforderungen nötig wurden und daß schließlich das Modell überhaupt versagte. Erst durch die wellenmechanische Auffassung wurde man den Schwierigkeiten gerecht.

Es soll nun nicht der Zweck dieser Zeilen sein, ausführlich über die verschiedenen Arten der Spektren oder über ihre theoretische Erfassung zu berichten, sondern sie dienen als Beitrag zu einer vertiefteren Auffassung und Behandlung der Zusammenhänge, wie sie etwa in einer Arbeitsgemeinschaft (AG.) behandelt werden können. Man kann dagegen einwenden, daß dieses Gebiet viel zu speziell ist und daß es für den Unterricht gar nicht in Frage kommen kann, schon einfach deshalb, weil man keine Zeit dazu hat. Dem kann entgegengehalten werden, daß es die Aufgabe des Physikunterrichts ist, klare Einblicke in die Zusammenhänge des Naturgeschehens zu vermitteln (Lehrpl. S. 173, 2. Abschn. u. S. 177, Ziff. 2). Daß es aber mit Aufgabe der AG. ist, den Jungen tiefer schürfen zu lassen, daß er selbst Freude an der Forschung bekommt, daß er letzten Endes seine persönliche Neigung erkennt und dem Beruf zugeführt wird, in dem er wertvolles für sein Volk leisten wird (Lehrpl. S. 174, Z. 2). Wird weiter bedacht, daß die Untersuchung der spektralen Eigenschaften glühender Stoffe dazu geführt hat, immer neue und bessere Beleuchtungskörper zu schaffen, Beleuchtungskörper, die eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweisen, die eine Verschönerung der Arbeitsplätze herbeiführen, die bei der Luftabwehr nächtlicher Bombenflieger unentbehrlich sind und die als deutsche Erzeugnisse in der übrigen Welt eine führende Stellung einnehmen, so erscheint die Behandlung dieses Stoffes in der AG. sicherlich mehr berechtigt als eine zu weitgehende Behandlung von Empfangs- und Sendeapparaten elektrischer Wellen, die Professor Gerlach anläßlich seines Vortrages bei der ersten Tagung des Reichssachgebiets Mathematik und Naturwissenschaft im NSLB., München, als Bastelkrankheit bezeichnet hat. Man kann weiter entgegenhalten, daß die Schulen meist nicht über die erforderlichen Apparate verfügen, dies ist nicht richtig; so wurden im vergangenen Jahr, als noch die Behandlung der Wellenoptik vor der Elektrizitätslehre vorgeschrieben war, im Rahmen der AG. einige Gesetzmäßigkeiten der Spektrallinien auf Grund von Versuchen zusammengestellt (siehe Ubl. 32, 77, 102/1926 — Mahler, Über die Gesetze des optischen Spektrums, und aus Unterricht und Forschung 3, 111, 1931 — Sättele, Das Problem der Sonnenatmosphäre im Lichte der Atomphysik); als Spektralapparat diente eine einfache Gitterkopie, wie sie von jeder Firma für physikalische Apparate bezogen werden kann und wie sie in Württemberg von Oberregierungsrat Dr. Köstlin hergestellt wurde. Zur Ausmessung wurde ein Ablesefernrohr mit Gradbogen benützt, so daß der Fehler in den höheren Ordnungen nicht 1% betrug. Im folgenden soll nur auf die Entstehung der Banden- (Viellinienspektren) und der kontinuierlichen Spektren eingegangen werden. Zugrunde liegt folgendes Schrifttum: Schäfer-Matossi, Das ultrarote Spektrum, Struktur der Materie, Bd. X; Stuart, Molekülstruktur, Struktur der Materie, Bd. XIV; Finkelnburg, Kontinuierliche Spektren, Struktur der Materie, Bd. XX, 1938, Verlag Springer, Berlin, sowie Aufsätze aus der Zeitschrift „Physik" in regelmäßigen Berichten, Verlag Barth, Leipzig.

1. Überblick über die Bildung von Spektren.

Man unterscheidet im Atom, das aus Kern und der Elektronenhülle besteht, verschiedene Energiestufen. Man spricht vom Grundzustand und den angeregten Zuständen, diese sind als stationäre Zustände zu bezeichnen, jedem Zustand entspricht eine ganz bestimmte Energiestufe. Nach der klassischen Theorie von Niels Bohr handelt es sich um kreisförmige oder elliptische Bahnen des Leuchtelektrons, ein Übergang zur nächsten Energiestufe bedeutet nach der klassischen Theorie ein Hinaufheben des Leuchtelektrons auf die nächstfolgende Bahn. Nach der wellenmechanischen Auffassung liegt eine Umordnung der Elektronenhülle vor, jeder Energiestufe entspricht eine ganz bestimmte Anordnung der Elektronen. In jeder Energiestufe weist das Atom einen ganz bestimmten Betrag an potentieller Energie auf. Ein Hinaufheben auf die nächste Energiestufe bedeutet aber eine Zuführung von Energie, wird diese in Form von Strahlung zugeführt, so wird die diesem Übergang entsprechende Energiedifferenz der Strahlung entnommen, es entsteht also an dieser Stelle eine Absorptionslinie; wird auf eine kernnähere Energiestufe zurückgegangen, so wird dieser Energiebetrag frei, es tritt an der Stelle des Spektrums eine helle Linie auf. Nun kann aber so viel Energie zugeführt werden, daß ein Elektron aus dem Atomverband befreit wird, der Übergang entsteht an der Seriengrenze, man spricht von Ionisation; geschieht diese Ionisation durch Strahlung, so spricht man von Photoionisation. Ein solches Atom, das nun durch das fehlende Elektron als ionisiert bezeichnet wird, ist elektrisch nicht mehr neutral. Seine Energie setzt sich demnach zusammen einmal aus der potentiellen Energie des Atomrestes (Kern und Elektronhülle) und dem veränderlichen Betrag kinetischer Energie des aus dem Verband entfernten Elektrons. Einen solchen Zustand nennt man im Gegensatz zum stationären Zustand einen freien Zustand. Nach der alten Auffassung bewegt sich das freie Elektron nunmehr in Parabel- oder Hyperbelbahnen. Nach der Modellvorstellung sind also folgende Übergänge zu erwarten: 1. Übergänge zwischen stationären (diskreten) Zuständen, 2. Übergänge zwischen stationärem und freiem Zustand (früher elliptisch-hyperbolische Übergänge), 3. Übergänge zwischen freien und freien Zuständen (früher hyperbolisch-hyperbolische Übergänge). Den Übergängen der ersten Art entspricht ein diskreter Energiebetrag, es bildet sich also ein ausgeprägtes Linienspektrum aus, und zwar im Falle der Photoionisation das Absorptionsspektrum, erfolgt der Übergang in umgekehrter Richtung, das heißt im Sinne des Einfangens des Elektrons, so tritt das Helllinienspektrum auf, man spricht von der Wiedervereinigung oder der Rekombination. Dem Übergang der zweiten Art entspricht aber infolge der stetig veränderlichen Beträge an kinetischer Energie ein kontinuierliches Spektrum an der entsprechenden Seriengrenze, man spricht von Serienkontinua, dieses kontinuierliche Spektrum tritt in Absorption oder Emission auf, je nachdem, ob es sich um Photoionisation oder um Wiedervereinigung handelt. Der Übergang der dritten Art bedeutet, daß das Elektron um positive Ionen einen Teil seiner kinetischen Energie abgibt oder aufnimmt, es entsteht ein kontinuierliches Spektrum, das nicht an eine Seriengrenze gebunden ist. Die Wellenlängen der diskreten Linien sind durch die Beziehung

$$E_2 - E_1 = h\,c/\lambda = h\,c\,\nu \tag{1}$$

bestimmt, im Falle eines kontinuierlichen Grenzspektrums gilt

$$E_{kin} = h\,c\,(\nu - \nu_G), \tag{2}$$

wobei die Grenze von der Ionisierungsenergie $E_G = hc\nu_G$ abhängt, im dritten Falle der frei-freien Übergänge besteht die Elektronenenergie aus kinetischer Energie allein, es gilt

$$h\,c\,\nu = E_1 - M_2 = \frac{m}{2}\,(v_1^2 - v_2^2), \tag{3}$$

das heißt die Frequenz bzw. die entsprechende Wellenlänge ist allein von der Anfangs- bzw. der Endgeschwindigkeit abhängig. In den Modellen bedeutet also ein langer Pfeil eine große Frequenz bzw. kurze Wellenlänge. Handelt es sich um Übergänge des äußeren Elektrons (Leuchtelektron), so liegen die Gebiete im Sichtbaren, handelt es sich um Elektronen der inneren Schalen, so liegt das Gebiet im Bereich der Röntgengebiete. Die bisher erörterten Vorgänge sind als Atomionisationsspektren zu bezeichnen. Sie treten ebenfalls in Molekülen auf, nur ist dabei zu beachten, daß im Molekül zu den Elektronenzuständen die der Schwingung und Rotation hinzutreten. Es gilt also

$$E = E_{el} + E_s + E_r, \tag{4}$$

wobei E_{el} die Energie der Elektronenbewegung, E_s die der Kernschwingungen, E_r die der Rotation der Kerne ist. Die auf Grund der Ionisation entstehenden Spektren sind in diesem Falle statt mit Linien- mit Bandenspektren verknüpft. Andererseits ist zu beachten, daß die Loslösung von Elektronen nicht allein Ionisation zur Folge haben kann, sondern eine Auflockerung des Moleküls nach sich ziehen wird, also eine Dissoziation, eine Spaltung des Moleküls bedingen wird. Das heißt, daß grundsätzlich auch beim Molekül die oben angegebenen kontinuierlichen Ionisationsspektren möglich sind, daß sie aber selten sein werden, vor allem bei zweiatomigen Molekülen, sie werden eher bei mehratomigen Molekülen aufzufinden sein. Zu den Übergängen der dritten Art sind die kontinuierlichen Spektren zu rechnen, die als Elektronenbremsstrahlung zu bezeichnen ist. Am frühesten bekannt und am eingehendsten untersucht ist das Röntgenbremsspektrum. Das kurzwellige Ende des Spektrums ist durch das Duane-Huntsche Gesetz

$$\nu = m v^2/2 h c \tag{5}$$

bestimmt, der Wirkungsgrad, das heißt der Quotient aus Energie der Bremsstrahlung (kinetische Elektronenenergie) und der Energie der einfallenden Kathodenstrahlung ist

$$\eta = \text{const}\, Z\, V, \tag{6}$$

dabei ist Z die Ordnungszahl des Elements und V die Voltgeschwindigkeit der Elektronen. Beim Übergang von (5) nach (6) wurde die Energiebeziehung

$$eV = \tfrac{1}{2} m v^2 \tag{7}$$

benützt. Das heißt das Elektron mit der Ladung e, das einem Spannungsgefälle von V Volt unterliegt, besitzt die kinetische Energie $\frac{1}{2} m v^2$. Es ist gebräuchlich, an Stelle der Geschwindigkeit v des Elektrons die Energie in Elektronenvolt oder Voltelektronen (e V) anzugeben. So ergibt bei Elektronenstoß des Hg-Atoms im Grundzustand bei Zuführung einer Energie von 4,9 Elektronenvolt eine Spektrallinie von $\lambda = 2537$ A, wie aus der Beziehung folgt.

$$E = h\nu = h c/\lambda = eV \tag{8}$$

$$\lambda = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{4{,}9 \cdot 1{,}59 \cdot 10^{-19}}\,\text{cm} \qquad h = 6{,}55 \cdot 10^{-34}\ \text{Wattsec}$$

$$= 2{,}52 \cdot 10^{-5}\,\text{cm} = 2520 \cdot 10^{-8}\,\text{cm} \qquad c = 3 \cdot 10^{10}\ \text{cm/sec}$$

$$\lambda = 2520\ \text{A}. \qquad e = 1{,}59 \cdot 10^{-19}\ \text{Ampsec}$$

In einer Röntgenröhre bei 40000 Volt Spannung wird das Elektron eine Geschwindigkeit erhalten, daß das kurzwellige Bremskontinuum entsprechend der Formel (8) bei

$$\lambda = \frac{6{,}55 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{1{,}59 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{4}} = 3 \cdot 10^{-9}\,\text{cm}$$

zu erwarten ist. Der Wirkungsgrad ist für Silber ($Z = 47$) entsprechend Formel (6) $\eta = \text{const} \cdot 47 \cdot 4 \cdot 10^4$ (gegenüber der obigen Energie von 4,9 Elektronenvolt ein unvergleichlich hoher Wert).

Es folgt also aus diesen Berechnungen, daß für sehr langsame Elektronen (kleine Spannungen) das Spektrum in das Gebiet längerer Wellen fällt, daß aber der Wirkungsgrad und damit die Beobachtungsmöglichkeit außerordentlich gering wird. Diese Erscheinung wird zum Beispiel als Detektorleuchten beobachtet.

Zum Verständnis der Molekülkontinua bedient man sich an Stelle des Termschemas der Atome der Potentialkurve als Funktion des Kernabstands. So wie beim Atom die Aufstellung eines Termschemas notwendig ist für das Verständnis des Linien- und kontinuierlichen Spektrums, so gilt es, beim Molekül die Potentialkurve zu ermitteln. Man kann sich dies folgendermaßen überlegen: handelt es sich beim Molekül um zwei Ionen, wie etwa bei NaCl, so werden sich in genügend großem Abstand die beiden nach dem COULOMBschen Gesetz anziehen, also ist das Potential $U = -e^2/r$, bei einem bestimmten Abstand muß jedoch eine Abstoßung eintreten, da sonst beide Kerne zusammentreffen würden. In der Gleichgewichtslage müssen sich beide Kräfte das Gleichgewicht halten. Die Abstoßungskraft wird von der Form sein $U = + a e^2/r^n$. Das Potential erhält also folgende Form

$$U = -\frac{e^2}{r} - \frac{a \cdot e^2}{r^n}. \tag{9}$$

In Funktion vom Kernabstand erhält man die Potentialkurve der Abb. 1. Auf Grund der Vorstellung der Wellenmechanik mit der Ladungswolke des Atoms und der gegenseitigen Durchdringung der Ladungswolken beim Molekül ist eine Trennung nach anziehenden und abstoßenden Kräften nicht mehr erforderlich. Obige Potentialkurven lassen sich dann aus den Ladungsverteilungen der Ionen, die bei der Bindung der Moleküle verantwortlich sind, ermitteln. Bei der Berechnung der Potentialkurven sind also beim Molekül folgende Beträge in Rechnung zu stellen:

1. die Elektronenhülle, die beide Kerne umgibt,
2. der Abstand der Kerne (Kernschwingung),
3. die Lage der Verbindungslinie der Kerne (Rotation des Systems um eine Achse senkrecht zur Verbindungslinie der Kerne).

Die den einzelnen Zuständen entsprechenden Energien werden dabei in keiner Weise voneinander unabhängig sein. Das Potential ist also für jeden Zustand völlig verschieden. Im wesentlichen wird es unter diesen Verhältnissen drei Gruppen von Potentialkurven geben (siehe Abb. 2):

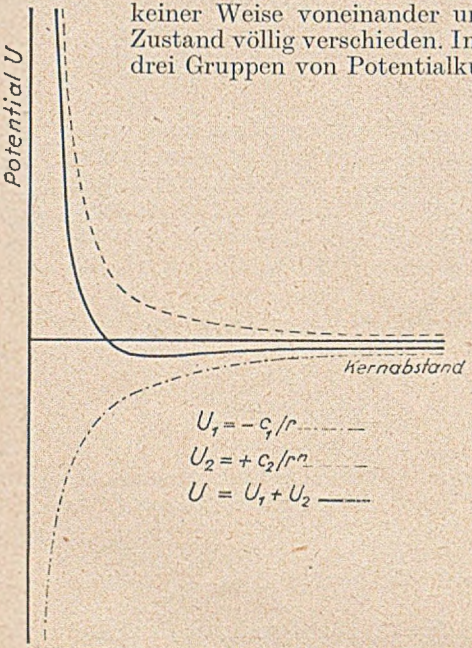


Abb. 1.

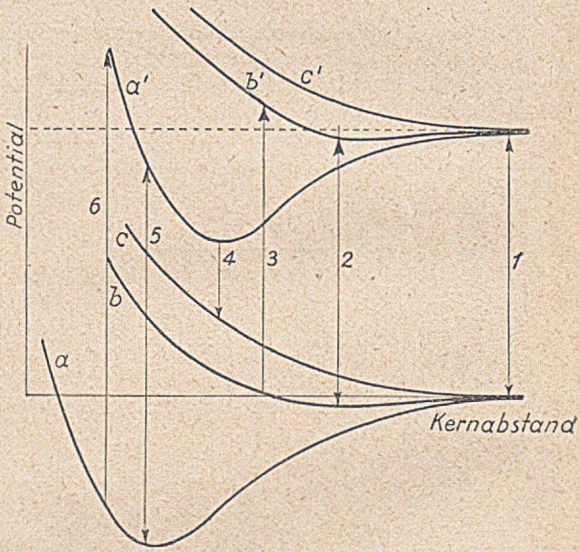


Abb. 2.

a) für echte zweiatomige Moleküle, die in chemischem Sinne valenzmäßig gebunden sind. In diesem Fall ist die Dissoziationsenergie groß, die Kurve wird bei bestimmtem Kernabstand ein tiefes Minimum, also beträchtliche negative (Bindungs-) Energie aufweisen. Das Molekül ist stabil;

b) für chemisch neutrale Atome (Grundzustand des Quecksilbermoleküls), für die keine Valenzbindung möglich ist, ist die Bindung gering und damit die Energieerniedrigung, das bedeutet, daß die zugehörige Potentialkurve ein flaches Minimum aufweist;

c) wenn überhaupt keine negativen Energiewerte möglich sind, so befindet sich das Molekül in einem freien Zustand positiver kinetischer Energie. Man bezeichnet ein solches Molekül, in dem also die abstoßenden Kräfte stets überwiegen, als Stoßpaar.

Nun ist wieder das Spektrum bestimmt durch den Übergang eines Molekülzustands in einen andern. Betrachtet man die Potentialkurven eines Moleküls im Grundzustand (a, b, c) und in einem angeregten Zustand (a', b', c') der Abb. 2 und beachtet man, daß die Umordnung innerhalb der Elektronenhülle infolge der kleinen Elektronenmassen sich so rasch vollzieht, daß sich dabei der Kernabstand nicht ändert, so entsprechen, wieder wie in einem Termschema eines Atoms, Pfeile senkrecht nach oben Absorptionslinien bzw. nach unten Emissionslinien. Man kann also aus solchen Potentialkurven folgende Verhältnisse ablesen. Der Übergang 1 gibt je nach Richtung Emissions- oder Absorptionslinien des Atoms. Übergang 2 zwischen chemisch neutralen Molekülen in stabilen Zuständen gibt ein enges Bandensystem infolge der ähnlichen Neigungen der Kurven. Übergang 3 zwischen stabilem und freiem Zustand gibt ein kontinuierliches Absorptionsspektrum mit geringer Breite infolge der nahezu gleichen Neigungen. Übergang 4 vom Minimum des angeregten Moleküls zum Zustand positiver Energie gibt ein kontinuierliches Emissionsspektrum mit großer Breite im langwelligen Gebiet (kurzer Pfeil). Übergang 5, in Emission und Absorption dargestellt, bildet ein Bandenspektrum, da es sich um Übergänge zwischen stabilen Zuständen handelt. Banden deshalb, weil es sich bei benachbarten Pfeilen, im Gegensatz zum Termschema beim Atom, um verschiedene Längen handelt. Diesem Bandensystem schließt sich ein kontinuierliches Spektrum an, das durch Pfeil 6 dargestellt ist, auch dieses zeigt geringe Ausdehnung infolge der nahezu gleichen Neigung der Kurven. Diese Grenze zwischen Bandenspektrum und kontinuierlichem gibt aber die größte Energie an, die das Molekül aufnehmen kann, als Maß für die Dissoziationsenergie sehr wichtig. Die verschiedenen Typen, Aussagen über Intensitäten, führen hier zu weit, es muß auf Finkelnburg, S. 143 und 150, verwiesen werden, bzw. Stuart, Molekülstruktur, S. 354—356.

2. Beobachtungsmöglichkeiten von kontinuierlichen Spektren.

Es sollen nur die angeführt werden, die für die Schule in Frage kommen, vollständige Übersichten sind bei Finkelnburg behandelt. Bei Bogenentladungen tritt bei Verunreinigung mit Bor ein intensives Kontinuum in der Aureole zwischen λ 6400 und λ 3700 Å auf, mit verschiedenen Maxima, wobei das intensivste im Grünen liegt. Beim Kontinuum des Bogens selbst wird es sich um glühende Kohlenteilchen als Träger und um ein Rekombinationsspektrum handeln. In der Quecksilberdampflampe bei niedrigem Druck treten Atomgrenzkontinua auf bei λ 4580 und λ 3320 Å, bei hohen und höchsten Drucken (25—200 Atm.). — Elektronenbremsstrahlung und Wiedervereinigung. Bei gewissen Natriumdampflampen treten vorwiegend Grenzkontinua auf mit den langwelligen Grenzen (8144, 4085 und 2412). Bekannt sind die kontinuierlichen Emissionsspektren der Flammen, dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden, einmal Temperaturflammen, bei denen das Spektrum von der Temperatur und dem Ionisierungsgrad der Flammengase abhängt und zum andern Chemilumineszenskontinua, die durch eine chemische Reaktion entstehen. Zu den ersteren gehören die Spektren der Bunsenflamme bei Zusatz eines Alkalisalzes, es handelt sich um Nebenserienkontinuen. Als Beispiele für den zweiten Fall mag angegeben werden: die in Sauerstoff brennende CO-Flamme (von 5800 bis 3000 Å), die Flamme des Schwefels und des Schwefelwasserstoffs (Maximum im Grün-Blauen).

Das kontinuierliche Spektrum der Sonne entsteht durch frei-freie Übergänge der freien Elektronen, welche in die Anziehungssphäre der Ionen und Atome kommen, die Absorptionsspektren durch Photoionisation. An jeder Grenze einer Serie sollte ein Absorptionsgrenzkontinuum zu beobachten sein, wenn diese Kanten nicht zu beobachten sind, so liegt es daran, daß sie verschmiert werden, wofür eine Reihe von Gründen anzugeben ist, so der Starkeffekt und Vorionisation.

Daß das Emissionskontinuum der Sterne dem der festen glühenden Stoffe gleicht, das heißt, daß es sich um Temperaturstrahlung handelt, die nicht von den Anregungsbedingungen abhängt, sondern allein von der Temperatur, rührt daher, daß man es bei Sternatmosphären mit sehr starken Schichtdicken zu tun hat, so wie man es bei festen Körpern mit sehr dichter Packung der Atome bzw. Moleküle zu tun hat.

Mathematische Aufgaben zur wehrgeistigen Erziehung.

Von SIGMUND FRÖHNER in Mannheim.

Die unvergleichlichen Leistungen und Erfolge unserer Wehrmacht in dem uns aufgezwungenen Kriege wecken bei unseren Schülern helle Begeisterung. Die großen geschichtlichen Ereignisse erfahren in erster Linie im Deutschunterricht, in Geschichte, Erdkunde und den Fremdsprachen ihre unterrichtliche und erzieherische Auswertung. Auch der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht muß an dem großen Geschehen lebhaften Anteil nehmen und jede sich bietende Gelegenheit zur wehrgeistigen Erziehung und Schulung ergreifen.

Diesem Zweck sollen die nachfolgenden mathematischen Aufgaben dienen, die der nahen Wirklichkeit entnommen sind und Stoffe behandeln, die zur heutigen Ausbildung des Soldaten gehören.

Behelfsmäßiges Messen.

1. Abschreiten.

Wenn im Felde geeignete Meßwerkzeuge nicht zur Stelle sind, muß der Soldat verstehen, mit den einfachsten Hilfsmitteln Messungen durchzuführen.

Zur rohen Bestimmung von Längen bis zu 300 m dient das Abschreiten. Deshalb muß jeder Soldat seine Schrittlänge genau kennen. Das abzuschreitende Gelände soll eben sein. Beim Abschreiten zählt man Doppelschritte. Zur höheren Genauigkeit schreitet man die Strecke zweimal ab, hin und zurück, und nimmt das Mittel aus beiden Werten.

a) Wie groß ist die Schrittlänge, wenn auf 100 m (gemessene Strecke) $62\frac{1}{2}$ Doppelschritte fallen? Lösung: 80 cm.

b) Beim Abschreiten einer Strecke zählt man auf dem Hinweg 168, auf dem Rückweg 167 Doppelschritte. Wie lang ist ungefähr die Strecke bei einer Schrittlänge von 80 cm? Lösung: 268 m.

c) Bestimme deine Schrittlänge nach Aufgabe a) und führe nach Aufgabe b) Streckenmessungen im Gelände aus.

2. Loten.

Zum behelfsmäßigen Abstecken rechter Winkel und zum rohen Loten benützt der Soldat die rechtwinkligen Kanten eines Buches oder Bretts. Im Notfall kann aus einem Stück Papier durch zweimaliges Falten ein rechter Winkel schnell hergestellt werden.

a) Stecke im Schulhof oder im Gelände auf diese Weise rechte Winkel ab. Ein Schüler hält das Buch oder Papier und visiert längs einer Kante. Ein zweiter Schüler zielt längs einer zur ersten senkrechten Kante. Nötig sind drei Fluchtstäbe.

3. Das rechtwinklig-gleichschenklige Dreieck.

Durch dreimaliges Falten eines Papiers stellt der Soldat im Notfall schnell und leicht ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck her. Er benützt es zur rohen Entfernungsmessung.

a) Abseits einer geraden Straße stehe ein Gegenstand (Baum, Leitungsmast), der wegen eines Hindernisses (Sumpf) unzugänglich ist. Messe seinen Abstand von der Straßenmitte, indem du mit einem Kameraden durch Visieren zwei Stellen der Straßenmitte suchst, an denen eine Kathete in die Straßenmitte zeigt und am einen Ort die andere Kathete, am anderen Ort die Hypotenuse nach dem

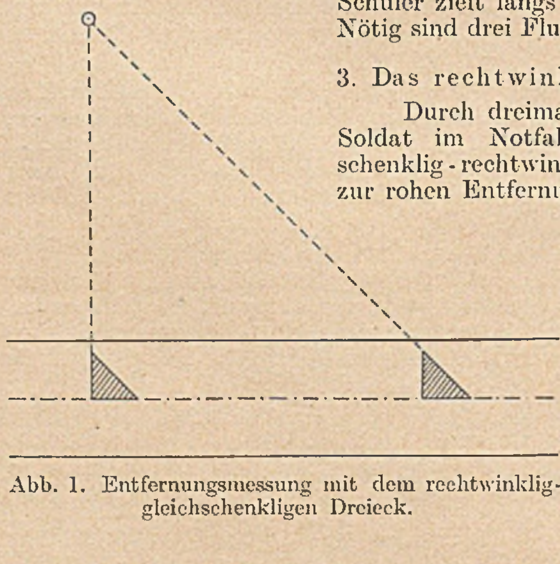


Abb. 1. Entfernungsmessung mit dem rechtwinklig-gleichschenkligen Dreieck.

Gegenstand weist (Abb. 1). Bestimme die Entfernung der beiden Straßenpunkte durch Abschreiten. Sie ist der gesuchte Abstand. (Warum? — Ähnlichkeit!)

4. Höhenmessung.

Um im Gelände die Höhe eines Punktes, dessen Fußpunkt zugänglich ist, mit einfachen Mitteln zu messen, kann man in einer gemessenen Entfernung CE vom Fußpunkt einen Stab lotrecht in die Erde stecken und vom Endpunkt B der gemessenen Entfernung BE nach dem Höhenpunkte A visieren. An der Stange wird der Punkt D des Zielstrahles festgelegt (Abb. 2).

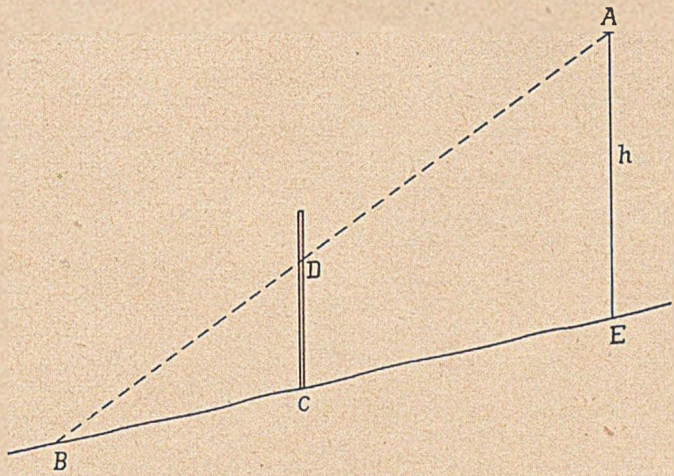


Abb. 2. Behelfsmäßige Höhenmessung.

Bestimme nun die Höhe AE = h nach dem Strahlensatz.

Lösung: $h : CD = BE : BC;$

$$h = \frac{BE \cdot CD}{BC}.$$

Führe solche Messungen im Gelände aus. Berücksichtige dabei deine Augenhöhe.

Winkelmessung bei der Wehrmacht.

5. Das Winkelmaß.

Beim Flakscheinwerfer, Ringtrichter-Richtungshörer, Richtkreis usw. werden Seiten- und Höhenwinkel nicht in Grad, Minuten und Sekunden gemessen, weil das zu umständlich wäre. Zur Messung der Seite wird der Vollwinkel in 6400 Strich (geschrieben 6400^{-}) geteilt, Höhenwinkel werden in $\frac{1}{16}$ Grad gemessen.

Erklärung der Strichteilung: In der Technik wird ein rechter Winkel in 100 Neugrade geteilt, die nun die Wehrmacht in je 16 gleiche Teile unterteilt. So hat ein rechter Winkel 1600^{-}, ein Vollwinkel 6400^{-}.

a) Wieviel Strich mißt ein Altgrad?
Lösung: $90° = 1600^{-}$; $1° = 17\frac{7}{9}^{-}$ = rund 18^{-}.

b) Wieviel Minuten und Sekunden sind 1^{-}?
Lösung: $1600^{-} = 90 \cdot 3600''$; $1^{-} = 3'\,22{,}5''$.

c) Wieviel Strich sind: 1. 27°; 2. 59°; 3. 132°; 4. 64° 25′; 5. 8° 42′?
Lösung: 1. 480^{-}; 2. 1049^{-}; 3. rund 2347^{-}; 4. 1145^{-}; 5. rund 155^{-}.

d) Rechne in Altgrade um: 1. 620^{-}; 2. 78^{-}; 3. 1235^{-}; 4. 134^{-}; 5. 827^{-}.
Lösung: 1. 34° 52′ 30″; 2. 4° 23′ 15″; 3. 69° 28′ 8″; 4. 7° 32′ 15″; 5. 46° 31′ 8″.

e) Wie weit verlegt eine Geschützrohrdrehung um 1^{-} das Feuer nach der Seite auf eine Entfernung von 1000 m?

Lösung: $\operatorname{tg} 1^{-} = \sin 1^{-} = \frac{x}{1000}$; $x = 0{,}98$ m; $x =$ rund 1 m.

f) Wie weit verlegt eine Geschützrohrdrehung von $\frac{1}{16}$ Grad das Feuer nach der Höhe auf eine Entfernung von 1000 m?

Lösung: $\operatorname{tg} \frac{1^\circ}{16} = \sin \frac{1^\circ}{16} = \frac{x}{1000}$; $x = 1{,}1$ m.

6. Berechnung des Seitenwinkels und der Zielentfernung.

Beim Schießen der Artillerie können Entfernungen und Winkel auf guten Karten mit dem Millimetermaßstab und dem Kartenwinkelmesser bestimmt werden.

Fehlen jedoch Karten, sind sie durch Schrumpfung und Verzerrung unbrauchbar geworden oder geht die Messung über den Kartenrand hinaus, so ist man auf Berechnung der Winkel und Entfernungen angewiesen.

Feuerstellung des Geschützes, Grundrichtungspunkt und Ziel seien durch ihre Rechts- und Hochwerte bekannt (Abb. 3).

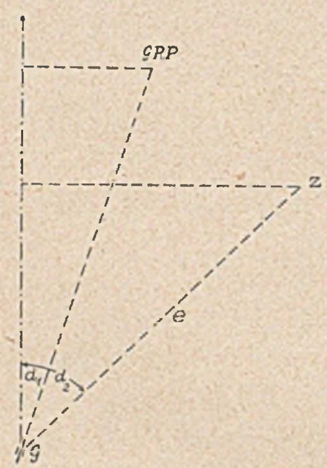


Abb. 3. Berechnung von Seitenwinkel und Zielentfernung.

Geschütz	$r_1 = 62446$	$h_1 = 15436$
Grundrichtungspunkt	$r_2 = 64736$	$h_2 = 17635$
Ziel	$r_3 = 65948$	$h_3 = 16927$

Da eine Karte nicht benützt werden kann, sollen der Seitenwinkel zwischen Grundrichtungspunkt und Ziel und die Zielentfernung berechnet werden.

Lösung:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{r_2 - r_1}{h_2 - h_1} = \frac{2290}{2199}; \quad \alpha_1 = 46^\circ\, 10'$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{r_3 - r_1}{h_3 - h_1} = \frac{3502}{1491}; \quad \alpha_2 = 66^\circ\, 56'$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 20^\circ\, 46'$$

$$1^\circ = 17\tfrac{7}{9}^{-}$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 369^{-}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{r_3 - r_1}{e}; \quad e = \frac{r_3 - r_1}{\sin \alpha_2} = \frac{3502}{\sin 66^\circ\, 56'};$$

$$e = 4210 \text{ m}.$$

Das Horchen gegen Flugziele.

7. Der Flugzeugschall.

Der vom Flugzeug ausgehende Schall besteht hauptsächlich aus dem Motorschall und dem Propellerschall. Der Flaksoldat muß im Horchen auf den Flugzeugschall besonders ausgebildet werden.

Flugzeugmotoren arbeiten im Viertakt, bei dem auf jede zweite Umdrehung der Kurbelwelle ein Auspuff kommt.

a) Welche Frequenz hat der durch die Auspuffstöße hervorgerufene Motorschall eines Flugzeugs, das mit einem 12-Zylinder-Motor mit 1800 Umdrehungen je Minute ausgestattet ist?

Lösung: 1800 U/min entsprechen $\frac{1800}{60}$ U/sec. Nur auf jede zweite Umdrehung fällt ein Auspuff. Bei 12 Zylindern sind das $\frac{1800 \cdot 12}{60 \cdot 2} = 180$ Auspuffstöße je Sekunde. Die Schallfrequenz beträgt demnach 180 Hz (Hertz).

b) Häufig übertönt der Propellerschall den Motorschall. Jedes Blatt der Luftschraube, das die Luft schneidet, erzeugt Änderungen des Luftdrucks, deren Zahl das Propellergeräusch hervorrufen.

Welche Frequenz hat der Propellerschall des in a) beschriebenen Flugzeugs, wenn der Propeller dreiflügelig ist?

Lösung: Die Frequenz des Propellerschalls ist $\frac{1800 \cdot 3}{60} = 90$ Hz.

Zu diesen Grundschwingungen kommen jedoch noch Oberschwingungen mit der 2- bzw. 3fachen usw. Frequenz.

c) Die deutsche Ju 52 ist mit 3 BMW-Hornet-Motoren ausgestattet. Das sind Sternmotoren mit 9 Zylindern und 2100 U/min. Die Luftschrauben haben 2 Blätter. Wie groß ist die Frequenz des Motor- und des Propellerschalls?

Lösung: Die gleiche Rechnung ergibt: Motorschall = 157,5 Hz, Propellerschall = 70 Hz.

d) Der deutsche Hirth-Motor HM 8 A ist 8-zylindrig und macht 3000 U/min. Die Luftschraube macht durch eine Zahnraduntersetzung nur 1930 U/min. Sie sei dreiflügelig. Berechne die Frequenzen des Motor- und des Propellerschalls.

Lösung: Siehe Aufgabe a) und b). Motorschall = 200 Hz, Propellerschall = 96,5 Hz.

e) Der französische Renault-Motor 18 Jbr, ein Flugmotor mit W-förmiger Zylinderanordnung, macht 2050 U/min. Wie groß ist die Frequenz seines Motorschalls?

Lösung: Motorschall = 307,5 Hz.

f) Der englische Bristol-Jupiter-Motor, Serie IV, ist ein 9-zylindriger Sternmotor mit 3900 U/min. Wie groß ist die Frequenz seines Motorschalls?

Lösung: Motorschall hat 292,5 Hz.

g) Der englische Siddeley-Panther-Motor ist ein Doppelstern-Motor mit 14 Zylindern und einer Umdrehungszahl von 2000 U/min. Wie groß ist die Frequenz seines Motorschalls?

Lösung: Motorschall hat 233 Hz. (Fortsetzung folgt.)

Induktionsversuche im Bereich hoher Frequenzen.

Von Karl Ippisch in Wien.

Für das Gelingen der Schauversuche aus dem Gebiet der ungedämpften elektrischen Schwingungen ist die Kenntnis der Größenordnungen der Zahlenwerte der zur Verwendung kommenden Induktivitäten und Kapazitäten unerläßlich. Diese Laboratoriumsarbeit — übrigens auch ein reichhaltiges Thema für Arbeitsgemeinschaften — kann schnell und bequem nach folgender Prinzipschaltung (Abb. 1) durchgeführt werden:

Auf einer Hartgummitrommel von rund 18 cm Durchmesser werden zwei Spulen P_1, P_2 mit je 10 Windungen und zwischen ihnen und symmetrisch zu diesen beiden Spulen eine dritte Spule S mit etwa 15 Windungen aufgebracht. Die Windungsenden der Spule S werden über einen kleinen Gleichrichter (Detektor) an ein empfindliches Galvanometer gelegt. In den Strompfad der Windungen P_1, P_2 werden die zu

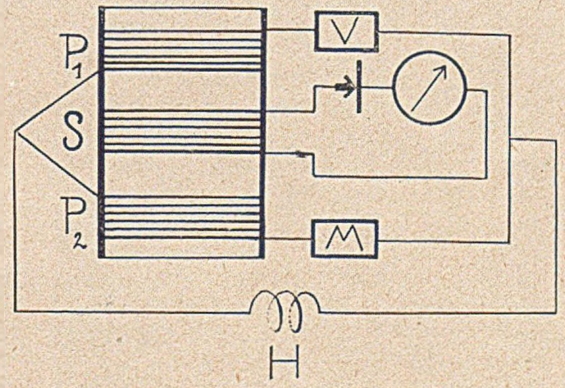


Abb. 1. Die Spule H ist mit der Schwingkreisinduktivität des Hochfrequenzgenerators (Abb. 5) zu koppeln. $P_1 = P_2 = 3{,}7 \cdot 10^{-5}$ Henry, $S = 7{,}9 \cdot 10^{-5}$ Henry.

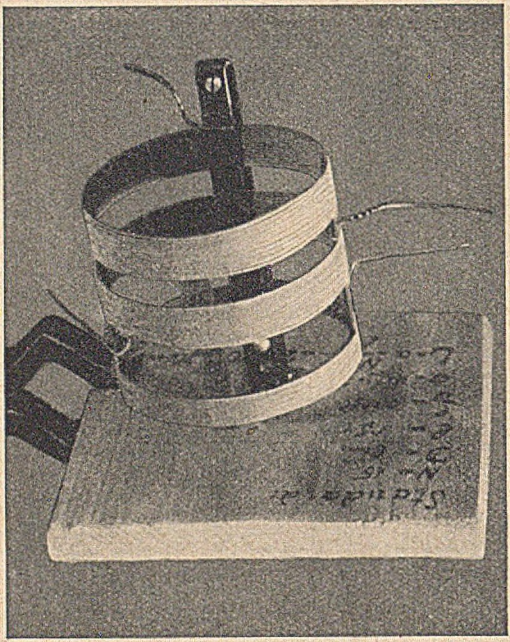


Abb. 2. Standardinduktivität. Die Induktivität der gleichbreiten Wicklungen $L = 2{,}8 \cdot 10^{-5}$ Henry.

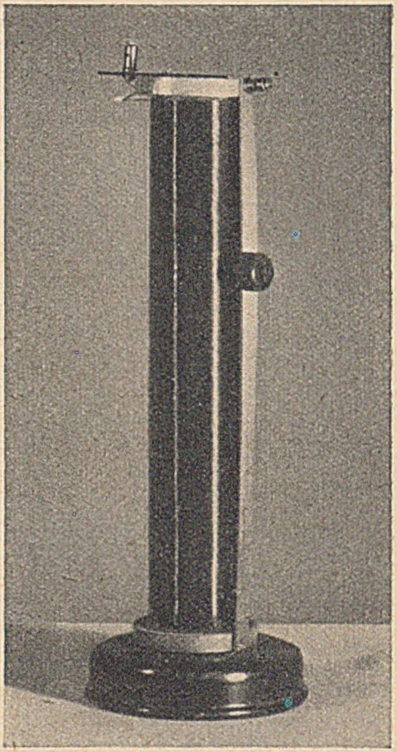


Abb. 3. Schiebespule.

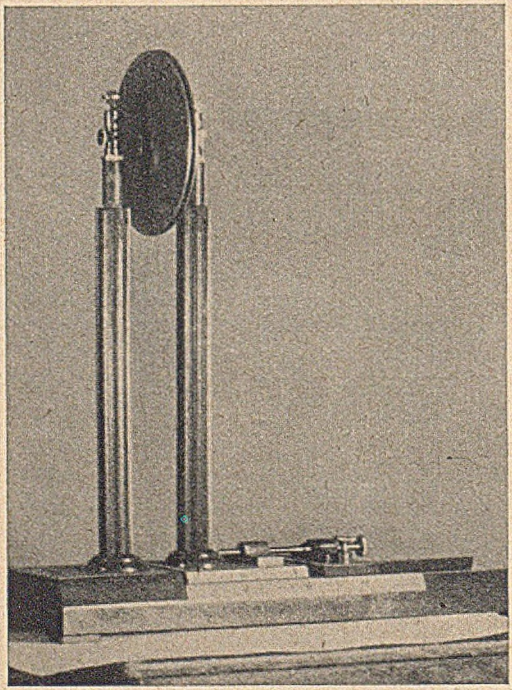


Abb. 4. Plattenkondensator.

messende Größe M (z. B. eine Kapazität oder Induktivität) und die Vergleichsgröße V (z. B. eine Standardkapazität oder eine Standardinduktivität) geschaltet. Wenn die aus dem Hochfrequenzgenerator H kommenden Hochfrequenzströme in beiden Primärwindungen P_1, P_2 dieselbe Phase und Amplitude haben, so kann in der Sekundärwindung S keine Induktionsspannung bei entsprechender Verbindung der Spulen P_1, P_2 erzeugt werden. Das an die Windungsenden der Spule S angeschlossene Galvanometer ist dann stromlos.

Ist z. B. die Vergleichsgröße eine von den drei freitragenden Spulen der Abb. 2, die zu messende Größe z. B. die Induktivität der Schiebespule (Abb. 3), so wird der Schieber so lange verschoben, bis das Galvanometer stromlos ist; damit ist dann die Stellung des Schiebers geeicht, wenn die Induktivität der Spule der Abb. 2 bekannt ist. Die Induktivität einlagiger, freitragender, breiter und kurzer Spulen ist aber mit einer der zahlreichen Formeln gut berechenbar; z. B. mit Hilfe der Formel von RALEIGH (ZENNECK, Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie, Seite 471). Hat man also eine Reihe von Standardinduktivitäten nach Art der Abb. 2 (deren Induktivität $L = 2{,}8 \cdot 10^{-5}$ Henry ist), so läßt sich für die Schiebespule der Abb. 3 eine Eichkurve finden, deren Abszissen z. B. die Entfernungen des Schiebers von einem Ende der Spule und deren Ordinaten

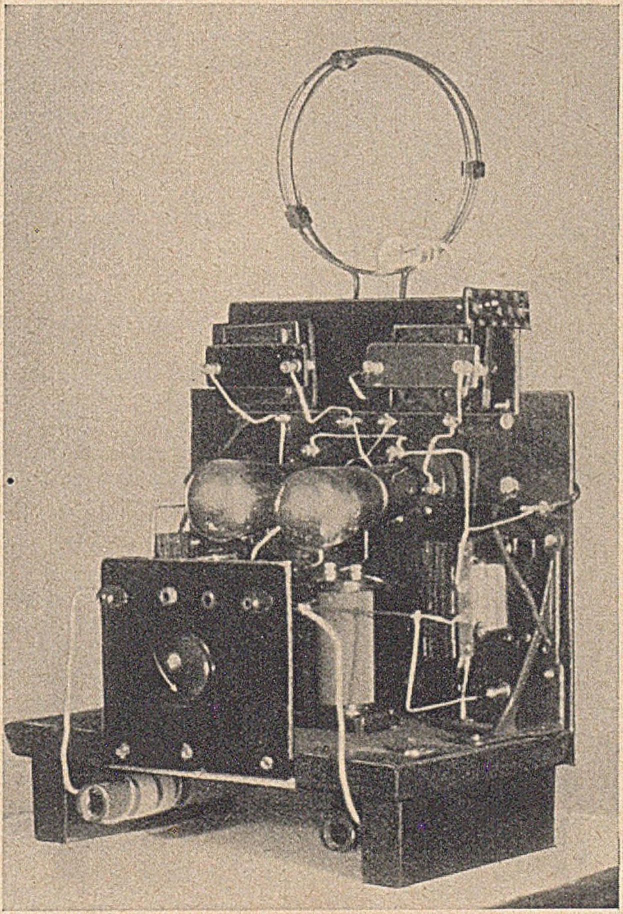


Abb. 5. Gegentaktsender mit kapazitiver Kopplung der Röhren.

die zu den Schieberstellungen gehörigen Induktivitäten sind. Für Schieberstellungen, die die Anwendung der für lange, schmale Zylinderspulen üblichen Formel für deren Induktivität $L = \mu_0 \frac{n^2 F}{l}$ zulassen ($\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-8}$, n = Zahl der Windungen, F = Querschnitt der Spule, l = Länge der Spule), sind die Eichwerte überdies durch Rechnung überprüfbar.

Ähnlich gestaltet sich die Bestimmung von Kapazitäten, wenn als Standardkapazität ein Plattenkondensator verwendet wird, dessen Plattenabstand und Plattenverschiebung mit Maßstab und Nonius gemessen wird (Abb. 4). Die Analogie zu dem Verfahren mit der WHEATSTONschen Brücke ist nicht schwer herzustellen.

Als Hochfrequenzgenerator (Abb. 5) dient ein Gegentaktsender mit kapazitiv gekoppelten Telefunkenröhren RE 604. Die Leistungsabgabe des Generators reicht für die oben beschriebenen Versuche gut aus, so daß ein mäßig empfindliches Galvanometer (1 Teilstrich zirka 10^{-4} A) vollauf genügt. Mit der Schwingkreisinduktivität des Röhrensenders wird eine freitragende Spule von etwa 2 Windungen induktiv gekoppelt. Diese letztere Spule (Abb. 6) ist dann die Hochfrequenzquelle der in Abb. 1 gegebenen Versuchsanordnung. Beim Selbstbau des Gegentaktsenders ist zu beachten, daß die Gitterkopplungskondensatoren (Kapazität 100 bis 200 pF) gegen die hohen Anodenspannungen (200—400 Volt Gleichstrom) durchschlagsicher sein müssen. Käufliche Fabrikate sind dies selten. Man stellt daher am sichersten diese Gitterkondensatoren selbst her, indem man als Dielektrikum starke Glimmerplatten (Dicke 0,4—0,6 mm) benutzt. Mit der in Abb. 5 sichtbaren Spule mit 2 Windungen (8 cm Durchmesser) und der als Schwingkreiskapazität verwendeten Gitteranodenkapazität der Röhren arbeitet man ungefähr im Bereich von 28—32 m Wellenlänge. Für diesen Bereich sind die Induktivitäten der Spulen P_1, P_2, S: $P_1 = P_2 = 3{,}7 \cdot 10^{-5}$ Henry, $S = 7{,}9 \cdot 10^{-5}$ Henry günstig.

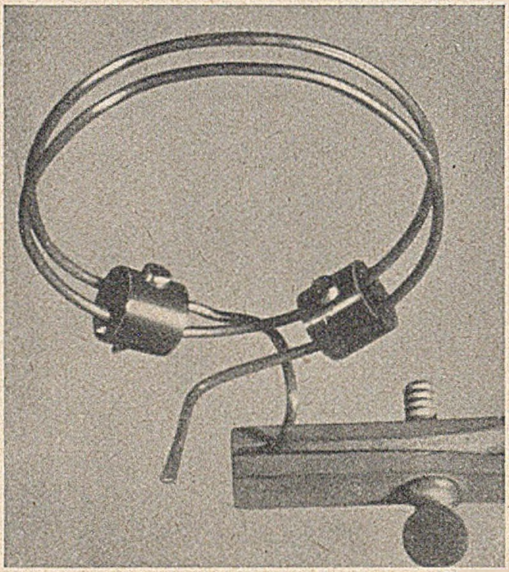


Abb. 6. Kopplungsspule H (siehe Abb. 1).

Es mag erwähnt werden, daß das gleiche Verfahren auch im Bereich der tonfrequenten Schwingungen gut verwendbar ist; nur sitzen dann die drei Spulen P_1, P_2, S auf einem geschlossenen (ringförmigen) Eisenkern. Als Generator ist dann entweder eine Mittelfrequenzmaschine kleiner Leistung oder ein Röhrensummer zu verwenden. Das Galvanometer kann im Schauversuch durch einen Lautsprecher, im Laboratoriumsversuch durch einen Fernhörer ersetzt werden.

Der Fehler bei der Abtriftbestimmung.

Von Friedrich Gruber in Wien.

In Schüleraufgaben über die Bestimmung der Abtrift von Flugzeugen usw. durch Seitenwind wird fast immer ein Fehler gemacht, der für kleine Flugzeiten prozentual sehr groß sein kann.

Man glaubt nämlich, die Grundgeschwindigkeit einfach durch die vektorielle Addition des Eigengeschwindigkeits- und des Windgeschwindigkeitsvektors erhalten zu können, so daß das Ende der Flugbahn mit dem Endpunkte der mit der Flugzeit T multiplizierten Vektorsumme aus Eigengeschwindigkeits- und Windgeschwindigkeitsvektor zusammenfiele.

Dabei wird jedoch nicht berücksichtigt, daß das Flugzeug, das vom Grund (von der festen oder flüssigen Erdoberfläche) aus abfliegt, erst nach einiger Zeit annähernd die Windgeschwindigkeit annimmt, ja sie theoretisch erst nach unendlich langer Zeit erreicht. Daher ist auch die wirkliche Abtrift stets kleiner als die sich auf die oben beschriebene Art ergebende. Im folgenden wird die genaue Formel zur Bestimmung der Abtrift entwickelt. Diese Formel kann auch dem Ballistiker bei der Bestimmung der Abtrift von Geschossen durch den Wind von Nutzen sein.

Für die seitliche Abtrift kommt nur diejenige Komponente der Windgeschwindigkeit in Betracht, welche zu der durch die Abflug- bzw. Abschußrichtung gelegten Vertikalebene senkrecht ist.

Bezeichnet man mit w die Größe dieser Windgeschwindigkeitskomponente, mit v_t die augenblickliche Geschwindigkeit des fliegenden Körpers in der Richtung dieser Windgeschwindigkeitskomponente, b die durch den Winddruck in dieser Richtung auf den fliegenden Körper ausgeübte Beschleunigung, so gilt für $w < 200$ m/sec:

(1) $$b = k \cdot (w - v_t)^2$$

wo k eine von der Größe und Form der Körperoberfläche und von der Masse des fliegenden Körpers abhängige Konstante bedeutet.

Aus (1) folgt:

(2) $$t = \int\limits_{v=0}^{v=v_t} \frac{dv}{k\,(w-v)^2} = \frac{1}{k}\left(\frac{1}{w-v_t} - \frac{1}{w}\right),$$

also

(3) $$v_t = w - \frac{1}{k\,t + \frac{1}{w}}.$$

Daraus ergibt sich die Abtrift a in der Richtung von w nach der Flugzeit T:

(4) $$a = \int\limits_{t=0}^{t=T} v_t\,dt = \int\limits_{t=0}^{t=T}\left(w - \frac{1}{k\,t + \frac{1}{w}}\right) dt = wT - \frac{1}{k}\,l\,(1 + kwT).$$

Für $kwT \ll 1$ erhält man aus (4) die Näherungsformel:

(5) $$a \sim wT - \frac{1}{k}\left(kwT - \frac{k^2 w^2 T^2}{2}\right) = \frac{k\,w^2 T^2}{2}.$$

Merkwürdigerweise hat man für die seitliche Abtrift eines rotierenden Geschosses auf experimentellem Wege Proportionalität mit dem Quadrat der Flugzeit festgestellt, analog Formel (5). Dies erscheint vielleicht verständlich, wenn man erwägt, daß ja diese Abtrift ebenfalls durch den Luftwiderstand oder, was aufs gleiche hinausläuft, durch den Winddruck bewirkt wird, der wegen der unsymmetrischen Präzessionsbewegung des fliegenden, als Kreisel anzusehenden Geschosses eine Komponente senkrecht zur Flugbahnebene hat.

Die Größenordnung von k ist für Flugzeuge etwa 10^{-3} bis 10^{-2}, für Infanteriegeschosse etwa 10^{-2} und für Artilleriegeschosse etwa 10^{-4} bis 10^{-3}.

Beispiel: Für $w = 5$ [m.sec^{-1}], $k = 2.10^{-3}$ [m^{-1}], $T = 10$ [sec] ergibt sich: $a \sim 2{\cdot}5$ [m], während sich nach dem bisher üblichen Verfahren: $a = 50$ [m] ergäbe. Der Unterschied ist, wie man sieht, außerordentlich groß.

Bücherbesprechungen.

Grimsehl-Tomaschek, Lehrbuch der Physik. Bd. II: Elektromagnetisches Feld — Optik. 9. Aufl. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1940. Mit 1209 Abb. im Text u. 1 farb. Tafel. X u. 866 S. Geb. 26,— RM.

Das ausgezeichnete und beliebte Werk hat in den letzten Jahren in rascher Folge eine Reihe von Neuauflagen erlebt, die meist hier besprochen wurden (Bd. I, 1931, S. 127, 1939, S. 112; Bd. II, 1, 1932 S. 365; Bd. II, 2, 1935 S. 63, 1937 S. 331, 1939 S. 112). Von Bd. II liegt nun schon die 9. Auflage vor. Er bringt seit der vollständigen Umarbeitung durch Tomaschek (6. Aufl. 1932) die klassische Elektrodynamik unter Einschluß der Elektronentheorie, während die Atomphysik im Bd. III (früher Bd. II, 2. Teil) behandelt wird. Auch bei der 8. Auflage dieses Bandes waren erhebliche Umarbeitungen vorgenommen worden, wobei noch mehr als früher auf die Voranstellung der experimentellen Grundlagen Wert gelegt wurde. In der 9. Auflage wurden an vielen Stellen kleinere Verbesserungen durchgeführt und die Zahlenangaben auf den neuesten Stand gebracht. Ganz neu ist die Wirkung der Dielektrizitätskonstante der Umgebung, die Spannungsstabilisierung durch Glimmlampen, die Quecksilberhochdrucklampe, der Kaskadengenerator, das elektrische Übermikroskop. Neu bearbeitet wurde der Abschnitt über die Eigenschaften starker Elektrolyte und der über Ferromagnetismus. Auch neue Abbildungen findet man. So die des elektrostatischen Generators nach VAN DE GRAAFF für zweimal 2,5 Millionen Volt, sowie die des Zyklotrons.

Daß das Werk auch in der äußeren Ausstattung hohen Ansprüchen genügt, braucht kaum betont zu werden. Es bleibt auch für den Physiklehrer das vorbildliche Handbuch, das ihn kaum im Stich lassen wird, wenn er irgendwie Rat sucht. GRIMSEHL würde seine Freude haben, wenn er sehen könnte, wie sein Werk in seinem Sinne mit der Zeit und ihren Fortschritten gewachsen ist. GÜNTHER.

Grimsehl-Tomaschek, Lehrbuch der Physik. Bd. III. Teubner, Leipzig 1939. 458 Seiten. 14,— RM.

Der vorliegende Band stellt den Abschluß der Neubearbeitung dar, die das verbreitete und beliebte GRIMSEHLsche Lehrbuch neuerdings erfahren hat. Er ist „Materie und Äther" benannt und umfaßt im wesentlichen die Vorgänge und Erscheinungen der Verknüpfung von Materie und Äther, deren Erkenntnis noch nicht allzu lange zurückliegt und deren endgültige wissenschaftliche Einordnung vielfach noch nicht abgeschlossen ist, also solche, bei denen sich die Kunst der Darbietung und faßlichen Gestaltung durch den Autor voll entfalten kann. Unter Voranstellung der Beobachtungsergebnisse und experimentellen Tatsachen im alten GRIMSEHLschen Sinne wird in dem Band zunächst der elektrische Aufbau der Materie behandelt. Das Problem des Atombaues, die Radioaktivität, das Verhalten der Materie gegen Kathodenstrahlen, die Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlen und Materie und der Durchgang von Korpuskularstrahlung durch die Materie finden hier ihre Behandlung. Daran schließt sich ein kurzer Abschnitt über Kernphysik. Ausführlich werden dann wieder, aufbauend auf den experimentellen Grundlagen, die Beziehungen zwischen Licht und Materie (lichtelektrische Wirkung, Anregung von Leuchten durch Stoß, die Temperaturstrahlung, Fluoreszenz und Phosphoreszenz) abschließend mit der Emission des Lichts und dem LENARD-RUTHERFORD-BOHRschen Atommodell dargestellt. In dem anschließenden Abschnitt „Welle und Korpuskel" führt der Weg vom Licht als Wellenbewegung zu Energie und Masse der Strahlung, zum Photon, zum Zusammenhang von Korpuskel- und Welleneigenschaften des Lichts, zu den Welleneigenschaften der Elektronen und materiellen Teilchen, um im Wasserstoffatom, in der SCHRÖDINGERschen Gleichung und in dem wellenmechanischen Bild der Lichtemission auszumünden. Die Behandlung des Baus der Spektren im folgenden Abschnitt leitet zum Schalenbau und Vektormodell der Atome über und bringt Betrachtungen über das periodische System der Elemente, den Einfluß der Kerne auf die Spektren und die Unbestimmtheitsbeziehung. Ausgehend von den Bandenspektren findet dann die Elektronenanordnung in den Molekülen, der Ramaneffekt, die Bildung und Eigenschaften der Moleküle ihre Darbietung. In gesonderten Abschnitten sind der Bau der zusammenhängenden Materie (Kristalle), die Kernumwandlung, Luftelektrizität — Erdmagnetismus — Höhenstrahlung, die Elektrodynamik bewegter Körper und das Problem der absoluten Bewegung dargestellt. Den Schluß bildet ein Überblick über Sterne und Weltall, die Materie und Energie im Weltraum.

Wie aus dieser Skizzierung des Inhalts ersichtlich ist, wählt der Verfasser im wesentlichen den geschichtlichen Entwicklungsgang zur Grundlage seiner Darbietung und wird so zweifellos am besten den didaktischen Forderungen gerecht, die in einem Lehrbuch, das an den Namen GRIMSEHL anknüpft, voranstehen. Es ist bewundernswert, wie in dem Buch auf engem Raum eine Fülle von augenblicklich noch offenen Problemen anschaulich und mit Ausblicken versehen behandelt, wie überall die Tatsachen hervorgehoben und die Theorie stets nur als Hilfsmittel, niemals als Leitgedanke benutzt wird. Das Buch wird zweifellos viele Freunde finden und jedem weiterstrebenden Studierenden unentbehrlich sein.

Hamburg. HAHN.

Scharf-Golombeck, Unsere Kleidung. Schulversuche über Faserstoffe. Spinnerei und Weberei, Farbstoffe und Färberei. 68 S., 14 Abb. Verlag Otto Salle, Frankfurt a. M. 1940. Kart. 2,20 RM.

Das vorliegende Heft zweier Schulmänner, von denen SCHARF Leiter der Abteilung Chemie der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin ist, ist wohl in erster Linie für den Chemielehrer und Leiter von Arbeitsgemeinschaften bestimmt. Es gibt kurz Kenntnis von den in der Natur vorkommenden oder auf synthetischem Wege hergestellten Faserstoffen sowie deren Verarbeitung und Veredlung, besonders Färberei, und stellt den Schulversuch in den Vordergrund. Dabei sind besonders viele Farbstoffversuche grundlegend neu.

Die Schrift ergänzt praktisch das vor kurzem im gleichen Verlag erschienene Buch „Faserstoffe" von WINDECK-SCHULZE und ist mit seinen genauen Beschreibungen der zahlreichen im Schullaboratorium ausgearbeiteten Versuche in jeder Hinsicht zu empfehlen.

Meißen. SCHUSTER.

Abhandlungen.

Kraftfahrzeug und Straße als Thema für eine physikalische Arbeitsgemeinschaft.

Von ADOLF HAMMANN in Berlin-Friedenau.

Straßenbau und Motorisierung sind im neuen Deutschland planmäßig und tatkräftig vorangetrieben worden. Besondere Bedeutung kommt der Motorisierung in militärischer Hinsicht zu, wie die glänzenden Erfolge unserer Wehrmacht im Polenfeldzuge, in Norwegen und im Westen gezeigt haben. Nach dem Kriege ist mit einer heute noch nicht abzuschätzenden Auswirkung der Motorisierung in verkehrs- und wirtschaftspolitischer Beziehung zu rechnen. Für den Physikunterricht an Oberschulen für Jungen ergibt sich deshalb die Notwendigkeit, dieser Entwicklung in weit stärkerem Maße als bisher Rechnung zu tragen.

Die Schüler der Oberstufe verfügen oft über ein erstaunliches Maß von Kenntnissen auf dem Gebiet der Kraftfahrzeuge. Es zeigt sich jedoch, daß es sich dabei meist nur um ein anschauliches Erfassen eines technischen Vorganges oder der Wirkungsweise einer Maschine, selten aber um das Eindringen in die physikalischen Grundlagen handelt. Dem Physiklehrer fällt hier die Aufgabe zu, die Grundbegriffe möglichst an Versuchen zu entwickeln und die Wechselbeziehungen von Kraftfahrzeug und Straße eingehend darzustellen. Die Einrichtung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften an den Oberschulen für Jungen bietet die Möglichkeit, diese Aufgabe auf breiterer Basis durchzuführen. In welcher Weise dies geschehen könnte, ohne sich in technische oder konstruktive Einzelheiten zu verlieren, soll die folgende Arbeit zeigen*).

A. Das Triebwerk.

1. Der Motor.

Zunächst erfordert der Motor, die Kraftzentrale des Fahrzeuges, eine besondere Betrachtung. In der Darstellungsweise ist der Weg, wie ihn R. v. MISES in seiner „Fluglehre“ für den Flugmotor gezeigt hat, auch für den Fahrzeugmotor möglich.

Ausgehend von dem Heizwert [1]) der Kraftstoffe kann man den theoretischen Verbrauch für 1 PS und Stunde bestimmen.

Zahlentafel I.

Kraftstoff	Heizwert kcal/kg
Technisches Benzin	9530
Markenbenzin . . . . . . (mit 10% Alkohol)	9900
Benzol	9610
Gemisch . . . . (Benzin, Benzol, Alkohol)	9600
Äthylalkohol (99,5%) . . .	6410
Gasöl	10100

Beispielsweise ergibt sich für Gemisch, dessen Heizwert mit 9600 kcal/kg angesetzt werden kann, folgende einfache Rechnung: Dem Heizwert von 1 kg Gemisch entspricht ein Arbeitswert von $427 \cdot 9600$ kgm $= 4100000$ kgm, der in einer Stunde abgegeben werden soll. In einer Sekunde werden dann $4100000 : 3600$ oder 1140 kgm geleistet, das entspricht einer Leistung von $1140 : 75 = 15{,}2$ PS. Bei einer Leistung von 1 PS benötigt man somit theoretisch $1 : 15{,}2 = 0{,}066$ kg oder 66 g Kraftstoff pro Stunde. Da aber im Motor nur etwa 30% der bei der Verbrennung erzeugten Wärmeenergie in mechanische Energie übergeführt werden, muß man mit einem Verbrauch von 220 g Gemisch pro PS und Stunde rechnen. Über die Aufteilung der Brennstoffenergie im Verbrennungsmotor gibt ein Diagramm [2]) Auskunft (Abb. 1).

---

*) Herrn Prof. W. KAMM, Leiter des Forschungsinstituts für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren in Stuttgart, der mich durch Überlassung von Zahlenmaterial und Diagrammen unterstützt hat, danke ich dafür auch an dieser Stelle.

[1]) Mit Erlaubnis des Verlages J. Springer entnommen aus: W. KAMM, Das Kraftfahrzeug, 1936, S. 10. (In der Tabelle sind die unteren Heizwerte angegeben. Diese werden gemessen, wenn das bei der Verbrennung gebildete Wasser das Kalorimeter als Dampf verläßt.)

[2]) Mit Erlaubnis des Verlages J. Springer entnommen aus: W. KAMM und C. SCHMID, Das Versuchs- und Meßwesen auf dem Gebiet des Kraftfahrzeugs, 1938, S. 1, Abb. 1.

Das Verhältnis der in Leistung umgesetzten Energie zur aufgewandten Energie bezeichnet man als Wirkungsgrad der abgegebenen Leistung. Die aufgewandte Energie ist $B_h \cdot H_u$, wobei B_h der Gesamtkraftstoffverbrauch in kg/h und H_u der untere Heizwert (vgl. Fußnote 1, S. 73) des Brennstoffes in kcal/kg ist. Die abgegebene Leistung N_e wird in PS gemessen. Nun ist 1 PS $= 75$ kgm/sec $= 3600 \cdot 75$ kgm/h und 1 kcal $= 427$ kgm, mithin ist 1 PS $= \frac{3600 \cdot 75}{427}$ kcal/h $= 632$ kcal/h, also ist der Wirkungsgrad der abgegebenen Leistung

$$\eta_e = \frac{N_e \cdot 632}{B_h \cdot H_u}. \tag{1}$$

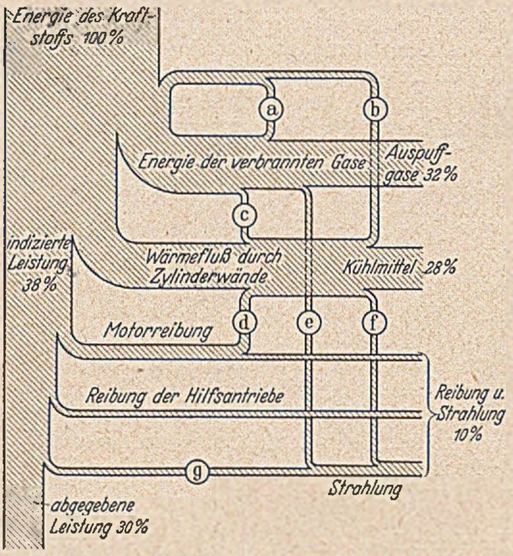


Abb. 1. Aufteilung der Brennstoffenergie im Verbrennungsmotor. a Energie aus zurückgebliebenen Gasen (Spülgasen) und Gemischerwärmung durch Auspuffgase; b Gemischerwärmung durch Zylinderwände; c Wärmeübergang von den Auspuffgasen an das Kühlmittel; d Reibungswärme, die durch das Kühlmittel abgeführt wird; e Strahlung der Auspuffleitung; f Strahlung des Kühlmittelmantels und der Kühlmittelleitungen; g Strahlung der nicht besonders gekühlten Motorwände, z. B. des Kurbelgehäuses.

In entsprechender Weise definiert man den Wirkungsgrad der indizierten Leistung als das Verhältnis der von den Verbrennungsgasen an den Motorkolben übertragenen Energie zur aufgewandten Brennstoffenergie:

$$\eta_t = \frac{N_i \cdot 632}{B_h \cdot H_u}. \tag{2}$$

Das Verhältnis zwischen der an der Kupplung verfügbaren und der von den Verbrennungsgasen im Motor erzeugten Leistung ist der mechanische Wirkungsgrad

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{\eta_e}{\eta_t}. \tag{3}$$

Nach Abb. 1 ist $\eta_e = 30\% = 0{,}30$ und $\eta_t = 38\% = 0{,}38$, also ist in diesem Falle $\eta_m = \frac{0{,}30}{0{,}38} = 0{,}79 = 79\%$.

Aus dem oben angegebenen Verbrauch von 220 g/PSh gewinnt man einen Anhalt für die Bemessung des Hubvolumens, wenn man berücksichtigt, daß zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Gemisch ungefähr 11 m³ Luft erforderlich sind. Erfahrungsgemäß arbeitet aber ein Verbrennungsmotor am günstigsten, wenn man den Kraftstoff bei Luftüberschuß verbrennt. Bei 0 bis 10% erzielt man die größte Leistung. Wenn wir für unsere Berechnung 10% Luftüberschuß annehmen, benötigten wir für 1 kg Gemisch 12,1 m³ Luft, für 220 g also rund 2,66 m³ Luft. Dieses Volumen ist in 1 Stunde bei beispielsweise 3000 Umdrehungen/Minute zu fördern. Auf je 2 Umdrehungen kommt beim Viertaktmotor eine Füllperiode, das macht in 1 Stunde $\frac{3000 \cdot 60}{2} = 90000$ Füllungen. Das Hubvolumen beträgt demnach $2660 : 90000 = 0{,}0296$ l/PS oder rund 0,030 l/PS. In Wirklichkeit muß das für die Leistungseinheit erforderliche Hubvolumen etwas größer sein, da der Vorgang des Ansaugens nur unvollkommen ist. Man kann mit 0,035 bis 0,050 l/PS rechnen. Die in PS gemessene Leistung, die man aus 1 l Hubvolumen herausholen kann, bezeichnet man mit Literleistung. Bei den Motoren der gebräuchlichen Personenkraftwagen liegt die Literleistung zwischen 20 und 30 PS/l, bei Sport- und Hochleistungsmaschinen hat man höhere Werte (etwa 40 PS/l) erreicht.

Der Ablauf der vier Takte — Ansaugen, Verdichten, Arbeitstakt und Auspuffen — wird an Hand eines schematischen Indikatordiagramms (Abb. 2) erörtert. Die Stellung des Kolbens wird zwischen dem oberen Totpunkt O und dem unteren

Totpunkt U als Abszisse dargestellt, die zugehörigen Drücke werden als Ordinaten aufgetragen. Beim Ansaugen liegt der Druck im Zylinder etwas unter dem Atmosphärendruck. Der Druckunterschied beträgt im Mittel p_1. Bei der Verdichtung steigt der Druck im Zylinder bis zu etwa 6 atü an, der Druckunterschied gegenüber dem äußeren Luftdruck ist im Mittel p_2. Nach der Zündung, die meistens erfolgt, bevor der Kolben den oberen Totpunkt erreicht hat, steigt der Druck bei der Verbrennung je nach dem Grade der Verdichtung schnell bis zu 38 atü an, um bei der Expansion allmählich abzunehmen. Der mittlere Druck während des Arbeitstaktes ist mit p_3 bezeichnet. Beim Auspuffen der Verbrennungsgase bleibt der Druck etwas über dem Atmosphärendruck und ist im Mittel p_4. Bei allen vier Takten werden die Drücke im Zylinder als Überdrücke gegenüber dem äußeren Luftdruck aufgefaßt. Während des Ansaugens, der Verdichtung und des Auspuffens wird Arbeit verbraucht; man muß daher bei der Ermittlung des mittleren Arbeitsdruckes p_1, p_2 und p_4 von p_3 abziehen. Berücksichtigt man dabei, daß p_1 negativ ist, so wird der Mitteldruck $p = p_1 - p_2 + p_3 - p_4$. Dieser Ausdruck wird im Diagramm (Abb. 2) durch die Höhe eines Rechtecks veranschaulicht, dessen Grundseite gleich dem Kolbenhub und dessen Inhalt gleich der Differenz der schraffierten Flächenstücke ist[3].

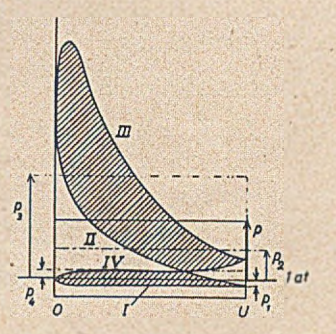


Abb. 2. Schematisches Indikatordiagramm. I Ansaugen, II Verdichten, III Arbeitstakt, IV Auspuffen.

Den wirklichen Verlauf des Druckes im Zylinder zeigt ein Indikatordiagramm[4] (Abb. 3), das im Überdruckgebiet mit einem Quarzindikator in Verbindung mit einem Oszillographen aufgenommen wurde. Der voraussichtliche Druckverlauf im Unterdruckgebiet (Ansaugen) wurde mit der Hand eingezeichnet. Am oberen Rande des Diagrammes finden sich Zeitmarken in $^1/_{500}$ Sek. Abstand, darunter sind auf einer Kurve die Totpunkte der Bewegung (O.T.P. und U.T.P.) markiert. Auf einer weiteren Kurve ist der Zeitpunkt der Zündung durch eine Zickzacklinie gekenn-

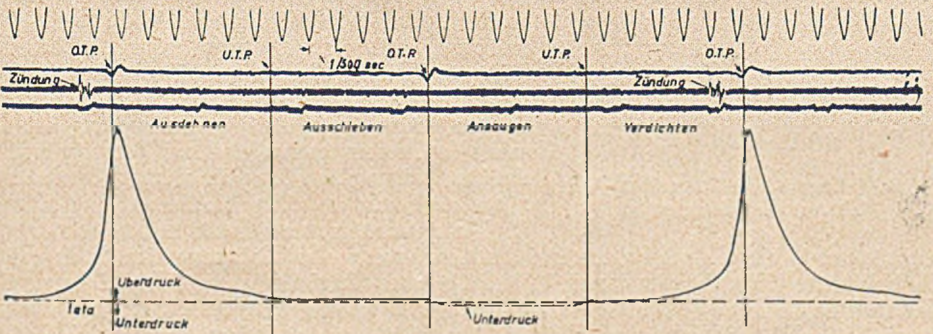


Abb. 3. Indikatordiagramm, aufgenommen mit Quarzindikator.

zeichnet. Die Wiedergabe des Diagrammes vermittelt den Schülern einen Begriff von der Genauigkeit, mit der man den Druckablauf im Zylinder festzustellen vermag. Aus den Zeitmarken des Diagrammes kann auch die Drehzahl des Motors ermittelt werden; sie ist im vorliegenden Falle n = 2540 U/min.

[3]) Vgl. neben dem oben aufgeführten Buch R. v. MISES, Fluglehre, Verlag J. Springer, 1933, 4. Aufl., S. 151—156, auch F. SEUFERT, Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen, Verlag J. Springer 1930, 6. Aufl., S. 5—7.

[4]) Indikatordiagramm, aufgenommen im Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren, T. H. Stuttgart.

Sind der Mitteldruck p und die Drehzahl n des Motors bekannt, so kann man seine Leistung wie folgt berechnen. Die Kraft, die auf die Kolbenfläche wirkt, ist $p \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ kg, wobei d der Kolbendurchmesser in cm ist. Die Arbeit, die bei einem Hub geleistet wird, ist somit $p \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot s$ kgm, wobei s in m gemessen wird. Der Motor macht in 1 Sek. $\frac{n}{60}$ Umdrehungen, auf je 2 Umdrehungen entfällt 1 Arbeitstakt. Somit ist die Leistung eines Zylinders

$$p \cdot \frac{\pi d^2}{4} s \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{1}{2} \text{ kgm/sec oder } p \cdot \frac{\pi d^2}{4} s \cdot \frac{n}{2 \cdot 60 \cdot 75} \text{ PS} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot s \cdot \frac{p \cdot n}{9000} \text{ PS}.$$

Der letzte Ausdruck läßt sich vereinfachen, wenn man das in Liter gemessene Hubvolumen einführt. Das Volumen eines Zylinders ist dann

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d^2}{100} \cdot 10 \cdot s = \frac{1}{10} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot s \text{ Liter.}$$

Ersetzt man oben $\frac{1}{10} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot s$ durch V_1, so erhält man die Leistung eines Zylinders. Für einen Motor mit i Zylindern ist dann das Gesamthubvolumen $V = i \cdot V_1$ und die Leistung

(4a) $$N_i = \frac{p \cdot V \cdot n}{900}.$$

Bei Zweitaktmotoren ist

(4b) $$N_i = \frac{p \cdot V \cdot n}{450}.$$

Die mit Hilfe von p aus dem Indikatordiagramm ermittelte Leistung N_i heißt **indizierte** Leistung. Hiervon hat man die nutzbare oder **effektive** Leistung N_e zu unterscheiden; das ist die Leistung, die von der Welle abgegeben wird. Die effektive Leistung wird durch Abbremsen des Motors bestimmt.

Für das Eindringen in den Stoff ist es sehr wichtig, daß die grundlegenden Begriffe Leistung und Drehmoment durch Versuche geklärt und gefestigt werden. Man wird es sich daher nicht entgehen lassen, Bremsversuche durchzuführen. In der Technik arbeitet man mit Wasserwirbelbremsen, Luftwirbelbremsen oder elektrischen Bremsen[5]), in der Arbeitsgemeinschaft leistet der Pronysche Zaum gute Dienste. Zur Zeit stehen an den Oberschulen für diesen Zweck wohl noch keine Verbrennungsmotoren zur Verfügung. Für die Erarbeitung der Begriffe Leistung und Drehmoment macht es aber nichts aus, wenn man die Untersuchungen an einem Elektromotor vornimmt, der ja als Hilfsmaschine in jedem modernen Kraftfahrzeug eine Rolle spielt.

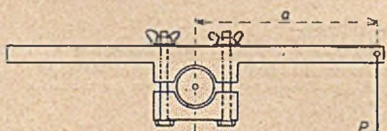


Abb. 4. Schematische Darstellung des Pronyschen Zaumes.

Die bekannte Versuchsanordnung ist in Abb. 4 schematisch dargestellt. Mißt man den Hebelarm a in m und das Gewicht P in kg, so wird das Drehmoment des Motors durch $M = P \cdot a$ in kgm ausgedrückt. Man fügt auf der linken Seite den Faktor 1 ein und entnimmt der Gleichung $M \cdot 1 = P \cdot a$ die Feststellung: Das Drehmoment ist die am Arme 1 wirkend gedachte drehende Kraft. Durch Multiplikation mit 2π erhält man die bei einer Drehung geleistete Arbeit

$$A = 2\pi \cdot M \cdot 1 = 2\pi P \cdot a.$$

Eine Umdrehung erfolgt aber in $T = \frac{60}{n}$ Sek., also ist die Leistung

$$N_e = \frac{2\pi n \cdot P \cdot a}{60} = \frac{\pi n \cdot P \cdot a}{30} \frac{\text{kgm}}{\text{sec}} \quad \text{oder}$$

(5a) $$N_e = \frac{2\pi n \cdot M}{60} = M\omega \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}.$$

[5]) Vgl. Fußnote 2, S. 93—107.

Die Leistung in kgm/sec ist also gleich dem Produkt aus Drehmoment und Winkelgeschwindigkeit. Durch Division mit 75 erhält man N_e in PS.

(5b) $$N_e = \frac{M \cdot \omega}{75} = \frac{P \cdot a \cdot \pi \cdot n}{30 \cdot 75} = \frac{M \cdot n}{716}\ \text{PS}.$$

Der wirksame (effektive) Mitteldruck p_e ergibt sich aus den Leistungsformeln (4a) und (4b), wenn man darin an Stelle der indizierten Leistung N_i die Bremsleistung N_e einsetzt. Bei Viertaktmotoren ist

(6a) $$N_e = \frac{p_e \cdot V \cdot n}{900} \text{ und } p_e = \frac{N_e \cdot 900}{V \cdot n}.$$

Bei Zweitaktmotoren ist

(6b) $$N_e = \frac{p_e \cdot V \cdot n}{450} \text{ und } p_e = \frac{N_e \cdot 450}{V \cdot n}.$$

Auf Grund der bisherigen Betrachtungen kann eine Reihe von Aufgaben über den Fahrzeugmotor gelöst werden.

Aufgabe 1. Über den Vierzylindermotor des Adler Trumpf Junior[6]) sind folgende Daten bekannt: Bohrung 65 mm, Hub 75 mm, gebremste Dauerleistung 23,7 PS bei 3300 U/min, gebremste Höchstleistung 25 PS bei 4000 U/min.

a) Berechne das Hubvolumen.

$$V = 4\pi \cdot \frac{6{,}5^2}{4} \cdot 7{,}5 \text{ cm}^3 = 995 \text{ cm}^3.$$

b) Berechne die Literleistung bei Dauerbeanspruchung.

$$N = \frac{23{,}7}{0{,}995} = 23{,}8 \text{ PS/l}.$$

c) Berechne die Literleistung bei Höchstbeanspruchung.

$$N = \frac{25}{0{,}995} = 25{,}1 \text{ PS/l}.$$

d) Berechne den wirksamen Mitteldruck p_e.

Bei Dauerleistung ist $p_e = \frac{23{,}7 \cdot 900}{0{,}995 \cdot 3300} = 6{,}5$ atü.

Bei Höchstleistung ist $p_e = \frac{25 \cdot 900}{0{,}995 \cdot 4000} = 5{,}65$ atü.

Aufgabe 2. Über den DKW-Vierzylinder-Zweitaktmotor sind folgende Daten bekannt: Bohrung 70 mm, Hub 68,5 mm, gebremste Dauerleistung 30 PS bei 3500 U/min, gebremste Höchstleistung 32 PS bei 3800 U/min.

Berechne a), b), c), d) wie bei Aufgabe 1.

a) $V = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2}{4} \cdot 6{,}85 \text{ cm}^3 = 1054 \text{ cm}^3$;

b) $N = \frac{30}{1{,}054} = 28{,}5$ PS/l;

c) $N = \frac{32}{1{,}054} = 30{,}4$ PS/l;

d) p_e bei Dauerleistung $= \frac{30 \cdot 450}{1{,}054 \cdot 3500} = 3{,}66$ atü;

p_e bei Höchstleistung $= \frac{32 \cdot 450}{1{,}054 \cdot 3800} = 3{,}6$ atü.

Aus den durchgerechneten Beispielen erkennt man, daß der wirksame Mitteldruck bei Dauerleistung größer ist als bei Höchstleistung. Daraus folgt, daß der Motor im ersten Fall wirtschaftlicher arbeitet als im zweiten. Ferner sieht man, daß

[6]) Autotypenbuch, Typen der deutschen Fahrzeugindustrie, 26. Ausg., Jahrg. 1938.

der wirksame Mitteldruck bei Zweitaktmotoren wesentlich niedriger ist als bei Viertaktmotoren.

Aufgabe 3. Berechne das Drehmoment für den Motor des Adler Trumpf Junior nach den Angaben der Aufgabe 1.

Aus Formel (5b) folgt

$$M = \frac{716 \cdot N_e}{n} = \frac{716 \cdot 23{,}7}{3300} = 5{,}14 \text{ kgm bei Dauerleistung}$$

und

$$M = \frac{716 \cdot 25}{4000} = 4{,}48 \text{ kgm bei Höchstleistung.}$$

Aufgabe 4. Berechne das Drehmoment des DKW-Vierzylinder-Zweitaktmotors aus den Angaben der Aufgabe 2.

$$M = \frac{716 \cdot 30}{3500} = 6{,}14 \text{ kgm bei Dauerleistung,}$$

$$M = \frac{716 \cdot 32}{3800} = 6{,}03 \text{ kgm bei Höchstleistung.}$$

Unsere Beispiele zeigen, daß nicht nur die Leistung und der wirksame Mitteldruck, sondern auch das Drehmoment von der Drehzahl abhängen. Ein vollständiges Bild dieser Abhängigkeit erhält man, wenn man das Leistungsdiagramm eines Motors betrachtet. In Abb. 5 sind Drehmoment M_d, Leistung N_e, wirksamer Mitteldruck p_e, stündlicher Brennstoffverbrauch B_h und der auf die Leistungseinheit bezogene Brennstoffverbrauch b_e in Abhängigkeit von der Drehzahl dargestellt[7]).

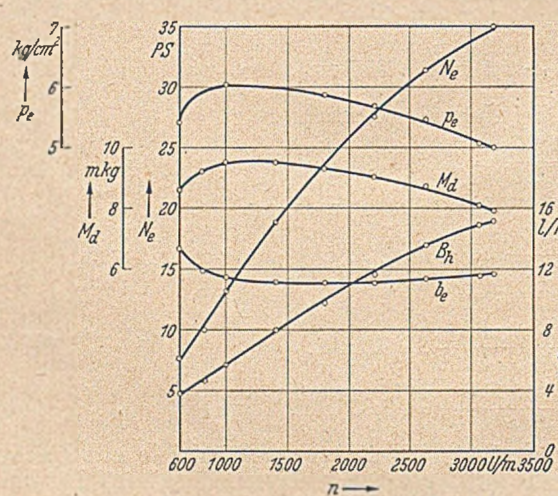


Abb. 5. Leistungsschaubild eines Motors.

Drehmomentswerte, Leistungswerte und Brennstoffverbrauch werden auf dem Prüfstand ermittelt, die p_e- und b_e-Werte ergeben sich durch Rechnung. Die graphische Darstellung zeigt, daß die Leistung mit der Drehzahl steigt; sie nimmt jedoch bei höherer Drehzahl wieder ab (in der Darstellung nicht mehr enthalten). Das Drehmoment erreicht für den im Bilde dargestellten Fall bei etwa 1200 U/min einen Höchstwert und nimmt bei höheren Drehzahlen ab. Einen ähnlichen Verlauf zeigt die Kurve des wirksamen Mitteldruckes. Der stündliche Verbrauch steigt natürlich mit der Drehzahl, während der auf die Leistungseinheit bezogene stündliche Kraftstoffverbrauch bei etwa 1800 U/min ein Minimum aufweist.

(Fortsetzung folgt.)

Prüfung der Durchlässigkeit von Metallen für Röntgenstrahlen (Filterung).

Von Herbert Graewe in Halle a. d. Saale.

Meinen Ausführungen über „Die Spektroskopie der Röntgenstrahlen" in Heft 2—5 der Ubl., Jahrg. 1939, sollen im folgenden noch einige Filteraufnahmen

[7]) Mit Erlaubnis des Verlages entnommen aus dem unter Fußnote 2 aufgeführten Werk. Abb. 207, S. 91.

angefügt werden. Diese sollen einmal die Abhängigkeit der Filterung von einem bestimmten Material und zum anderen die Lage der Filterungsgrenze zeigen. Letztere rückt um so weiter nach kürzeren Wellenlängen zu, je dicker das Filter gewählt wird. Die Filterungsgrenze ist jedoch nicht so scharf wie die Härtegrenze („Minimumwellenlängensaum" in Abb. 20, S. 160 der Ubl. 1939); vielmehr entsteht durch die Filterung im kontinuierlichen Spektrum ein verhältnismäßig allmählich erfolgendes Abklingen der Intensität nach Weich zu. Durch die Filter werden also dem Spektrum vorwiegend die weichen Komponenten genommen, während durch Erhöhung der Röhrenspannung jeweils härtere Komponenten zu den bereits vorhandenen hinzugefügt werden. Gemeinsam ist beiden Vorgängen eine Verschiebung des Mittelwerts des Spektrums nach Hart zu.

Die Filteraufnahmen geschahen folgendermaßen: Vor die Kassette des Röntgenspektrographen wurde eine Bleihalbierungsblende gesetzt und zunächst die eine Hälfte des Films ohne Filter belichtet; daraufhin wurde die Halbierungsblende umgedreht und die andere Hälfte des Films mit vorgeschaltetem Filter belichtet. Belichtungszeit, Betriebsspannung und -strom müssen selbstverständlich für die beiden Aufnahmen dieselben sein. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß auf dem gleichen Film ein Vergleich der ungefilterten mit der gefilterten Aufnahme unmittelbar erfolgen kann, da die Wellenlängengebiete beider exakt aneinandergrenzen. Das relative Intensitätsverhältnis beider ist von der Schwärzung durch die Entwicklung weitgehend unabhängig.

Die wiedergegebenen Aufnahmen (Abb. 1—4) zeigen Filterungen durch 1 mm starkes Aluminiumblech, durch 0,2 mm, 0,5 mm und 1 mm starkes Kupferblech. Die Belichtung betrug jeweils zweimal 10 Minuten mit zwei Verstärkungsfolien bei 4 mA, 180 kV und einem Schwenkwinkel von 5° bei einem Abstand von 42 cm Kristall-Film. Im übrigen war die Versuchsanordnung die gleiche wie bei den früher beschriebenen Aufnahmen (Ubl. 1939, S. 158).

Selbstverständlich kann man auch so vorgehen, daß man statt der Bleihalbierungsblende eine Halbierungsblende aus dem zu untersuchenden Material vor die Kassette bringt und beide Hälften gleichzeitig belichtet. Der Erfolg ist der gleiche. Die erste Methode hat nur den Vorzug, daß man das Filter an beliebiger Stelle des Strahlen-

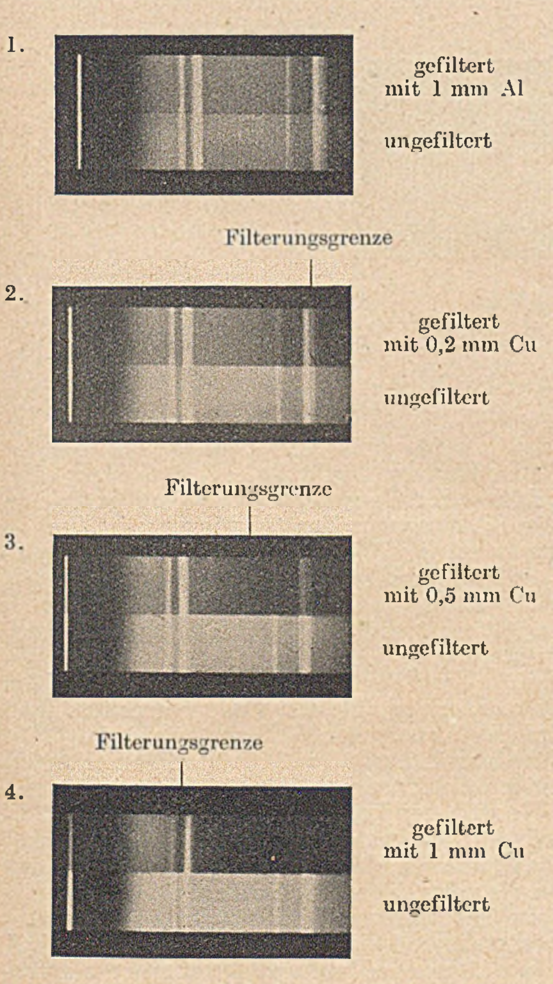


Abb. 1—4.
Röntgenspektrographische Filteraufnahmen [1]).

[1]) Abb. 1—4 sind mit freundlicher Erlaubnis des Verlages Georg Thieme, Leipzig, meiner Abhandlung „Einige Anwendungen der kurzwelligen Röntgenspektroskopie" aus der Ztschr. „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" 1933, Bd. 48, Heft 2, S. 237, entnommen.

gangs anbringen kann und nicht jeweils erst für die Kassette zurechtschneiden muß.

Die Spektrogramme zeigen, daß bei Filterung mit Al von 1 mm Dicke eine wesentliche Schwächung des weichen Spektrums noch nicht erfolgt, während andererseits Cu von 1 mm auch das für die Therapie wichtige härteste Spektrum schon nicht unwesentlich mitschwächt. Deshalb wird auch bei klinischen Bestrahlungen im allgemeinen ein Cu-Filter von 0,5 mm Dicke angewandt, welches das stark hautschädigende weiche Spektrum ausreichend abfiltert, aber anderseits die harte Strahlung noch fast ungeschwächt durchläßt.

Der Unterschied zwischen gefiltertem und ungefiltertem Spektrum tritt auch sehr deutlich an einer Aufnahme hervor, die im Abstand von nur 28 cm Kristall-Film gemacht und mit Cu von 0,5 mm gefiltert ist. Man sieht, daß die weicheren Strahlen auch in höheren Ordnungen fast vollständig weggenommen sind (Abb. 5). Die Belichtung betrug 15 Minuten bei 4 mA Gleichstrom von 180 kV und einem Schwenkwinkel von 12° [2]).

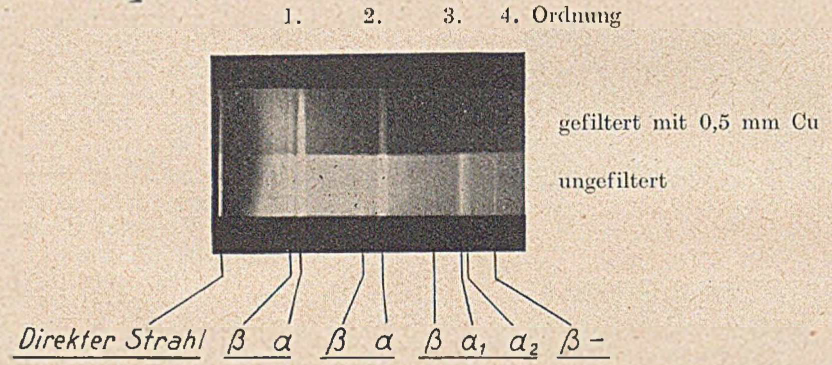


Abb. 5.

Die Filteraufnahmen zeigen, daß weiche und harte Strahlen verschieden schwer zu absorbieren sind. Die Durchdringungsfähigkeit ist also eine Eigenschaft, die durch die Höhe der Frequenz der betreffenden Strahlung bedingt ist. „Je größer die Frequenz der Schwingung ist, um so ungeschwächter vermag sich das feine Leben der Ätherwellen durch die Planetensysteme der Atome fortzupflanzen": so gibt dem SEEMANN Ausdruck. Daher ist es verständlich, daß für außerordentlich harte Strahlen (sehr hoher Frequenzen) selbst Blei kein vollends ausreichendes Filterungsmittel mehr darstellt, es sei denn, daß man zu erheblichen Filterdicken greift.

Selbstverständlich ist die Durchlässigkeit der Metalle für Röntgenstrahlen auch von der jeweils angelegten Röhrenspannung abhängig. Daher arbeitete man früher in praktischen Betrieben viel mit der sogenannten Halbwertsdicke, das heißt derjenigen Filterdicke, welche die Strahlungsintensität auf die Hälfte herabsetzt. Die Bestimmung der Härte der Röntgenstrahlen durch ihre Wellenlänge ersetzt aber weitgehend nicht nur diesen Begriff, sondern auch den Begriff des Absorptionskoeffizienten μ. Bedeutete es doch einen grundlegenden Erfolg der Röntgenspektroskopie, eine eindeutige Beziehung zwischen Härte und Wellenlänge gefunden und gezeigt zu haben, daß sich mit wachsender Spannung die Lage des Maximums der Strahlungsintensität nach der Seite der kürzeren Wellenlängen verschiebt!

Die Wichtigkeit der Röntgenspektroskopie ist damit keineswegs erschöpfend dargestellt. Denn sie ist nicht nur für den Techniker und Mediziner ein fast

[2]) Außerdem zeigt Abb. 5 die WK_α-Linien bis zur dritten und die WK_β-Linien sogar bis zur vierten Ordnung (Ubl. 1939, S. 127). Zu einer Bestimmung der Minimumwellenlänge sind selbstverständlich derartige Aufnahmen mit solch geringer Entfernung Kristall-Film nicht zu verwenden, zumal die Krümmung des kurzwelligen Endes des Spektrums dadurch noch stärker wird, da der Kreisausschnitt des gebildeten Strahlenkegels einen noch kleineren Radius besitzt, mithin die Krümmung wächst.

unentbehrliches Hilfsmittel zur Bestimmung von Röhrenspannung und Filterwirkung geworden, sondern hat vor allem auch dem Physiker äußerst wertvolle Blickrichtungen erschlossen. So lieferte die Röntgenspektroskopie eine Bestätigung der Richtigkeit des periodischen Systems der Elemente (vgl. Ubl. 1939, S. 56, Abb. 2), weiterhin bestätigte sie die quantentheoretischen Vorstellungen vom Bau der Atome (ebd. S. 126, Abb. 10), sie zeigte die Gültigkeit des Duane-Huntschen Gesetzes auch bei den höchsten Spannungen (ebd. S. 159) und lieferte damit eine neue Methode zur Bestimmung der Planckschen Konstante. Auch die Chemie nahm starkes Interesse an den Ergebnissen der Röntgenspektroskopie, da ihr damit eine neue Methode an die Hand gegeben war, bei der chemischen Analyse noch kleinste Mengen eines Stoffes durch die charakteristische (Eigen-) Strahlung nachzuweisen (S. 55, ebd.). Auch die Abhängigkeit der Absorption von der chemischen Bindung wurde auf röntgenspektrographischem Wege untersucht. Nicht zuletzt lieferte die Röntgenspektroskopie wertvolle Beiträge zur Erforschung der Kristallstruktur und damit auch zur Materialprüfung [3]).

Mathematische Aufgaben zur wehrgeistigen Erziehung.

Von Sigmund Fröhner in Mannheim.

(Schluß.)

8. Vom Richtungshören.

Das Richtungshören ist nur dadurch möglich, daß wir den Schall mit zwei Ohren wahrnehmen, die einen Abstand voneinander haben.

Das menschliche Ohr besitzt die Fähigkeit, die sehr kleinen Zeitunterschiede, mit denen ein Schall beide Ohren trifft, zu empfinden und aus ihnen die Richtung zu erkennen, aus der der Schall ankommt.

Beträgt dieser Zeitunterschied 0,00003 Sekunden und weniger, so hat der Horcher die Empfindung, daß der Schallerreger auf der Mittelsenkrechten der Verbindungsstrecke beider Ohren liegt.

Berechne den Wegunterschied der Schallstrahlen zu den beiden Ohren für den Zeitunterschied von 0,00003 Sekunden bei der normalen Schallgeschwindigkeit von 333 m/sec!

Lösung: $333 \cdot 0{,}00003$ m = rund 1 cm.

9. Die akustische Ohrenbasis.

Beträgt der Zeitunterschied der Schallempfindungen an beiden Ohren 0,00063 Sekunden; so hat der Horcher die Empfindung, daß der Schallerreger seitlich auf der Verbindungsgeraden der beiden Ohren liegt.

Berechne auch hier den Wegunterschied der Schallstrahlen zu beiden Ohren für die Schallgeschwindigkeit von 333 m/sec! Er ist der Weg, den der Schall zurücklegt, um vom einen zum anderen Ohr zu gelangen. Man nennt diese Strecke die „akustische Ohrenbasis“.

Lösung: $333 \cdot 0{,}00063$ m = rund 21 cm.

Die „akustische Ohrenbasis“, die die Bedeutung einer Konstanten hat, beträgt 21 cm.

10. Auswanderung der Schallquelle.

Nach Aufgabe 8 empfindet man den Schallerreger bei einem Wegunterschied der Schallstrahlen zu den beiden Ohren von 1 cm noch auf der Mittelsenkrechten der „akustischen Ohrenbasis“.

Wieviel Grad beträgt demnach die Auswanderung der Schallquelle von der Mittelsenkrechten der „akustischen Ohrenbasis“ bei einem Wegunterschied der Schallstrahlen zu beiden Ohren von 1 cm? (Abb. 4.)

Abb. 4. Die akustische Ohrenbasis (Zeichnung verzerrt).

---

[3]) Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 1933, Bd. 48, S. 238.

Lösung: $\sin\alpha = \frac{1}{21}$; $\alpha = 2^\circ\,44' =$ rund 3°.

Mit unbewaffnetem Ohr kann man also nur Auswanderungen der Schallquelle von der Mittelsenkrechten der „akustischen Ohrenbasis“ wahrnehmen, die größer sind als 3°.

Hiermit hängt zusammen, daß das „Streulicht“ des Flakscheinwerfers eine Kegelweite von 4° hat.

11. Vom Horchgerät.

Die Richtungspeilung wird um so genauer, je größer der Abstand der beiden den Schall aufnehmenden Organe wird. Deshalb hat man beim Horchgerät (Ringtrichter-Richtungshörer) die „akustische Ohrenbasis“ durch Anbringen zweier Trichter (zwei in horizontaler und zwei in vertikaler Richtung) künstlich von 21 cm auf 135 cm vergrößert.

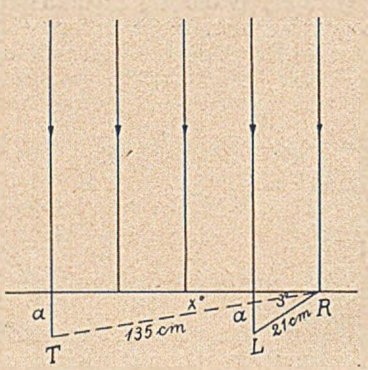


Abb. 5.
Peilgenauigkeit beim Richtungshörer (Zeichnung verzerrt). R = rechtes Ohr- bzw. rechter Trichter, L = linkes Ohr, T = linker Trichter.

Mit unbewaffneten Ohren kann die Schallrichtung bis auf 3° genau gepeilt werden. (Siehe Aufgabe 10.)

Wie groß ist die Peilgenauigkeit mit einem Richtungshörer, dessen Schalltrichter einen Abstand von 135 cm haben?

1. Lösung: Da es sich um nur kleine Winkel handelt, darf man annehmen, daß der Grenzwinkel beim Richtungshören sich im umgekehrten Verhältnis zum Trichterabstand ändert.

$$x^\circ : 3^\circ = 21 \text{ cm} : 135 \text{ cm}$$

$$x = \frac{3 \cdot 21}{135} \text{ Grad} = \frac{3 \cdot 21 \cdot 60}{135} \text{ Minuten} = 28'.$$

Mit dem Ringtrichter-Richungshörer kann man also auf rund ½° genau die Richtung peilen.

2. Trigonometrische Lösung (Abb. 5): Ist a die äußerste mit dem Ohr noch wahrnehmbare Wegdifferenz des Schalles, so ist

$$\sin x^\circ = \frac{a}{135} \text{ und } \sin 3^\circ = \frac{a}{21} \text{ oder } a = 21 \cdot \sin 3^\circ, \text{ folglich } \sin x^\circ = \frac{21 \cdot \sin 3^\circ}{135};$$

$x = 28' \approx \frac{1}{2}^\circ$. Das sind rund 8^{-}.

Vom Flakscheinwerfer.

12. Der Öffnungswinkel.

Berechne den Öffnungswinkel ω des parabolischen Spiegels beim Flakscheinwerfer 150 cm, dessen Brennweite 65 cm beträgt.

Lösung (Abb. 6): Brennweite $f = 65$ cm. Parameter $2p = 4f = 260$ cm. Scheitelgleichung der Parabel: $y^2 = 260\,x$. Größte Ordinate $y_1 = \frac{150}{2}$ cm $= 75$ cm.

Spiegeltiefe ist das zugehörige $x_1 = \frac{75^2}{260}$ cm $= 21{,}6$ cm.

$$\operatorname{tg}\frac{\omega}{2} = \frac{y_1}{x_1} = \frac{75}{21{,}6}.$$

$$\frac{\omega}{2} = 73^\circ\,56'.$$

$$\omega = 147^\circ\,52'.$$

Der Öffnungswinkel beträgt rund 148°.

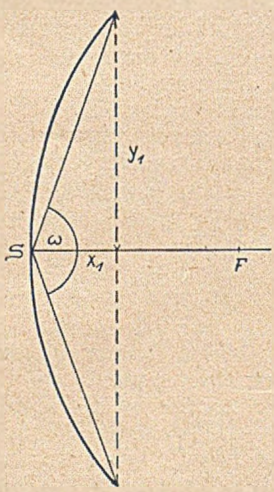


Abb. 6. Flakscheinwerfer (Öffnungswinkel).

13. Gewicht des Spiegels.

Berechne das Gewicht des parabolischen Glasspiegels des Flakscheinwerfers 150 cm, dessen Glasdicke 13 mm beträgt und der eine Brennweite von 65 cm hat, wenn das spez. Gewicht des Glases mit 2,37 angenommen wird!

1. Lösung: Angenäherte Lösung, bei der der Spiegel als Kugelhohlspiegel aufgefaßt wird (Abb. 7).

Gewicht P, Volumen V, Dicke d, spez. Gewicht s, Radius r. Spiegeltiefe $x_1 = 21{,}6$ cm (siehe Aufg. 12).

$$P = V \cdot s = 2r\pi x_1 \cdot d \cdot s$$

$$P = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot 21{,}6 \cdot 1{,}3 \cdot 2{,}37$$

$$75^2 = x_1(2r - x_1)$$

$$r = \frac{75^2 + 21{,}6^2}{2 \cdot 21{,}6}\ \text{cm}$$

$$r = 141\ \text{cm}$$

$$P = 2 \cdot 141 \cdot \pi \cdot 21{,}6 \cdot 1{,}3 \cdot 2{,}37\ \text{g}$$

$$\mathbf{P = 59\ kg.}$$

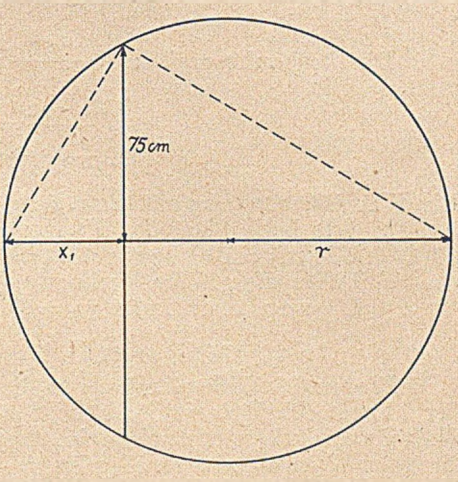


Abb. 7.

2. Lösung: Mit dem Oberflächenintegral des Rotationsparaboloids.

$$P = V \cdot s = 0 \cdot d \cdot s = d \cdot s \int_0^{x_1} 2y\pi\sqrt{1 + y'^2}\,dx$$

$$y^2 = 2px;\ y = \sqrt{2px};\ \sqrt{1 + y'^2} = \sqrt{\frac{2x + p}{2x}}$$

$$P = d \cdot s \cdot 2\pi\sqrt{p}\int_0^{x_1}\sqrt{2x + p}\,dx;\ 2p = 260\ \text{cm (siehe Aufg. 12).}$$

Substitution: $z = 2x + p$

$$P = 1{,}3 \cdot 2{,}37 \cdot 2\pi\sqrt{130}\int_{130}^{173{,}2}\frac{1}{2}z^{\frac{1}{2}}\,dz = 1{,}3 \cdot 2{,}37 \cdot \pi\sqrt{130}\left[\frac{2}{3}z^{\frac{3}{2}}\right]_{130}^{173{,}2}$$

$$\mathbf{P = 58{,}6\ kg.}$$

Flugabwehr mit Maschinengewehren.

14. Winkelgeschwindigkeit.

Maschinengewehre werden zur Flugabwehr erst bei einer Zielentfernung unter 1000 m mit Erfolg eingesetzt.

Bei der Flugabwehr durch MG. spielt die Winkelgeschwindigkeit eine wichtige Rolle.

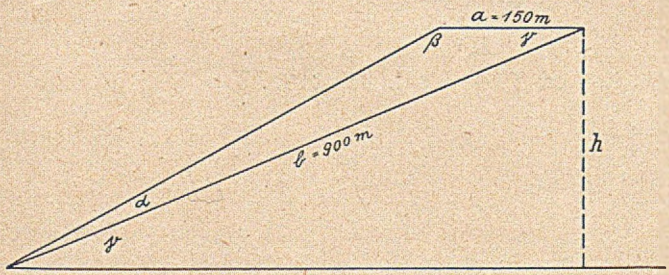


Abb. 8. Winkelgeschwindigkeit eines Flugzieles (Zeichnung verzerrt).

a) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit fliegt ein feindliches Flugzeug mit einer Horizontalgeschwindigkeit von 540 km/h einen MG.-Schützen an bei einer Zielentfernung von 900 m und einem Zielhöhenwinkel von $\gamma = 20°$?

Lösung: Anwendung des Tangenssatzes (Abb. 8)!

$$\frac{b+a}{b-a} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\beta+\alpha}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}}; \quad 540 \text{ km/h} = 150 \text{ m/sec.}$$

Die Rechnung ergibt: $\frac{\beta+\alpha}{2} = 80°$

$$\frac{\beta-\alpha}{2} = 76° \, 8'$$

$$\alpha = 3° \, 52'$$

Die Winkelgeschwindigkeit beträgt $w_\alpha = 3° \, 52'/\text{sec}$ = rund $4°/\text{sec}$.

b) Wie hoch fliegt das Flugzeug?

Lösung: $h = b \cdot \sin \gamma$ m $= 900 \cdot \sin 20$ m $= 307{,}8$ m.

c) Führe die gleiche Rechnung durch für einen Zielhöhenwinkel von 45°.

Lösung: Man findet $w_\alpha = 7° \, 37'/\text{sec}$ = rund $7\frac{1}{2}$ °/sec. $h = 636{,}4$ m.

15. Der tote Trichter über dem MG.

Wegen des Widerstandes, den die MG.-Lafette bietet, kann man das MG. bei der Abwehr feindlicher Flieger nicht auf jeden Höhenwinkel einstellen. Der größte Zielhöhenwinkel beträgt vielmehr ungefähr 76°. Dadurch entsteht über dem MG. ein toter Trichter, dessen Kegelweite ungefähr 28° beträgt. Feindliche Flugzeuge können, während sie den toten Trichter durchfliegen, vom MG. nicht unter Feuer genommen werden.

a) Zeichne einen ebenen Schnitt durch den Wirkungsbereich eines MG. bei der Flugabwehr (1 km) im Maßstab 1 : 25000 und zeichne die Kegelweite des toten Trichters ein!

b) Ein feindliches Flugzeug fliege in einer Höhe von 1. 800 m; 2. 600 m; 3. 400 m; 4. 200 m über ein MG. hinweg. Berechne jeweils die Flugstrecke, auf der das Flugzeug vom MG. unter Feuer genommen werden kann, und die Länge der Flugstrecke durch den toten Trichter (Abb. 9).

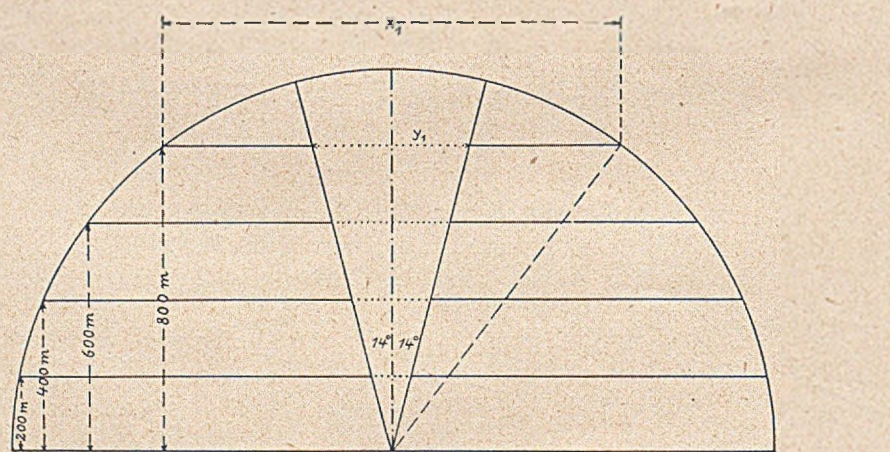


Abb. 9. Toter Trichter über dem MG.

Lösung: Flughöhe = 800 m:

$$\left(\frac{x_1}{2}\right)^2 = 1000^2 - 800^2 \text{ m}^2$$

$$x_1 = 1200 \text{ m}$$

$$\frac{y_1}{2} = 800 \cdot \operatorname{tg} 14 \text{ m} \qquad x_1 - y_1 = 800 \text{ m}$$

$$y_1 \approx 400 \text{ m.}$$

Durch die gleiche Rechnung findet man für die Flughöhe
von 600 m $x_2 = 1600$ m
„ 400 m $x_3 \approx 1833$ m
„ 200 m $x_4 \approx 1860$ m

Ferner verhält sich $y_1 : y_2 = 800 : 600$; $y_2 \approx 300$ m. Ebenso: $y_3 \approx 200$ m, $y_4 \approx 100$ m. $x_2 - y_2 = 1300$ m, $x_3 - y_3 = 1633$ m, $x_4 - y_4 = 1760$ m.

16. Dauer der Flugabwehr durch ein MG.

Nach Aufgabe 15 ist ein Weg, den ein Flugzeug beim Überfliegen eines Maschinengewehrs in dessen Wirkungsbereich zurücklegt, bei einer Flughöhe
von 800 m = 800 m, von 600 m = 1300 m,
„ 400 m = 1633 m, „ 200 m = 1760 m.

Berechne für diese Flugstrecken jeweils die zur Verfügung stehenden Beschußzeiten, wenn die Flugzeuggeschwindigkeit a) 600 km/h, b) 500 km/h, c) 420 km/h, d) 350 km/h, e) 280 km/h beträgt!

Lösung: Die Umrechnung ergibt:
a) 600 km/h = 167 m/sec; b) 500 km/h = 139 m/sec;
c) 420 km/h = 117 m/sec; d) 350 km/h = 97 m/sec;
e) 280 km/h = 78 m/sec.

Die Divisionen ergeben folgende ungefähre Beschußzeiten in Sekunden:

Flughöhe	Flugzeuggeschwindigkeit in km/h				
	600	500	420	350	280
800 m	5	6	7	8	10
600 m	8	9	11	13	17
400 m	10	12	14	17	21
200 m	11	13	16	19	24

17. Schußzahl eines MG. bei der Flugabwehr.

Berechne die Schußzahl eines MG. für die in Aufgabe 16 errechneten Beschußzeiten, wenn die Feuergeschwindigkeit des MG.
a) 400 Schuß in der Minute,
b) 500 Schuß in der Minute beträgt!

Lösung: Die einfache Rechnung ergibt folgende Lösungen:
a) Feuergeschwindigkeit: 400 Schuß in der Minute:

Flughöhe	Flugzeuggeschwindigkeit in km/h				
	600	500	420	350	280
800 m	33	40	47	53	67
600 m	53	60	73	87	113
400 m	67	80	93	113	140
200 m	73	87	107	127	160

b) Feuergeschwindigkeit: 500 Schuß in der Minute:

Flughöhe	Flugzeuggeschwindigkeit in km/h				
	600	500	420	350	280
800 m	42	50	58	67	83
600 m	67	75	92	108	142
400 m	83	100	117	142	175
200 m	92	108	133	158	200

Von der Flak.

18. Schätzen von Zielgeschwindigkeiten bei der Flak.

Bei Übungen im Schätzen von Flugzeuggeschwindigkeiten (Zielgeschwindigkeiten) wird bei der Flakartillerie als einfaches Hilfsgerät ein hölzernes rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck (Winkelscheit für die Schultafel) benützt. Es wird mit der rechten Hand so an das Auge gehalten, daß die Dreiecksebene in der durch Auge und Flugbahn bestimmten Flugebene liegt und eine Kathete senkrecht, die andere parallel zur Flugbahn zeigt. Mit der von der linken Hand bedienten Stoppuhr mißt der Beobachter, indem er längs der Kathete und der Hypotenuse visiert, die Flugzeit t für die Flugstrecke AB. Die Zielentfernung e wird mit einem Entfernungsmesser bestimmt.

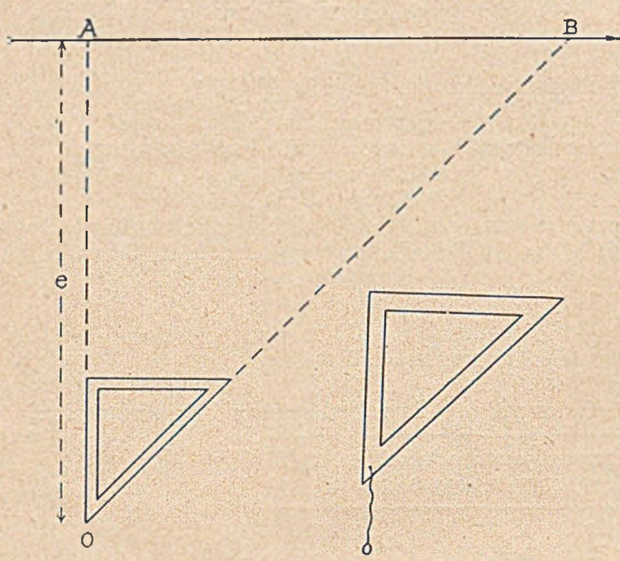


Abb. 10. Geschwindigkeitsschätzen mit dem Dreieck.

Um das Holzdreieck während des Zielens ruhig halten zu können, knüpft der Soldat die Schlinge einer am spitzen Winkel befestigten Schnur so in einen Waffenrockknopf, daß sie beim Zielen gespannt ist (Abb. 10).

a) Wie groß ist die Zielgeschwindigkeit?

Lösung: Holzdreieck und Dreieck OAB sind ähnlich. Zielgeschwindigkeit

$$v = \frac{e}{t} \text{ m/sec.}$$

Beispiel: e = 2000 m; t = 20 sec; v = 100 m/sec = 360 km/h.

b) Bestimme auf diese Weise die Geschwindigkeit eines Radfahrers, einer Straßenbahn, eines Eisenbahnzuges! Schätze hierfür die Zielentfernung e und schreite sie ab!

19. Berechnung der Reichweite der Flak bei Tiefangriffen.

Zu den vorbereitenden Maßnahmen einer Flakbatterie beim Schutze wichtiger Anlagen gegen Tieffliegerangriffe gehört die Aufgabe, den Wirkungsbereich der in Stellung gebrachten Geschütze gegen niedere Zielhöhen feindlicher Flieger schnell zu ermitteln.

Hierzu wird eine einfache Näherungsrechnung ausgeführt.

Ist der Abstand des Geschützes von einem Hindernis, über das hinweggeschossen werden soll, gleich a Meter, die Höhe des Hindernisses gleich h Meter und die Flughöhe (Zielhöhe) der feindlichen Flieger gleich z Meter, so wird die Reichweite des Flakgeschützes als $x = \frac{a \cdot z}{h}$ m berechnet.

a) Stelle die mathematisch genaue Gleichung zur Berechnung der Reichweite x auf! (Abb. 11.)

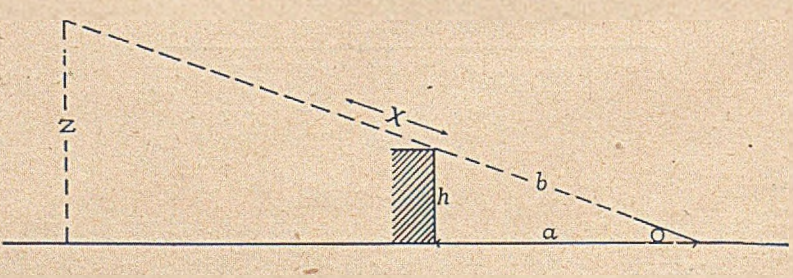


Abb. 11. Wirkungsbereich eines Geschützes beim Tiefenangriff.

Lösung: Ist die Luftlinie vom Flakgeschütz bis zur Spitze des Hindernisses gleich b Meter, so ist

$$z : h = x : b; \quad x = \frac{z \cdot b}{h}\ \text{m}; \quad x = \frac{z \cdot \sqrt{a^2 + h^2}}{h}\ \text{m}.$$

Warum wird also die Näherungsrechnung benützt?

b) Auf welche Entfernung kann ein Flakgeschütz nach der Annäherungsrechnung das Feuer eröffnen, wenn es 250 m hinter einer 30 m hohen Anhöhe steht und ein Tiefangriff aus einer Höhe von 60 m angenommen wird?

Lösung: $x = \frac{250 \cdot 60}{30}\ \text{m} = 500\ \text{m}.$

Das Geschütz kann den Tiefangriff also erst auf 500 m Entfernung bekämpfen.

c) Wie groß ist der bei der Näherungsrechnung entstehende Fehler?

Lösung: Genaue Berechnung: $x = \frac{60 \cdot \sqrt{250^2 + 30^2}}{30}\ \text{m}; \quad x = 504\ \text{m}.$

Der Fehler beträgt also bei 500 m nur 4 m; das sind 0,8 %.

20. Bombenwurf — Wurfweite.

Für die Flakartillerie ist es wichtig, für die verschiedenen Flughöhen und Fluggeschwindigkeiten feindlicher Flieger die Wurfweiten der Bomben zu kennen, da der Feind bekämpft werden muß, bevor er das durch die Flak geschützte Objekt mit Bomben belegen kann.

Für diesen Zweck genügt der Flakartillerie die theoretische Wurfparabel ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes, da der Luftwiderstand die Wurfweite nur unwesentlich beeinflußt, und zwar etwas verkürzt.

Zeichne eine Bombenabwurftafel für horizontale Fluggeschwindigkeiten von 40 m/sec, 60 m/sec, 80 m/sec, 100 m/sec, 120 m/sec in ein Netz mit der Maschenweite von je 500 m im Maßstab 1 : 50000 bis zu einer Abwurftiefe von 5000 m (Nomogramm)! (Abb. 12.)

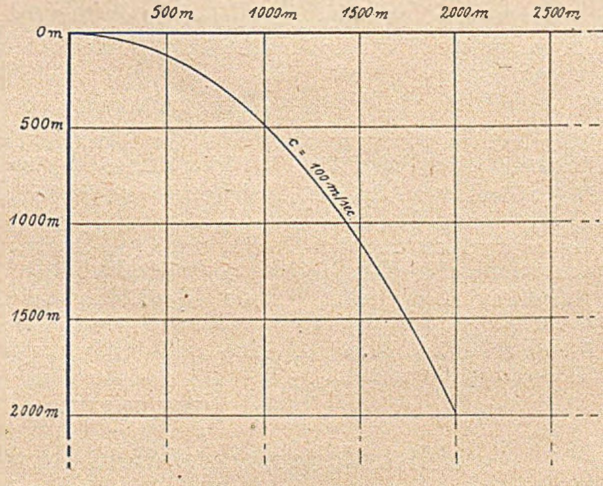


Abb. 12. Bombenwurftafel, Anleitung zur Konstruktion.

Lösung: Ist die Wurfweite mit x und die Wurfhöhe oder Flughöhe mit h, die Fluggeschwindigkeit mit c und die Zeit mit t bezeichnet, so ist

$$x = c \cdot t; \quad h = \frac{g}{2} t^2; \text{ also } h = \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{c^2}.$$

Somit ist die Bombenwurfweite

$$x = c \cdot \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{h}; \quad x = 0{,}452 \cdot c \cdot \sqrt{h}.$$

Das ist die von der Flakartillerie benützte Formel zur Errechnung der Bombenwurfweite bei bekannter Fluggeschwindigkeit und Flughöhe.

21. Umrechnung von Geschwindigkeiten bei der Flak.

Um Geschwindigkeiten, die in km/h angegeben sind, schnell in m/sec umrechnen zu können, benützt die Flakartillerie beim Schätzen von Zielgeschwindigkeiten eine Überschlagsrechnung, die hinreichend genaue Ergebnisse liefert.

„Man erhält die Geschwindigkeit in m/sec, wenn man von der Maßzahl der Geschwindigkeit in km/h den vierten Teil nimmt und 10% hiervon dazuzählt."

a) Stelle die Überschlagsrechnung als Gleichung dar, wenn v km/h = x m/sec sind.

Lösung: $x = \frac{V}{4} + \frac{1}{10} \cdot \frac{V}{4}$ m/sec.

b) Gibt die Überschlagsrechnung einen zu großen oder zu kleinen Wert?

Lösung: Die genaue Rechnung ergibt:

$$x = \frac{1000\,V}{3600}\ \text{m/sec} = \frac{10\,V}{36}\ \text{m/sec} = \frac{9\,V}{36} + \frac{V}{36}\ \text{m/sec} = \frac{V}{4} + \frac{V}{36}\ \text{m/sec.}$$

Bei der Überschlagsrechnung ist dagegen: $x = \frac{V}{4} + \frac{V}{40}$ m/sec.

Die Überschlagsrechnung gibt somit einen um $\frac{V}{36} - \frac{V}{40} = \frac{V}{360}$ m/sec zu kleinen Wert.

c) Drücke den Fehler in Prozenten der wahren Geschwindigkeit aus!

Lösung: Wahre Geschwindigkeit: $\frac{1000\,V}{3600}$ m/sec $= \frac{100\,V}{360}$ m/sec.

Fehler: $\frac{V}{360}$ m/sec. Der Fehler beträgt 1%.

d) Rechne folgende Flugzeuggeschwindigkeiten nach der Überschlagformel in m/sec um: 280 km/h; 350 km/h; 420 km/h; 540 km/h; 600 km/h; 736 km/h!

Literaturangabe.

1. Oberstleutnannt SCHILFFAHRT und Major SACHS, Batteriechef im Flakregiment 10, „Der Unterführer der Flakartillerie". Verlag Bernard & Graefe, Berlin.
2. Major HEILMANN, Referent in der Ausbildungsabteilung des Reichsluftfahrtministeriums, „Technisches ABC der Luftwaffe". Verlag Mittler & Sohn, Berlin.
3. Leutnant HELMUT BECK-BROICHSITTER, „Der Dienstunterricht im Heer, Infanterie-Panzerabwehr". Verlag Mittler & Sohn, Berlin 1939.
4. Hauptmann ERNST SCHLUCHTMANN, „Der Dienstunterricht in der Flakartillerie, Flakscheinwerferkanonier". Verlag Mittler & Sohn, Berlin 1938.
5. Flieger-Stabs-Ing. Dr.-Ing. A. KUHLENKAMP, KUTZSCHER und MATTNER, „Flugabwehr". VDI-Verlag, Berlin 1940.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Fliehkraftwirkung in Flugzeugen.

Von OTTO BRANDT in Berlin.

Von modernen Jagdflugzeugen verlangt man nicht nur sehr hohe Geschwindigkeiten, sondern auch große Wendigkeit, d. h. das Flugzeug muß in möglichst enger Kurve seine Richtung ändern können. Dabei treten erhebliche Beschleunigungskräfte auf, die Mensch und Werkstoff aufs äußerste beanspruchen und der Weiterentwicklung schließlich eine Grenze setzen.

Die Berechnung der Beschleunigungskräfte ist eine lehrreiche wehrphysikalische Anwendung der Fliehkraftgesetze: Das Flugzeug möge eine Geschwindigkeit von v = 600 km/h = 166 m/s haben. Die Fliehbeschleunigung, die in der Kurve vom Radius r auftritt, ist

$$b = \frac{v^2}{r}.$$

In der Praxis rechnet man im allgemeinen nicht mit dem absoluten Wert der Fliehbeschleunigung, sondern gibt das Verhältnis zwischen Fliehbeschleunigung und Schwerebeschleunigung an, also:

$$\frac{b}{g} = \frac{v^2}{r \cdot g}.$$

Dementsprechend ist auch das Verhältnis zwischen Fliehkraft und Schwerkraft (Gewicht):

$$\frac{Z}{G} = \frac{b}{g}.$$

Nun liegt das Flugzeug in der Kurve so oder wenigstens angenähert so, daß die Gesamtkraft in Richtung der Hochachse, d. h. ungefähr senkrecht zur Flügelfläche wirkt. Die Beschleunigung in dieser Richtung ist $\frac{\sqrt{b^2 + g^2}}{g}$ mal so groß wie die Schwerebeschleunigung. Der Ausdruck ist aber schon von Werten $\frac{b}{g} > 3$ an mit ausreichender Annäherung gleich b/g. Der Flugzeugführer wird also mit einer Kraft auf den Sitz gepreßt, die b/g mal so groß ist wie sein Gewicht. Desgleichen werden die Tragflächen, die beim Geradeausflug nur mit dem Fluggewicht belastet sind, im Verhältnis b/g stärker belastet.

In Abb. 1 ist das Flugzeug in Kurven von verschiedenem Halbmesser dargestellt. Die Kurven geben die Flugbahn an. Auf der Abszisse sind die Halbmesser, auf der Ordinate die Werte b/g vermerkt. Schon in einer Kurve von 1000 m Radius wird der Flieger also durch eine zusätzliche Last, die das Doppelte seines eigenen Körpergewichts ist, auf den Sitz gedrückt; dabei wird ein Aufstehen aus sitzender Haltung bereits unmöglich.

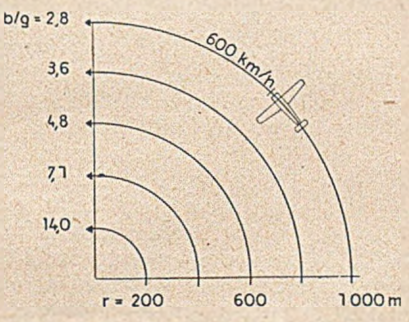


Abb. 1. Der Radius r der Kurve ist auf der Waagerechten, das zugehörige Verhältnis von Fliehbeschleunigung und Schwerebeschleunigung auf der Senkrechten vermerkt.

Abgesehen davon treten physiologische Wirkungen ein, deren Hauptursache in der scheinbaren Gewichtsvermehrung des Blutes liegt. Die Wichte des Blutes ist, wie man sogleich einsieht, scheinbar auf das b/g-fache gestiegen, beträgt also beispielsweise bei b/g = 8 etwa so viel wie die des Eisens. Daraus ergibt sich naturgemäß eine erhebliche Verlagerung der Blutdruckverhältnisse im Körper.

Nach den neueren flugmedizinischen Forschungen können, wie S. RUFF[1]) mitteilt, von der Flugzeugbesatzung bei sitzender Körperhaltung noch Beschleunigungen von 5 bis 6 g für einige Sekunden ohne Störung ertragen werden. Bei höheren Beschleunigungen tritt infolge der Blutkreislaufstörungen eine Gesichtsfeldverdunklung und schließlich Verlust des Bewußtseins auf. Ein Fliegen in engster Kurve ist beim Kampfe also zwar ein entschiedener Vorteil, birgt aber gleichzeitig die Gefahr physiologischer Störungen in sich. Infolgedessen wird der Flieger die Geschwindigkeit und Wendigkeit des Jagdflugzeuges schließlich nicht mehr ausnutzen können. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, daß dagegen bei liegender Körperhaltung Beschleunigungen bis 20 g ertragen werden. Die scheinbare Wichte des Blutes ist dabei also größer als die von Quecksilber!

Eine neue osmotische Zelle.

Von REINHOLD SCHARF in Berlin.

Zur Demonstration des osmotischen Druckes sind neben der klassischen PFEFFERschen Zelle bereits viele Vorrichtungen empfohlen worden; eine der bekanntesten benutzt die sogenannten Diffusionshülsen. Im folgenden soll eine Zelle

---

[1]) S. RUFF, Biologische Probleme des Hochgeschwindigkeitsfluges. R. Oldenbourg, München und Berlin 1940; VDI-Zs. 84, 817, 1940.

beschrieben werden, die den Vorteil bietet, die Erscheinung des osmotischen Druckes innerhalb kürzester Zeit vorführen zu können.

Als halbdurchlässige Membran wird ein Gelatinehäutchen benutzt, das von einem feinmaschigen Drahtnetz getragen wird. Das Drahtnetz kann über die Öffnung einer Trichterröhre gebunden oder besser zylindrisch aufgerollt und mit einem passenden Glasansatz verbunden werden. Auf der anderen Seite wird der Zylinder verschlossen. Folgende Einzelheiten sind zu beachten:

Zunächst wird ein Glasrohr von 20 bis 25 mm äußerem Durchmesser in der Gebläseflamme derart ausgezogen, daß eine nicht zu dünnwandige Röhre von 6 bis 8 mm Durchmesser entsteht. Das ausgezogene Stück wird auf eine Länge von 4 cm gekürzt, ebenso das weite Glasrohr, so daß ein Übergangsstück von einem großen zu einem kleinen Durchmesser entsteht. Die scharfen Kanten werden in der Flamme geglättet. Auf den weiten Teil dieses Übergangsstückes wickelt man ein feines Bronzedrahtnetz, das etwa 2000 Maschen je Quadratzentimeter besitzt, so auf, daß ein Hohlzylinder von etwa 10 cm Länge entsteht. In der Längsnaht müssen beide Seiten des Drahtnetzes einige Millimeter einander überlappen, hier werden sie miteinander weich verlötet. Den Boden des Zylinders bildet eine kreisrunde Messingscheibe, die mit dem Zylindermantel gleichfalls weich verlötet wird. Dieser auf einer Seite verschlossene Hohlzylinder wird jetzt etwa 2 cm auf den weiten Teil des Glasrohres hinaufgeschoben und dort mehrere Male mit weichem, dünnen Kupferdraht festgezogen. Hiermit ist die Herstellung des Tragegerüstes für die Gelatinemembran beendet (Schnitt durch die osmotische Zelle siehe Abbildung).

In einem Prüfglas von 30 mm Durchmesser weicht man 10 g weiße Gelatine in 100 cm³ destilliertem Wasser ein und erwärmt anschließend das Prüfglas im Wasserbad unter gelegentlichem Umrühren der Gelatinelösung. Nach vollständiger Lösung der Gelatine taucht man das auf das Glasrohr aufgezogene Drahtnetz vollständig in die etwa 50° warme (nicht heiße!) Gelatinelösung ein, sorgt durch kräftige Bewegung des Drahtnetzes dafür, daß sich keine Luftblasen an diesem festsetzen können, und zieht es aus der Lösung wieder heraus. Den größten Teil der überschüssigen Lösung läßt man ablaufen, während der nächsten Minute läßt man den zusehends dickflüssiger werdenden letzten Tropfen der Lösung im Innern des Zylinders so umherfließen, daß eine möglichst gleichmäßig dicke Gelatineschicht entsteht. Anschließend stellt man die Zelle so auf, daß die weiche Gelatineschicht nicht verletzt werden kann, am besten klammert man sie an dem dünnen Glasansatz in ein Stativ. Bereits nach etwa einer halben Stunde kann die Zelle benutzt werden, jedoch kann sie auch ohne Schwierigkeiten mehrere Tage in trockenem Zustand aufbewahrt und dann erst in Betrieb genommen werden.

Bei dem Tauchen des Gerüstes in die Gelatinelösung ergibt sich zwangsläufig, daß alle Undichtigkeiten an der Befestigungsstelle des Drahtnetzes mit dem Glasansatz gleichfalls mit Gelatinelösung ausgefüllt werden, und daß auf diese Weise Undichtigkeiten auch an dieser sonst sehr kritischen Stelle unschädlich gemacht werden.

Will man den osmotischen Druck einer Zuckerlösung vorführen, so füllt man eine angefärbte 50 %ige Lösung in die Zelle, setzt ein kurzes Stück Gummischlauch auf den Glasansatz, füllt auch diesen mit der gleichen Lösung und verbindet damit ein Kapillarrohr von 1 bis 2 mm lichter Weite. Durch das Einschieben des Glasrohres in den Gummischlauch wird die darin befindliche Zuckerlösung um einige Zentimeter in das Steigrohr hineingedrückt. Senkt man die gefüllte Zelle jetzt in ein Glas mit destilliertem Wasser, so steigt die Zuckerlösung in dem Kapillarrohr stetig und mit nahezu gleichbleibender Geschwindigkeit. Bei einem Kapillarrohr von 2 mm lichter Weite betrug die Steigung etwa 3 cm je Minute, verwendet man ein Kapillarrohr von nur 1 mm Weite, so ergibt sich entsprechend dem verminderten Querschnitt eine Steigung von etwa 12 cm je Minute.

Um die Druckfestigkeit der Zelle zu erproben, wurden an das erste Steigrohr weitere Stücke Kapillarrohr mittels Gummischlauches angesetzt, aber oft reichte die Zimmerhöhe nicht aus, um ein Durchbrechen der Gelatinemembran beobachten zu können. Zur Messung des sehr hohen Enddruckes dagegen ist diese Zelle natürlich ebenso wie die meisten anderen vorgeschlagenen Ausführungsformen nicht geeignet. Ihre Anwendung empfiehlt sich dann, wenn es wie in der Schule darauf ankommt, rein qualitativ das Bestehen eines osmotischen Druckes und zwar in kürzester Zeit zu veranschaulichen.

Nach der Benutzung der Zelle läßt sich die Gelatineschicht mit warmem Wasser leicht wieder entfernen, das Tragegerüst kann dann wieder von neuem benutzt werden.

Bücherbesprechungen.

Wetzel, K., Grundriß der allgemeinen Botanik. X u. 355 S. mit 364 Abb. im Text und auf 4 Tafeln. Berlin 1940, W. de Gruyter & Co. Geb. 15,— RM.

Das Buch weicht in Anlage und Durchführung bewußt von bisher vorliegenden Lehrbüchern der wissenschaftlichen Botanik ab. Es wendet sich, nach den Worten des Verfassers, in erster Linie an Studierende der angewandten Biologie, verzichtet also auf alle nur den Fachbotaniker interessierenden Teilgebiete. Ich glaube, daß aber auch der vorklinische Mediziner das Buch mit Vorteil verwenden kann. — Mit Recht betont der Verfasser, daß die Physiologie „das Band ist, das alle biologischen Teilwissenschaften verbindet und allen Zweigen der angewandten Biologie Wesentliches zu vermitteln hat". Dementsprechend liegt der Schwerpunkt des Buches im physiologischen Teil (181 Seiten). Daneben ist die Morphologie (Organographie) auf 82 Seiten und die Anatomie (Zytologie und Histologie) auf 62 Seiten behandelt. Verfasser bringt also zum erstenmal in neuerer Zeit ein botanisches Lehrbuch ohne den systematisch-floristischen Teil, der bei den bekannten Hochschullehrbüchern einen breiten Raum einnimmt. So ist ein Grundriß entstanden, der, bei aller Knappheit im einzelnen, alles wirklich Wichtige aus dem Gesamtgebiet der allgemeinen Botanik in leicht verständlicher Form behandelt. Auch Zoologen und Physiologen werden das Buch gern verwenden, um sich rasch über Grundfragen der Pflanzenforschung zu orientieren. Daß der neueste Stand der botanischen Forschung berücksichtigt ist, dafür bürgt der Name des Verfassers. Besonders wertvoll erscheinen mir die auch im Druckbild übersichtliche Gliederung des Stoffes und die zahlreichen tabellarischen Übersichten nebst schematischen Darstellungen, z. B. Generationswechsel, Entwicklungszyklus der Samenpflanzen, alkoholische Gärung, Wasserstoffbewegung im Atmungs- und Gärungsprozeß, Kreisläufe usw. Vieles davon läßt sich unmittelbar im Biologieunterricht der Oberstufe verwenden. Die Vererbungslehre und Variabilität ist mit 12 Seiten zwar ziemlich knapp weggekommen; aber dank einer sehr konzisen Form, die das ganze Buch auszeichnet, ist auch hier das Wesentliche klar dargestellt und bildet zum Beispiel für Studierende eine gute Zusammenfassung zur Wiederholung. — Nur zwei Wünsche bleiben offen: ein kurzes Literaturverzeichnis, etwa am Ende jedes größeren Abschnittes, das vor allem grundlegende und neueste Arbeiten bringen müßte und — bei der auch vom Verfasser hervorgehobenen allgemeinbiologischen Wichtigkeit der Pflanzenphysiologie — eine kurze Darstellung der Elektrophysiologie der Pflanze, die heute besondere Bedeutung hat im Hinblick auf analoge Vorgänge im Tier- und Menschenkörper. Alles in allem kann man dieses neue botanische Lehrbuch freudig begrüßen und es allen Biologen, besonders aber dem Schulbiologen, wärmstens empfehlen.

Dresden. Eichler.

Gillert, Ernst, Die Kampfstofferkrankungen. Erkennung, Verlauf und Behandlung der durch chemische Kampfstoffe verursachten Schäden. Verlag Urban und Schwarzenberg, Berlin und Wien 1938. Kart. 3,80 RM.

Das vorliegende Buch ist eine außerordentlich wertvolle Bereicherung der Kampfstoffliteratur. Der recht mäßige Preis gestattet weitesten Kreisen die Anschaffung dieser trefflichen Einführung in das Gebiet der Kampfstofferkrankungen, deren Kenntnis auch jetzt noch immer weiter ausgedehnter Verbreitung bedarf.

Die Anlage des Buches beweist die außerordentliche Vertrautheit des Verfassers mit der einschlägigen Literatur. Durch die sehr reiche Zahl der angezogenen Literaturstellen empfängt der Leser, der über den Rahmen des Buches hinaus in das Gebiet der Kampfstofferkrankungen eindringen will, sichere Führung und starke Anregung; auch der mit diesem Gebiete bereits vertraute Benutzer des Buches wird diese Literaturangaben mit Dank begrüßen und erfolgreich verwerten. Der besondere, tiefe Wert der Veröffentlichung liegt in der so glücklichen Vereinigung wissenschaftlicher und geschichtlicher Grundtatsachen des chemischen Krieges mit der praktischen Führung durch das Gebiet der Feststellung von Kampfstoffschädigungen und ihrer Behandlung. Der Praktiker, dem die Berufsarbeit nicht die Zeit läßt, zeitraubende Studien zu treiben, findet hier kurze und klare Ratschläge. Auch dem Nichtarzt, so dem naturwissenschaftlichen Lehrer und dem interessierten Laienhelfer, gibt GILLERTS Arbeit verständliche Aufklärung. Alles in allem: diesem wertvollen Buche gebührt weiteste Verbreitung. PETZOLD.

Jander, Gerhart, und Spandau, Hans, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. X und 436 Seiten mit 106 Abb. Berlin 1940, Julius Springer.

Diese sehr beachtenswerte Neuerscheinung unter den Hochschullehrbüchern der anorganischen Chemie ist zunächst für „alle diejenigen gedacht, welche, wie die Mediziner, Naturwissenschaftler und Techniker, die Chemie als Hilfswissenschaft benötigen". Es soll aber auch den zukünftigen Berufschemiker in seine Wissenschaft einführen und ihm hierbei Ausblicke auf die anorganisch-chemische Forschungsarbeit gewähren. Zu diesem Zweck sind den eigentlichen Lehrbuchkapiteln Abschnitte über Komplexverbindungen und die Koordinationslehre, über Hydride, intermetallische Verbindungen, Reaktionen im festen Aggregatzustand und über wasserähnliche anorganische Lösungsmittel (flüssiges Ammoniak und Schwefeldioxyd) angefügt.

Den Schulmethodiker wird es interessieren, daß zur Einführung in das Lehrgebiet einfach gestaltete Abschnitte über das Wasser, die Bestandteile der Luft, den Kohlenstoff, über das physikalische und chemische Verhalten der Metalle und über die Halogene dienen. Diese erste Stoffsammlung wird dann benutzt, um die Eigenschaften der Säuren, Basen und Salze zu behandeln. Die darauf folgenden Abschnitte sind nach dem periodischen System geordnet.

Es drängt sich bei der Prüfung dieses Werks der Wunsch auf, die Hochschullehrbücher zugunsten einer notwendigen Ökonomie unserer wissenschaftlichen Ausbildung enger an die auf der Höheren Schule benutzten Bücher anzuschließen, die ja gerade jetzt nach einem einheitlichen Plane eingerichtet sind. Daß dieser Wunsch nicht unerfüllbar ist, zeigt der Versuch eines neueren, schnell beliebt gewordenen Lehrbuchs der physikalischen Chemie, auf Grund der jetzt einheitlicheren Schulausbildung der jungen Studierenden nicht unwesentliche Teile des Lehrgebiets als bekannt vorauszusetzen. FRANCK.

Laubrinus, Einheitslernmittelkasten. Herausgegeben von FRITZ LAUBRINUS, Zeichen- und Malbedarf. Berlin-Charlottenburg. 21,— RM.

In Form eines Reißzeugs vereinigt dieser Kasten, was für das gebundene Zeichnen notwendig ist. Er enthält einen Einsatzzirkel mit Blei-, Reißfeder- und Nadelspitzeinsatz sowie Verlängerungsstange, einen Griff zur Verwendung des Reißfedereinsatzes als Ziehfeder, einen Nullzirkel (Fallzirkel) mit Blei- und Federeinsatz, ein 20 cm langes Lineal mit Handgriff, einer Meßkante und einer Anlegekante, einen Winkelmesser, ferner zwei Zeichenstifte verschiedener Härtegrade, vier Farbstifte, einen neuartig gebauten Bleistiftspitzer nebst sinnreich zusammengesetzter Feile zum Feinspitzen des Bleistiftes, Radiergummi und Behälter für Zirkelblei. Damit sind, abgesehen von den Zeichendreiecken, über die später zu berichten sein wird, alle Geräte zusammengestellt, die für das Zeichnen im technischen und im Mathematikunterricht gebraucht werden.

Die gesamte Ausführung ist erstklassig. Die Zirkel sind Präzisionsarbeit der Firma E. O. Richter & Co. Auch die übrigen Gegenstände sind von hervorragend guter Beschaffenheit.

Der Kasten hat sich im Gebrauche an Werk- und Werkberufsschulen bestens bewährt. Er kann jedoch auch für den Gebrauch an höheren und mittleren Schulen durchaus empfohlen werden.

Besondere Aufmerksamkeit verdient das eigenartig konstruierte Lineal sowie der Bleistiftspitzer, der wirklich einwandfrei arbeitet, indem Holz und Blei gesondert gespitzt werden.

Wieleitner, H., Geschichte der Mathematik I und II. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1939. Sammlung Göschen 226 und 875. Neudruck.

In unverändertem Neudruck erscheint die bekannte Geschichte der Mathematik unseres unvergeßlichen WIELEITNER. Der erste Band behandelt die Geschichte von den ältesten Zeiten bis zur Wende des 17. Jahrhunderts, der zweite erstreckt sich auf die Zeit von 1700 bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts.

Auf dem kleinen Raum ist eine Fülle von Stoff mit bewundernswertem Geschick zusammengestellt, in den Abschnitten Altertum und Mittelalter nach den jeweils führenden Kulturvölkern geordnet, im letzten, ausgedehntesten Abschnitt nach den mathematischen Sachgebieten.

Vielleicht hätte bei Herstellung des Neudruckes ohne allzu große Kosten der Schluß des Werkes eine geringfügige Änderung erfahren können, damit nicht als letzter Gedanke die Erinnerung an einen Juden stehen blieb.

Dresden. KERST.

Paarmann, S., Chemie des Waffen- und Maschinenwesens. Berlin 1940, Julius Springer. 266 S., 54 Abb. Geb. 12,— RM.

Die erste Auflage dieses ausgezeichneten Buches wurde bereits besprochen (Ubl. 1937, S. 59). Die jetzt vorliegende zweite Auflage weist ihr gegenüber eine Erweiterung um fast die

Hälfte des bisherigen Umfangs auf, trotzdem der Abschnitt „Metallische Werkstoffe" herausgenommen wurde. Der gewonnene Raum wurde vor allem für die Ergänzung der in schneller Wandlung begriffenen technischen Verfahren und für die Vertiefung der physikalisch-chemischen Grundlagen verwendet. Das Buch ist dadurch für den Schulchemiker noch brauchbarer geworden und kann auch in seiner neuen Gestalt zur Information über fast alle Fragen der Wehrchemie als knapper, aber gründlicher und zuverlässiger Berater empfohlen werden.

Berlin. ZEITLER.

Pohl, R. W., Einführung in die Optik. Verlag Julius Springer, Berlin 1940.
Pohl, R. W., Einführung in die Elektrizitätslehre. Verlag Julius Springer, Berlin 1940. 5. Auflage.

Mitten im Krieg ist der seit langem erwartete abschließende 3. Band „Einführung in die Optik", von POHLS Einführung in die Physik erschienen. Wie in den anderen beiden Bänden, ist auch in ihm der Leitgedanke, den Stoff so darzustellen, daß alles das, was zum Aufbau und Zusammenhang gehört, von allen Schlacken überlieferter Darbietung befreit, von einer höheren Warte aus und doch voraussetzungslos gebracht wird. Wie die „Einführung in die Elektrizitätslehre", die nun in 5. Auflage vorliegt und in der vierten vollständig umgearbeitet worden ist, wird auch die Optik ihren Einfluß auf die Gestaltung des Unterrichts in der höheren Schule ausüben. Sind auch der Krieg und die tiefen Eingriffe in den Unterricht, die er im Gefolge hat, nicht gerade günstig für methodische Erwägungen, so sei doch jedem Lehrer der Physik, der Zeit und Muße dazu hat, das Buch aufs wärmste zum Studium und zur Anregung empfohlen. Der Weg, den POHL beschreitet, ist meines Erachtens der einzige, der die Gewähr dafür gibt, daß der Unterricht an der Hochschule und, soweit er übertragbar ist, auf der höheren Schule zielstrebig und fortschrittlich ist.

Beide Bände sind in Ausstattung und Abbildungen vorbildlich und von bewußter Eigenart.

Hamburg. HAHN.

Die Himmelswelt. Zeitschr. z. Pflege der Himmelskunde und verwandter Gebiete. Jährl. 12 Hefte (6 Doppelhefte), Bezugspreis 10,— RM. jährl., Doppelheft 2,— RM. Verl. Ferd. Dümmler, Bonn und Berlin SW 68. 50. Jahrg. Heft 9/10 bzw. 11/12. Aus dem Inhalt beider vorliegender Doppelhefte der von führenden deutschen Fachmännern herausgegebenen Zeitschrift, die vom Verlag nicht nur im 50. Jahrgang, sondern wie stets, trotz des Krieges, in würdigstem Gewande ausgestattet wird, kann nur hervorgehoben werden: Der Nachruf für den Mitbegründer Professor PLASSMANN, ein Aufsatz über Aufnahme von Linienspektren der B- und A-Sterne mit einfachen Hilfsmitteln von JANSS, Hamburg, ein Forschungsbericht über Nordlicht und Aufbau der Ionosphäre, der 1. Teil der von STRÖMGREN durchgesehenen Übersetzung seines Überblicks über den Wandel der Anschauungen in der Energieerzeugung im Sterninnern, besonders hinsichtlich der Fortschritte in der Erkenntnis des Kernaufbaus, sowie ein Aufsatz über die Entstehung der Kondensfahnen bei Flugzeugen. Zu begrüßen sind im Abschnitt Der Monatshimmel die Benützung deutscher Sternbilder. Die im Büchertisch besprochenen Bücher könnten vielleicht besser ausgewählt werden, da der Leserkreis der Himmelswelt wohl mehr auf wissenschaftliche Werke Wert legen wird, als auf religiöse metaphysische oder astralmythologische Spekulationen.

Ulm/Donau. SÄTTELE.

Zur Besprechung aus der „Reihe G, der Schriften der Bremer Wissenschaftlichen Gesellschaft", Bd. VI, liegen vier Beiträge höchst namhafter Wissenschaftler mit recht verschiedenen Themen vor, die allerdings eines gemeinsam haben, nämlich die besondere Neuartigkeit.

Heft 1: **Waldmann, O.**, Die Erforschung der Viruskrankheiten und ihre Bekämpfung. Verlag Arthur Geist, Bremen 1940. 1,50 RM.

Der bekannte Bekämpfer der Maul- und Klauenseuche berichtet hier in besonders klarer Form übersichtlich über die Infektionskrankheiten, die durch Virus hervorgerufen werden, ihre Bekämpfung als über die Virusforschung überhaupt. Bemerkenswert bleibt die vorsichtige Stellungnahme zu den Ergebnissen STANLEYS, der in dem Virus den auf der Grenze zwischen Belebten und Unbelebten stehende Stoff sehen will.

Heft 2: **Rodenwaldt, E.**, Die Rassenmischung als historisch-biologisches Problem. Verlag Arthur Geist, Bremen 1940. 1,50 RM.

Nach einer sehr feinsinnigen Einleitung über die Wichtigkeit der Einführung biologischer Erkenntnisse in die geschichtliche Wissenschaft mit eindeutigen Beweisen für die Fruchtbarkeit dieser Methode gibt RODENWALDT aus der Geschichte Javas ein fesselndes und überzeugendes Beispiel für die staatliche und politische Bedeutung der Rassenmischung.

Heft 3: **Stocker**, Das biologische Weltbild. Grundprobleme der Biologie. Verlag Arthur Geist, Bremen 1940. 1,50 RM.

In leicht faßlicher Art — als Grundproblem des Lebens dasjenige der Formung, der Lebensfunktion und der Entwicklung ansehend — legt STOCKER die innere Berechtigung eines biologischen Weltbildes dar.

Heft 4: **Hartmann, M.,** Das Wesen und die stofflichen Grundlagen der Sexualität. Verlag Arthur Geist, Bremen 1940. 2,— RM.

Auf kleinem Raum, doch in sehr umfassender Form, die ein intensives Mitarbeiten vom Leser fordert, behandelt der Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Biologie ein von ihm und einem seiner Schüler gründlich durchforschtes Gebiet, eindeutig den anisogamen Charakter der Gesamtsexualität beweisend.

Schultze, Dr. Ernst, Vogelzug und Menschenwanderung. Erinnerungen an die Urzeit der nordischen Rasse. 472 Seiten mit 17 Abbildungen und 12 Tafeln. Verlag J. Neumann, Neudamm 1940.

Ernst Schultze, der Leiter des Weltwirtschaftlichen Instituts der Leipziger Universität, gibt in dem umfang- und inhaltsreichen Buch die ersten Grundlagen für eine Wissenschaft der Wanderungsforschung, die sich auch in der von ihm gezogenen, im ersten Augenblick kühn anmutenden Parallele des Titels als durchaus tragfähig erweisen. Direkte Beziehungen zwischen Vogelzug und Menschenwanderung glaubte er besonders in der Urzeit der nordischen Bauernvölker zu finden (Nachklang: Die Auguren Roms), weitere Übereinstimmungen stellte er mit Recht auf den Gebieten der Wanderungsursachen, der Organisation, des artverschiedenen Wandertriebes fest. Über diese Beziehungen hinaus gibt er aber hauptsächlich eine hervorragende Zusammenstellung unserer Kenntnisse und Theorien über die Zugvögel einerseits und— knapper— über räumliche und geistige Grundlagen der Menschenwanderungen im allgemeinen und die nordischen Urzeitwanderungen im besonderen andererseits. Kleine biologische Unstimmigkeiten sind für das Gesamtwerk unbedeutend.

Bayreuth. Dr. Dittrich.

Siebertz, Paul, Gottlieb Daimler, ein Revolutionär der Technik. 334 S. 33 Bildtafeln, 25 Textabbildungen. J. F. Lehmanns Verlag, München und Berlin 1940. Lw. 7,40 RM., kart. 6,20 RM.

Eine Beschreibung von Leben und Werk dieses großen deutschen Technikers und hervorragenden Menschen war zweifellos ein Bedürfnis. Aus Heimatboden und Ahnenerbe heraus erleben wir die Entwicklung Daimlers und damit gleichzeitig ein Stück Geschichte der Technik und des Verkehrswesens. Die Fassung ist volkstümlich im guten Sinne. Auf die technischen und wissenschaftlichen Probleme wird so weit eingegangen, daß auch der mit diesen Dingen vertraute Leser bereichert wird. Besonders fesselnd sind die Kapitel, die den Kampf Daimlers für seine Erfindung gegen die empörenden jüdischen, kapitalistischen Machenschaften schildern. Ein umfangreiches Quellen- und Literaturverzeichnis zeugt von der sorgfältigen, zuverlässigen Arbeit des Verfassers und gibt Anregungen für weitere Vertiefung. Jeder deutsche Junge, dem man dieses Buch in die Hand gibt, wird begeistert sein und wird durch das Buch erziehlich und bildend in gleicher Weise beeinflußt werden.

Gey-Teichmann, Einführung in die Lehre vom Schuß (Ballistik). Mathematisch-Physikalische Bibliothek, Reihe II, Heft 11. Dritte, erweiterte und verbesserte Auflage. 128 S. 69 Fig. 2 Tafeln. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939.

Daß von dem Büchlein in zwei Jahren nun schon die dritte Auflage erschienen ist, spricht für seinen Wert und die Zahl seiner Freunde. Eine Empfehlung ist also kaum noch nötig, nachdem es hier bei seinem ersten Erscheinen ausführlich gewürdigt wurde. Bei dieser Auflage ist der Umfang etwas erweitert worden, um verschiedenen Wünschen entgegenzukommen. Erweitert wurde der Abschnitt über die innere Ballistik. Hinzugefügt wurde ein Abschnitt über das Flak-Schießen und ein anderer über die Beeinflussung der Flugbahn durch die Erddrehung. Vom Schulphysiker wird die Vermehrung der Anweisungen für Schauversuche begrüßt werden.

Weinrich, H., Physikalische Denkaufgaben aus der Welt des Soldaten. 62 Abb. Math.-Phys. Bibliothek, Reihe I, Band 95/96. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940. 2,40 RM.

Der Verfasser bringt in dem Bändchen eine zeitgemäße Erweiterung seiner „Physikalischen Beobachtungs- und Denkaufgaben des Alltags“ (Math.-Phys. Bibl. I, 90), die hier seinerzeit besprochen worden sind. 150 Aufgaben aus der Physik des Heeres, der Luftwaffe und der Kriegsmarine werden in allgemeinverständlicher und immer anregender Weise behandelt. Daß die Aufgaben nach Wert und Darstellung ungleichartig sind, liegt in der Sache; schwierige wechseln mit leichten, neue mit alten ab. Mancherlei kleine Ungenauigkeiten und Unklarheiten werden bei einer sicher bald notwendig werdenden zweiten Auflage verschwinden. So wird bei der bekannten, in jedem wehrsportlichen Buche zu findenden Aufgabe der Bestimmung der Himmelsrichtung mit Sonne und Taschenuhr zwar darauf hingewiesen, daß die Uhr eigentlich in der Ebene des Himmelsäquators liegen müsse. Der Fehler wird aber als klein bezeichnet; er kann jedoch den immerhin beachtlichen Betrag von 30° erreichen! Die Benennung einer Geschwindigkeit in Meter statt in m/sec ist keinesfalls angängig (S. 58). Das sind aber Kleinigkeiten, die den Wert des Büchleins nicht erheblich beeinträchtigen. Sicher wird es wieder viele Freunde finden.

Günther.

Abhandlungen.

Günstigste Segelstellung.

Von ERNST LAMPE in Elsterwerda.

1. Im Kapitel „Wirkung des Windes und Segelstellung" eines Instruktionsbuches der Marine [1]) heißt es: „Die Praxis ergibt, daß das Segel am günstigsten steht, wenn der Baum des Segels den durch die Längsschiffsrichtung und die Richtung des einfallenden Windes gebildeten Winkel halbiert."

Auch die „Theorie" führt zu demselben Ergebnis. Man vergleiche etwa die Behandlung der entsprechenden Aufgabe im mathematischen Unterrichtswerk von FRICKE, HEILALD, OPPERMANN [2]). Um sofort zu der obigen „Faustregel des Seglers" zu kommen, empfiehlt sich folgende kürzere Lösung:

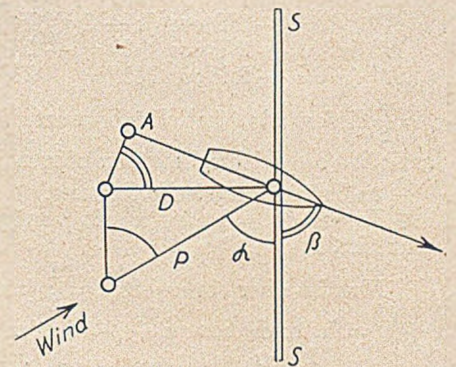


Abb. 1.

Das Segel bilde mit der einfallenden Windrichtung den Winkel α, mit der Längsschiffsrichtung den Winkel β. Der Druck, den der Wind auf das Segel ausübt, wenn es auf der Windrichtung senkrecht stehen würde, sei P. Aus der Abb. 1 erkennt man leicht, daß in unserem Fall der Druck auf das Segel $D = P \sin \alpha$ ist. Für die Vorwärtsbewegung des Bootes kommt nur die Komponente A (Antriebskraft) $= D \sin \beta$ in Frage. Diese Antriebskraft $A = P \sin \alpha \cdot \sin \beta$ muß möglichst groß sein, wobei $a + \beta = k$ (konstant) ist.

a) Näherungslösung durch planmäßiges Probieren.

Beispiel: $k = 150°$.

α	β	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$\sin \alpha \cdot \sin \beta$
10°	140°	0,17	0,64	
20°	130°	0,34	0,77	
30°	120°	0,5	0,87	
40°	110°	0,64	0,94	
50°	100°	0,77	0,985	
60°	90°	0,87	1	0,87
70°	80°	0,94	0,985	0,926
75°	75°	0,966	0,966	0,933
80°	70°			0,926
90°	60°			0,87

Hierzu aus „Erziehung und Unterricht": Der Schüler ist zu einer Vorausschau anzuleiten. Überschlagsrechnungen oder ein zeichnerischer Entwurf (s. hierzu Lösung d) werden die Wege zu einer Lösung ebnen.

Es werden natürlich nur die nötigen Rechnungen durchgeführt (s. Schema). Ergänzend werden in „Arbeitsteilung" andere Beispiele von k ausgewertet. Vorteil der Berechnungen mit dem Rechenstab! Diese rechnerische Vorlösung liefert weiter das praktisch wichtige Ergebnis (s. 4a), daß kleinere Unterschiede von α und β den Größenwert von $\sin \alpha \cdot \sin \beta$ nur unwesentlich verändern. In unserem Beispiel tritt in dem Bereich von $\alpha = 60°$ bis $\alpha = 90°$ nur die geringe Abweichung von 7,2% vom Höchstwert auf, im Bereich von 70° bis 80° noch nicht 1%.

[1]) Marine-Abc. Verlag von E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1939, S. 50.

[2]) Verlag von Westermann, Braunschweig, Arithmetik II, S. 198, 199. (Die dort gegebene Lösung [?] wurde auf meine Veranlassung durch ein Deckblatt berichtigt.)

b) Lösung durch Differentialrechnung.

Es ist $A = P \sin\alpha \cdot \sin(k-\alpha)$, dann wird

$A' = P[\cos\alpha \cdot \sin(k-\alpha) - \sin\alpha \cdot \cos(k-\alpha)] = P \cdot \sin(k-2\alpha)$,

$A' = 0$ liefert zur Bestimmung der Gipfelwerte

1. $k - 2\alpha = 0°$, d. h. $\alpha_1 = \frac{k}{2}$ und

2. $k - 2\alpha = 180°$, d. h. $\alpha_2 = \frac{k}{2} - 90°$.

Da $A'' = -2P\cos(k-2\alpha)$ ist, wird

$A''(\alpha_1) = -2P\cos 0° = -2P < 0$,

$A''(\alpha_2) = -2P\cos 180° = 2P > 0$.

$\alpha_1 = \frac{k}{2}$ liefert also den Höchstwert. Wegen $\alpha + \beta = k$ wird aber auch $\beta = \frac{k}{2}$, und damit ist die Richtigkeit der obigen Regel sofort erwiesen.

c) Trigonometrische Lösung.

Es soll $A = P \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta$ möglichst groß werden, wobei $\alpha + \beta = k$ (konstant) ist.

Nun ist aber $\sin\alpha \cdot \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)]$ [3]. Weiter ist, wegen $\alpha + \beta = k$, auch $\cos(\alpha+\beta) = \text{konstant } (C)$.

$A = \frac{1}{2} P[\cos(\alpha-\beta) - C]$ wird mithin am größten für den größtmöglichen Wert von $\cos(\alpha-\beta)$, d. h. wenn $\alpha - \beta = 0$ oder $\alpha = \beta$ ist.

d) Geometrische Lösung.

Um der methodischen Grundforderung für den mathematischen Unterricht (s. Erziehung und Unterricht) nach einer stärkeren Durchdringung von Algebra und Geometrie zu genügen, wird man die Aufgaben über Höchstwerte gelegentlich geometrisch lösen [4].

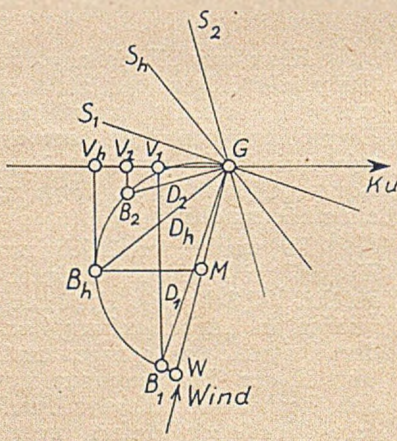


Abb. 2.

Ist G der Angriffspunkt aller Druckteilkräfte $D_1, D_2, \ldots$ der Windkraft $P = WG$ für alle möglichen Segelstellungen $S_1, S_2, \ldots$, dann liegen (Abb. 2) die Endpunkte dieser Druckteilkräfte, also die Punkte $B_1, B_2, \ldots$ auf dem Halbkreis mit WG als Durchmesser. Die zugehörigen Antriebskräfte erhält man als Projektionen der $D_1, D_2, \ldots$ auf die Kursrichtung. Man erkennt leicht, daß die Projektion am größten wird, wenn B_hV_h Tangente an den Halbkreis wird. Diese Überlegung führt zu der folgenden einfachen Konstruktion der größten Antriebskraft und damit zur günstigsten Segelstellung. Man ziehe durch M (Mitte der Windkraft WG) zur Kursrichtung die Parallele, die den Halbkreis mit WG als Durchmesser in B_h schneidet, fälle von B_h das Lot B_hV_h auf die Kursrichtung. Dann ist V_hG die größte Antriebskraft. Die zugehörige Segelstellung S_h erhält man als Lot auf B_hG.

Die Richtigkeit unserer Regel erkennt man durch folgende Überlegung: Als Stufenwinkel an Parallelen sind gleich $\sphericalangle B_hMW = V_hGW = \varphi$. $\Delta\, GB_hM$ ist gleichschenklig, also $\sphericalangle B_hGM = \frac{\varphi}{2}$, und ebenso dann $\sphericalangle B_hGV_h = \frac{\varphi}{2}$. [Oder auch Satz vom Umfangs- und Mittelpunktswinkel über gleichen Bögen.]

[3] Vgl. die Bemerkung zu den Additionstheoremen der Winkelfunktionen in Graf-Köhler, Zum geometrischen Unterricht; Quelle & Meyer, Leipzig 1939, S. 59.

[4] Vgl. auch etwa E. Lampe, Mathematik und Schwimmen. Ubl. 1940, S. 2.

S_h steht auf der Halbierungslinie $B_h G$ von $\varphi = \sphericalangle V_h GW$ senkrecht, halbiert mithin den entsprechenden Nebenwinkel, das ist aber der von der einfallenden Windrichtung und der Kursrichtung gebildete Winkel.

e) Die größte Antriebskraft ist nach den bisherigen Betrachtungen $A_k = P \sin^2 \frac{k}{2}$, wenn k der Winkel zwischen einfallender Windrichtung und Längsschiffsrichtung ist. Für welchen Winkel k wird die Antriebskraft am größten (k_1) bzw. am kleinsten (k_2)?

Aus $A = P \sin^2 \frac{k}{2}$ folgt sofort $\frac{k_1}{2} = 90°$, d. h. $k_1 = 180°$ und $\frac{k_2}{2} = 0°$, d. h. $k_2 = 0°$.

Wir erhalten die „selbstverständlichen" Lösungen

$k_1 = 180°$ (Rückenwind) liefert die höchste ($A = P$) und

$k_2 = 0$ (Gegenwind) liefert die niedrigste Antriebskraft ($A = 0$).

2. „Theoretisch" gelten die bisherigen Ableitungen auch dann, wenn der Wind „schräg" von vorn kommt (s. aber 4c). Nur der Fall, daß beabsichtigter Kurs und Wind genau entgegengesetzt gerichtet sind, bedarf „theoretisch" einer besonderen Betrachtung.

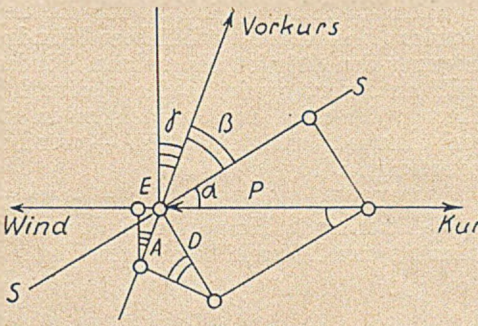


Abb. 3.

Nimmt dann das Boot nicht den eigentlichen Kurs, sondern wählt es einen beliebigen „Vorkurs" (s. Abb. 3), so gelten für diesen unter Benutzung der bisherigen Bezeichnungen $D = P \sin \alpha$, $A = D \sin \beta = P \sin \alpha \cdot \sin \beta$.

Projiziert man nun A auf die eigentliche Kursrichtung, so erkennt man (s. Abb. 3), daß die Bewegung in der gewünschten Kursrichtung am größten wird, wenn $E = A \sin \gamma = P \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$ möglichst groß wird. Dabei gilt $\alpha + \beta + \gamma = 90°$.

Für jeden „Vorkurs" wird nach den obigen Betrachtungen aber ein möglichst großes A und damit die Vorbedingung für ein möglichst großes E erreicht, wenn $\alpha = \beta$ ist; dann wird aber $\gamma = 90° - 2\alpha$ und $E = P \sin^2 \alpha \cdot \sin (90° - 2\alpha)$.

Es wird weiter: $E' = P\ [2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \sin (90° - 2\alpha) - 2 \sin^2 \alpha \cos (90 - 2\alpha)] = 2P \sin \alpha \cdot [\sin (90° - 2\alpha) \cos \alpha - \cos (90° - 2\alpha) \cdot \sin \alpha]$.

$$E' = 2P \sin \alpha \cdot \sin (90° - 3\alpha).$$

$E' = 0$ liefert zur Bestimmung der Gipfelwerte

1. $\sin \alpha = 0$, d. h. $\alpha_1 = 0°$, $\alpha_2 = 180°$,
2. $\sin (90° - 3\alpha) = 0$, d. h.

$$90 - 3\alpha = 0°,\ \alpha_3 = 30°;$$
$$90 - 3\alpha = 180°,\ \alpha_4 = -30°;$$
$$90 - 3\alpha = 360°,\ \alpha_5 = -90°.$$

Weiter wird
$$E''(0) = 2P > 0 \text{ (min)},$$
$$E''(180°) = 2P > 0 \text{ (min)},$$
$$E''(30°) = -3P < 0 \text{ (max)},$$
$$E''(-30°) = -3P < 0 \text{ (max)},$$
$$E''(-90°) = 6P > 0 \text{ (min)}.$$

$\alpha_1 = 0°$ und $\alpha_2 = 180°$; Segel liegt in Kurs — Windrichtung;

$\alpha_5 = -90°$, Segel steht senkrecht zur Windkursrichtung;

$\alpha_5 = 30°$ und $\alpha_4 = -30°$, beide Segelstellungen liegen symmetrisch zur Windkursrichtung.

Ergebnis: Wenn Wind und beabsichtigter Kurs genau entgegengesetzt gerichtet sind, muß die Längsschiffsrichtung mit dieser Kursrichtung einen Winkel von 60° bilden, und das Segel muß den Winkel zwischen dem einfallenden Wind und der Längsschiffsrichtung halbieren.

Das Schiff „kreuzt" und fährt zweckmäßig wechselnd mit positivem und negativem Kurs. Die größte Antriebskraft ist

$$E = P \cdot \sin^3 30° = \frac{1}{8} P.$$

3. Ergänzungen aus der Praxis[5]).

a) In der Praxis des Segelns muß man unterscheiden: wahren Wind, Fahrtwind und scheinbaren Wind.

Wahrer Wind ist der auf einem ruhenden Schiff (oder an Land) wahrnehmbare Wind. Fahrtwind ist die Luftbewegung, die man bei Windstille an Deck eines sich bewegenden Schiffes empfindet. Auf einem in Fahrt befindlichen Schiff setzt sich der wahre Wind mit dem Fahrtwind zum scheinbaren Wind zusammen. Er ist also die Resultierende in dem Parallelogramm der Kräfte (Bewegungen), in dem wahrer Wind und Fahrtwind die Komponenten sind.

Der scheinbare Wind ist für die Segelführung maßgebend. Zu beachten ist besonders, daß sich die scheinbare Windrichtung ändern kann, bereits mit einer Änderung der Stärke des wahren Windes oder auch des Fahrtwindes (wenn das Schiff an Fahrt gewinnt oder verliert). Dieser Wechsel der scheinbaren Windrichtung, der nach den Betrachtungen (s. 1) theoretisch zu einer Änderung der Segelstellung führen müßte, ist — wenn nicht zu groß — praktisch von geringer Bedeutung (s. 1a).

b) Wir hatten oben (s. 1) nur die in der Längsschiffsrichtung als Antriebskraft A wirkende Komponente der Druckkraft D berücksichtigt. Der anderen, senkrecht zur Mittschiffslinie gerichteten Komponente T (s. Abb. 4) wirkt der durch die Unterwasserform verursachte Widerstand entgegen; sie macht sich als Abtrift bemerkbar. Das Schiff bewegt sich nicht in Richtung der Mittschiffslinie MM, sondern wird aus dieser Richtung um den Abtriftwinkel τ abgetrieben (s. Abb. 4).

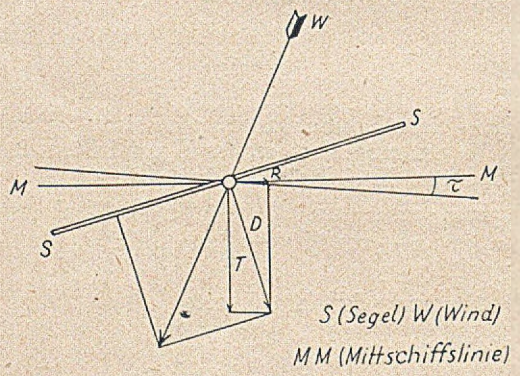


Abb. 4.

c) Wir sagten oben (2), daß „theoretisch" auch unsere Betrachtungen (1) gelten, falls der Wind schräg von vorn kommt. Wir erhalten auch dann, wenn auch kleinere, Antriebskräfte A.

Bei einer scheinbaren Windrichtung von etwa 40° von vorn wird aber „praktisch" die Grenze erreicht. Der Einfallwinkel des Windes auf das Segel beträgt dann nur noch 20° (dieser Grenzwert richtet sich nach der Art der Besegelung). Kurse in einem Winkelraum von fast einem Rechten können daher bei gegebener Windrichtung von einem Segelfahrzeug nicht angesteuert werden. Will man einen Punkt erreichen, der innerhalb dieses unbefahrbaren Winkelraumes liegt, so kann man ihn nicht direkt ansteuern, sondern muß durch „kreuzen" (s. 2) die erforderliche Höhe gegen den Wind gewinnen.

---

[5]) Vgl. hierzu vor allem GLADISCH, SCHULZ-HINRICHS, Seemannschaft. Verlag von E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1940, S. 92—98.

Jodversuche.

Von HANS ZEITLER in Berlin.

Im folgenden mögen einige einfache Unterrichtsversuche mit Jod mitgeteilt werden, die bei uns zum Teil seit vielen Jahren gezeigt werden, aber nicht allgemein bekannt zu sein scheinen.

Jod ist in Wasser sehr schwer löslich. Dennoch erhält man nach einigen Wochen eine ziemlich stark gefärbte, hellbraune Lösung, die sich zu einer ganzen Anzahl interessanter Unterrichtsversuche verwenden läßt und bei uns stets in Mengen von 3—5 l vorrätig gehalten wird. Schon die Frage nach der Konzentration einer derartigen Lösung gibt eine von den Schülern leicht lösbare, dankbare Aufgabe („Bestimmung der Löslichkeit des Jods in Wasser bei der Temperatur t°"). Sie ist jodometrisch leicht zu lösen, nur darf man nicht vergessen, einige Kubikzentimeter Jodkaliumlösung zuzugeben, da die Stärke nur in Gegenwart von Jodionen ihre volle Empfindlichkeit als Indikator erreicht (1). Man muß wegen des geringen Gehalts der Lösung mindestens 300 ccm anwenden und findet dann bei Zimmertemperatur etwa 0,3 g Jod/1 l. Untersuchungen bei verschiedenen Temperaturen lassen erkennen, daß die Löslichkeit mit steigender Temperatur stark zunimmt. Selbstverständlich dürfen zu solchen Untersuchungen nur Lösungen verwendet werden, die durch genügend langes Stehen und öfteres Umschütteln bei der betreffenden Temperatur vollständig gesättigt sind.

Stellt man die braune Lösung in einer flachen, offenen Schale auf, so ist am nächsten Tag die Farbe vollständig verschwunden und kein Jod mehr nachzuweisen. Damit ist die große Flüchtigkeit des Jods sehr anschaulich gezeigt und man erkennt, warum solche Lösungen in der Natur nicht vorkommen können (Dampfspannung bei 20° für Wasser 17,5 mm, für Jod 0,25 mm Hg). Fragt man die Schüler vor der Vorführung dieses Versuchs nach dem voraussichtlichen Ergebnis einer Destillation des Jodwassers, so kann man damit rechnen, daß immer einige voraussagen: das Wasser geht über und das Jod bleibt zurück (denn bei der Destillation einer Salzlösung war es ebenso!). Bei der Ausführung des Versuchs sehen sie, daß sich im Kolben und Kühler violette Dämpfe zeigen und später der Kolbeninhalt farblos, das Destillat aber gelb ist. Es sind hier also beide Stoffe übergegangen und die Vorlage enthält schließlich eine (wenn auch schwächere) Jodlösung (2).

Um die Vereinigung des Jods mit Metallen, also die Bildung von Jodiden zu zeigen, kann das Jodwasser ebenfalls gute Dienste leisten. Schüttelt man es kurze Zeit mit den Pulvern von Eisen, Zink, Aluminium oder Magnesium, so entfärbt es sich und mit Stärke ist kein Jod mehr nachweisbar. Nach Zusatz von Chlorwasser kehrt die gelbbraune Farbe sofort zurück. Man kann auf diese Weise die Jodidbildung mit sehr kleinen Jodmengen vorführen. Wegen des geringen Jodverbrauchs sind derartige Versuche sogar während des Krieges als Schülerübungen möglich (Verbrauch etwa 3 mg Jod je Versuch).

Die Einwirkung des Jods auf Metalle läßt sich auch in folgender Weise zeigen. Zwischen zwei Uhrgläser von etwa 8 cm Durchmesser (am besten abgeschliffene) legt man ein auf Hochglanz poliertes Silberblech von 4—5 cm im Quadrat und auf dessen Mitte einen kleinen Jodkristall, ohne zu erhitzen. Alsbald beginnt die Bildung schöner farbiger Ringe, von denen die inneren näher beieinander liegen als die äußeren. Die Farben erscheinen in der Reihenfolge Gelb, Rot, Blau, Blaugrün, Grün. Nach einer Stunde ist die Farbenreihe in der Regel fünfmal vorhanden. Jenseits des äußersten Rings findet man am nächsten Tag eine einfarbige Zone von meist olivengrüner oder kornblumenblauer Farbe. Beim Erhitzen verschwinden diese Farben wieder, nur an der Stelle, wo der Kristall lag, ist das Silber stärker angeätzt. Mit anderen Metallen erhält man weit weniger farbenprächtige Erscheinungen, am besten noch mit Kupferschablonenblech. Bleiblech lieferte eine gleichmäßig gefärbte Fläche von kupferroter oder kornblumenblauer Farbe, Nickelblech zeigte einen grünen Saum ohne Anlauffarben, Aluminium, Zink und Eisen geben hygroskopische Verbindungen.

Legt man an Jodwasser eine Spannung von 220 V an, so beobachtet man an der Anode wie auch an der Kathode die Abscheidung eines Gases. Die Stärke des durch den Elektrolyten fließenden Stromes reicht freilich nicht aus, die Glühlampe eines Leitfähigkeitsprüfers aufleuchten zu lassen, und der Widerstand der Lösung ist so groß, daß die angegebene Spannung ohne Vorschaltwiderstand angelegt werden kann. Ältere Jodlösungen leiten etwas besser als frisch hergestellte. Die Erklärung liegt darin, daß sich das Jod im Wasser nicht nur löst, sondern auch in allerdings nur geringem Maße mit ihm reagiert nach

$$J_2 + H_2O \rightleftharpoons HJO + H^{\cdot} + J'.$$

Es bildet sich also etwas unterjodige Säure neben H- und Jodionen. Bis zur Einstellung des Reaktionsgleichgewichts vergehen mehrere Monate. Während dieser Zeit nimmt mit der Zahl der Ionen natürlich auch die Leitfähigkeit zu.

Versetzt man die Jodlösung vor Anlegung der Spannung mit einigen Tropfen Stärkelösung, so wandert die Jodstärke in wenigen Minuten zur Anode und ballt sich dort zusammen. Die Kathodenflüssigkeit wird völlig farblos. Wir haben hier ein hübsches Beispiel einer Elektrophorese. Die kolloiden Stärketeilchen sind Träger negativer Ladungen und wandern daher im elektrischen Feld zur Anode. Eine chemische Veränderung findet bei dieser Wanderung im Gegensatz zur Elektrolyse nicht statt.

Alle Verbindungen des Jods erleiden schon bei mäßig hoher Temperatur einen Wärmezerfall. Selbst für eine der beständigsten, das Kaliumjodid, kann die Dissoziation schon über einem guten Gasbrenner im Prüfglas gezeigt werden, viel schöner freilich bei höherer Temperatur mit Thermit (3). Besonders geeignet zur Vorführung ist das Ammoniumjodid, das zunächst verdampft und im Gaszustand schon bei 400° vollständig in HJ und NH_3 gespalten ist. Da der Jodwasserstoff seinerseits bei dieser Temperatur weitgehend in seine Elemente zerfällt, erfüllt sich das Prüfglas alsbald mit violettem Dampf. Bringt man etwas oberhalb des Jodids einen Pfropfen aus Glaswolle an, so zeigt ein darauf gelegtes feuchtes Lackmuspapier sehr schön die alkalische Reaktion des Ammoniaks, ganz ähnlich wie bei Ammoniumchlorid.

Es ist empfehlenswert, einmal mit einem derart leicht dissoziierenden Stoff eine Molekulargewichtsbestimmung ausführen zu lassen. Dies gelingt mit Ammonjodid[1]) ganz gut, wenn man sich den von R. SCHARF beschriebenen (4), elektrisch geheizten Apparat beschafft. Er verdient vor dem üblichen Modell des V. MEYERschen Molekulargewichtsbestimmungsapparats bei weitem den Vorzug und ist so leicht selbst zu bauen, daß er in keiner Oberschule fehlen sollte. Ursprünglich zur M.G.-Bestimmung des Wassers erdacht, eignet er sich auch für den vorliegenden Zweck ausgezeichnet. Man erzielt im Heizmantel ohne Schwierigkeit eine Temperatur von 400°, die ausreichend hoch ist. Für das Verdampferrohr nimmt man Jenaer Glas, sein Inhalt muß mindestens 300 ccm betragen. Man wende nicht mehr als etwa 50 mg Ammonjodid an. Die Vergasung dauert dann bei 400° etwa 5 Minuten.

Beispiel einer Messung: NH_4J 50,5 mg. Temperatur im Heizraum 400°. Volumen der verdrängten Luft 13,5 ccm (reduziert). Hieraus berechnet sich $\text{M.G.} = \frac{50{,}5 \cdot 22{,}4}{13{,}5} = 83{,}8$, während sich aus der Formel M.G. = 145 ergibt. Nach den Gleichungen

$$\begin{array}{l} 2\,NH_4J \rightleftharpoons 2\,NH_3 + 2\,HJ \\ 2\,HJ \quad\ \rightleftharpoons H_2 + J_2 \\ \hline 2\,NH_4J \rightleftharpoons 2\,NH_3 + H_2 + J_2 \end{array}$$

wäre bei vollständigem Zerfall genau eine Verdoppelung des Volumens zu erwarten, was einem scheinbaren Molekulargewicht von 72,5 entsprechen würde (NH_3 erleidet bei 400° keine Wärmezersetzung). Der Dissoziationsgrad ergibt sich daher aus unserem Versuch zu $\frac{100\,(145 - 83{,}8)}{(145 - 72{,}5)}$ = nahezu 85%.

[1]) Auch Ammonchlorid ist hierfür geeignet. Der Dissoziationsgrad ist ungefähr derselbe.

Hier sei auch auf das merkwürdige Absorptionsspektrum des Joddampfes hingewiesen, das man bei der Vorführung der verschiedenen Typen von Spektren leicht mitzeigen kann. Es genügt dazu, einige Jodkristalle in einem ampullenartigen Rohr von etwa 20 mm Durchmesser nach Verdrängung der Luft einzuschmelzen. Man bringt das erwärmte Rohr an einem Stativ vor den Spalt des Spektralapparats und läßt das Licht einer gewöhnlichen Glühlampe hindurchgehen. In regelmäßigen Abständen sieht man schmale Absorptionslinien wie die Latten eines Zauns gleichmäßig fast durch das ganze sichtbare Spektrum hindurchgehen, die namentlich im langwelligen Teil gut erkennbar sind. Im Temperaturraum zwischen 210° und 560° fand ich sie fast unveränderlich im Einklang mit der Tatsache, daß im Joddampf unterhalb 600° kein nennenswerter Zerfall der J_2-Moleküle in Jodatome stattfindet. Daß in genügend dicken Schichten auch Chlor- und Bromdampf ein ganz ähnliches Spektrum zeigen, spricht für die nahen Beziehungen dieser drei Elemente und ihre Zusammengehörigkeit im periodischen System.

An größeren Schulen mit regem Übungsbetrieb lohnt es sich, die Jodabfälle regelmäßig zu sammeln und daraus wieder reines Jod zu gewinnen, zumal das Verfahren von einem geübten Schüler ausgeführt werden kann und eine interessante Aufgabe mit sichtbarem Erfolg darstellt. Es beruht darauf, daß man aus den Jodiden durch Ansäuern mit Schwefelsäure Jodwasserstoff frei macht und diesen durch HNO_2 zu Jod oxydiert:

$$HJ + HNO_2 = J + NO + H_2O.$$

Das entstehende NO wird durch Einleiten von Sauerstoff zu NO_2, das ebenfalls auf HJ einwirkt:

$$2\,HJ + NO_2 = NO + J_2 + H_2O,$$

so daß beliebige Mengen von HJ durch NO_2 (HNO_2) als Sauerstoffüberträger oxydiert werden können. Das ausgefallene Jod läßt man absitzen, reinigt es durch Destillation mit Wasserdampf und trocknet es schließlich in einer mit einem Uhrglas bedeckten Porzellanschale auf dem Wasserbad, wobei man feucht gewordene Deckgläser immer wieder gegen trockene austauscht. Bezüglich der Einzelheiten sei auf die Originalarbeit (5) verwiesen[2].

Angeführtes Schrifttum.

1. Treadwell, Analytische Chemie, 11. Aufl. II, 557/558.
2. Schon von Gay-Lussac beobachtet und richtig erklärt, vgl. Ostw., Klassiker der exakten Wiss. Nr. 4, S. 4.
3. Zeitschr. physikal.-chem. Unterr. 1927, S. 19/20.
4. Ebenda 1935, S. 108f.
5. Berichte der Deutsch. Chem. Ges. 52 (1919), 1131.
6. Riesenfeld, Anorganisch-chemisches Praktikum, 5. Aufl., S. 283.

Kraftfahrzeug und Straße als Thema für eine physikalische Arbeitsgemeinschaft.

Von Adolf Hammann in Berlin-Friedenau.

(Fortsetzung.)

2. Das Getriebe.

Da Verbrennungsmotoren ein nur in geringen Grenzen veränderliches Drehmoment besitzen, ist für das Fahren mit verschiedener Geschwindigkeit, für das Anfahren und das Nehmen von Steigungen ein Geschwindigkeits-Wechselgetriebe erforderlich. Außerdem muß es möglich sein, den im Gang befindlichen Motor jederzeit von den Triebrädern zu trennen oder nach Bedarf die Verbindung von Motor und Getriebe stoßfrei wiederherzustellen. Das erreicht man durch die Kupplung, die meist als Reibungskupplung ausgeführt wird.

[2]) Die langwierige und wegen der Joddämpfe unangenehme Arbeit des Trocknens vermeidet man, wenn man das Jod in Jodkali überführt (6).

Das Getriebe, dessen Schema in Abb. 6 dargestellt ist, ermöglicht die Schaltung von vier Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang[8]). Die Motorwelle steht, wenn die Kupplung nicht betätigt wird, mit der Hauptachse A des Getriebes in Verbindung. Die Hauptachse ist bei B geteilt und in ihrem vorderen Teil als Hohlachse ausgebildet. Das auf dem vorderen Teil der Hauptwelle sitzende Zahnrad C steht ständig in Eingriff mit dem Zahnrad D des Vorgeleges, auf dem vier weitere Zahnräder E F G H sitzen. Auf der Hauptwelle sind die Räder J K S T verschiebbar angebracht, die wechselweise mit den festen Rädern des Vorgeleges zum Eingriff gebracht werden können. Der vierte Gang wird dadurch geschaltet, daß man den vorderen und den hinteren Teil der Hauptwelle durch eine Klauenkupplung bei B

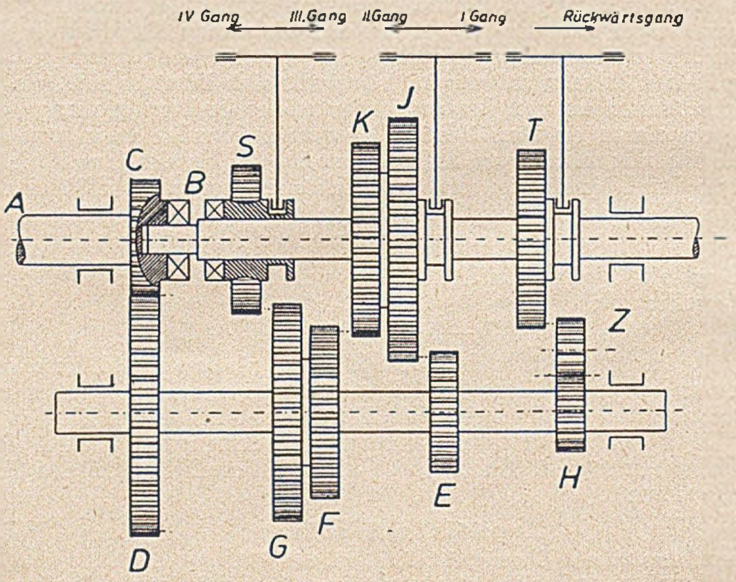


Abb. 6. Schematische Darstellung eines Vierganggetriebes.

direkt verbindet. Beim Rückwärtsgang wird durch Einschalten eines Zwischenrades Z der Drehsinn der Bewegung umgekehrt. Abb. 6 zeigt die Stellung der Räder bei Leerlauf; es ist für die Schüler eine anregende Aufgabe, alle möglichen Schaltstellungen des Getriebes zu zeichnen und den Gang der Kraftübertragung zu verfolgen.

Die Getriebeuntersetzungen werden je nach Fahrzeugtyp und Zweck verschieden ausgeführt. Bei Personenkraftwagen gelten für das Untersetzungsverhältnis etwa folgende Zahlen: im I. Gang 1 : 4, im II. Gang 1 : 2,3, im III. Gang 1 : 1,5, im IV. Gang 1 : 1 und im Rückwärtsgang 1 : 4 bis 1 : 6. Die Übertragung der Drehkraft von der Kardanwelle auf die Triebradachse erfolgt über das Ausgleichsgetriebe, das eine Untersetzung von im Durchschnitt 1 : 5 bis 1 : 6 aufweist.

Sind für einen Wagen die Untersetzungsverhältnisse für Getriebe und Triebradachse, der Triebraddurchmesser und die normale Drehzahl des Motors bekannt, so kann für jeden Gang die Geschwindigkeit berechnet werden.

Beispiel: Adler Trumpf Junior, Getriebeuntersetzungen: I. Gang 1 : 4, II. Gang 1 : 2,31, III. Gang 1 : 1,59, IV. Gang 1 : 1, Rückwärtsgang 1 : 3,67. Triebachsenuntersetzung 1 : 5,43, Triebraddurchmesser D = 0,625 m, normale Motordrehzahl 3000 U/min. (Vgl. Fußnote 6, S. 77.)

[8]) Abb. 6 gezeichnet in Anlehnung an Abb. 168, S. 97 des unter Fußnote 1 aufgeführten Werkes.

Der Motor macht in 1 Sekunde 50 Umdrehungen. Die Drehzahl der Kardanwelle beträgt 50 : 4 = 12,5 U/sec und die der Triebräder 12,5 : 5,43 = 2,3 U/sec. Bei jeder Umdrehung der Triebräder legt der Wagen $\pi \cdot D = \pi \cdot 0{,}625$ m zurück. Die Geschwindigkeit ist demnach im:

$$\text{I. Gang } V_1 = \frac{50 \cdot \pi \cdot 0{,}625}{5{,}43 \cdot 4} = \frac{18{,}1}{4} = 4{,}525 \text{ m/sec oder } 16{,}3 \text{ km/h,}$$

$$\text{II. Gang } V_2 = \frac{18{,}1}{2{,}31} = 7{,}84 \text{ m/sec oder } 28{,}2 \text{ km/h,}$$

$$\text{III. Gang } V_3 = \frac{18{,}1}{1{,}59} = 11{,}4 \text{ m/sec oder } 41 \text{ km/h,}$$

$$\text{IV. Gang } V_4 = 18{,}1 \text{ m/sec oder } 65{,}2 \text{ km/h.}$$

Aufgabe 5. Die DKW-Vierzylinder-1-Liter-Sonderklasse hat bei einer normalen Drehzahl von 2800 U/min im IV. Gang eine Geschwindigkeit von 68 km/h. Die Getriebeuntersetzungen sind: im I. Gang 1 : 4,08, im II. Gang 1 : 2,38, im III. Gang 1 : 1,47 und im IV. Gang 1 : 1. Die Triebachsenuntersetzung ist 1 : 4,88.

Bestimme a) die Geschwindigkeiten im I., II. und III. Gang bei normaler Drehzahl, b) die Geschwindigkeit im IV. Gang bei einer Höchstdrehzahl von 3800 U/min, c) den Triebraddurchmesser.

Lösung: a) $V_1 : V_4 = 1 : 4{,}08$;

$V_2 : V_4 = 1 : 2{,}38$;

$V_3 : V_4 = 1 : 1{,}47$;

$V_1 = 16{,}66$ km/h; $V_2 = 28{,}56$ km/h; $V_3 = 46{,}25$ km/h.

$$\text{b) } V = \frac{68 \cdot 3800}{2800} = 92{,}3 \text{ km/h.}$$

$$\text{c) } V = \pi \cdot D \cdot n_1;\ D = \frac{V}{\pi \cdot n_1},$$

wobei V die Geschwindigkeit in m/sec und n_1 die Drehzahl der Triebräder in 1 Sekunde bedeuten.

$$V = \frac{68}{3{,}6} = 18{,}89 \text{ m/sec,}$$

$$n = 2800 : 60 = 46{,}67 \text{ U/sec (Umdrehungen des Motors),}$$

$$n_1 = 46{,}67 : 4{,}88 = 9{,}56 \text{ U/sec,}$$

$$D = \frac{18{,}89}{\pi \cdot 9{,}56} = 0{,}629 \text{ m.}$$

Bei der Behandlung des Getriebes kann man sich, wie es an den vorstehenden Beispielen gezeigt wurde, auf die Darstellung des Bewegungsvorganges und die Berechnung der Geschwindigkeiten in den einzelnen Gängen beschränken. Festigkeitsbetrachtungen und konstruktive Einzelheiten scheiden aus. Wir können jedoch nicht darauf verzichten, uns über die Leistungsverluste, die im Getriebe auftreten, und über die durch Reibung und Luftwiderstand bedingten Fahrwiderstände ein Bild zu verschaffen.

B. Die Widerstände.

Es ist üblich, die Größe der verschiedenen Widerstände, die im und am Fahrzeug wirken, durch die von ihnen hervorgerufenen Leistungsverluste zu kennzeichnen. Zu ihrer Bestimmung sind besondere wissenschaftliche Methoden entwickelt und Prüfstände verschiedener Art gebaut worden. (Vgl. Fußnote 2, S. 73.)

Wir erörtern im folgenden die Aufteilung der Leistung in einem Kraftwagen bei einer Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h nach einer Aufstellung von Prof. KAMM[9]). Man unterscheidet innere und äußere Triebwerksverluste. Die inneren Triebwerksverluste sind die Verluste, die im Getriebe vom Motorschwungrad bis zur Nabe der Treibräder entstehen; sie betragen im ganzen etwa 10% der am Schwungrad verfügbaren Leistung. Die äußeren Triebwerksverluste sind in der

[9]) Vgl. Fußnote 2, Abb. 417, S. 175.

Hauptsache durch Roll- und Walkverluste (14 %) sowie durch Schlupf- und Kriechverluste (4,5 %) der Treibräder bestimmt. Einen geringen Beitrag (1 %) liefert der Lüfterverlust der Treibräder, der durch Ventilationswirkung infolge der schnellen Rotation zustande kommt. Die äußeren Triebwerksverluste betragen zusammen 19,5 % der Schwungradleistung. Als Straßenleistung verbleiben somit 70,5 % der Schwungradleistung. Auf die durch Lagerreibung, Lüfterwiderstand, Roll- und Walkwiderstand der Laufräder hervorgerufenen Leistungsverluste kommen 15,5 %, und der Rest von 55 % wird als Leistungsaufwand für den Luftwiderstand des Wagenkörpers benötigt.

1. Rollwiderstand.

Die oben angegebenen Werte für die auftretenden Leistungsverluste sind durch Versuche auf dem Prüfstand ermittelt worden. In der Praxis ist bei der Größe des Rollwiderstandes die Beschaffenheit der Straße von wesentlicher Bedeutung. Der Widerstand der rollenden Reibung kann in Anlehnung an das Gesetz der gleitenden Reibung durch

$$W = \mu \cdot G \tag{7}$$

ausgedrückt werden, wobei μ den Beiwert der rollenden Reibung und G das Gewicht des Wagens bedeutet. Für verschiedene Oberflächenbeschaffenheit der Straße sind die Werte von μ der Zahlentafel II zu entnehmen [10]). Die Tabelle enthält Durchschnittswerte; für gute Asphaltstraßen kann man den Wert 0,01 annehmen [11]).

Zahlentafel II.

μ	Deckenart
0,02	Kleinpflaster
0,03	geteerte Straße
0,05	feuchte, etwas weiche Straße
0,1	Erdwege, befahren mit Zugmaschine mit Greifrädern

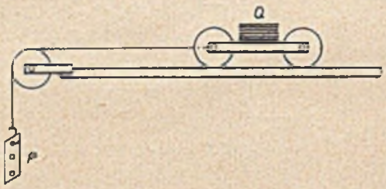


Abb. 7. Versuchsanordnung zur Bestimmung der rollenden Reibung.

Um den Schülern eine Vorstellung von den verhältnismäßig kleinen Beträgen der Beiwerte der rollenden Reibung verglichen mit denen der gleitenden Reibung zu geben, empfiehlt es sich, Versuche anzustellen. Die Versuchsanordnung ist aus Abb. 7 ersichtlich.

Aus vier gut laufenden Rollen und einigen Stäben aus dem Pantechno-Baukasten [12]) oder ähnlichem Material wird ein Wagen hergestellt, der durch ein Zuggewicht über einen Tisch gezogen werden kann. Die Fallhöhe des Gewichtes ist s und das Eigengewicht des Wagens ist G.

Man kann zunächst die Belastung Q des Wagens und das Zuggewicht P so wählen, daß der Wagen gerade noch in Ruhe bleibt. Es ist dann die Reibung W_R als Kraft anzusehen, die der Zugkraft P das Gleichgewicht hält, und die Reibungszahl μ ist als Quotient aus der Reibung W_R und dem Normaldruck N aus der folgenden Gleichung zu ermitteln.

$$\mu = \frac{W_R}{N} = \frac{P}{G + Q}. \tag{8}$$

Man kann ferner Q und P so bestimmen, daß der Wagen sich nach leichtem Klopfen oder Anstoßen in Bewegung setzt und sich dann über eine nicht zu kurze Wegstrecke langsam gleichförmig bewegt. Dann wird μ ebenfalls nach Gleichung (8) berechnet. Im ersten Falle erhält man für μ etwas größere Werte als im zweiten Falle (Reibung der Ruhe und Reibung der Bewegung).

[10]) Mit Erlaubnis des Verlages entnommen aus dem unter Fußnote 1 aufgeführten Werk, S. 107.

[11]) Automobiltechnisches Handbuch, 13. Aufl. 1931, S. 342.

[12]) Mechanischer Baukasten „Pantechno", entwickelt von Prof. G. v. Hanffstengel.

Die nach dem angedeuteten Verfahren erzielten Ergebnisse weisen wegen der Unsicherheit, die der Beurteilung der Gleichheit von P und W_R einerseits und der Gleichförmigkeit der Bewegung andererseits anhaftet, eine große Streuung auf und erlauben, die Größe der Reibungsbeiwerte nur ungefähr zu bestimmen. Um genauere Werte zu erhalten, vergrößern wir die Zugkraft P und versetzen den Wagen in eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Aus dem Fallweg s und der Fallzeit t des Zuggewichtes ergibt sich die Beschleunigung

(9) $$a = \frac{2\,s}{t^2}\left[\frac{m}{sec^2}\right].$$

Die Fallzeit t wird als Mittelwert aus mehreren Messungen mit der Stoppuhr bestimmt. Die treibende Kraft K ist die Differenz von Zugkraft und Reibung:

(10) $$K = P - W_R \ [kg];$$

hierbei werden in W_R die rollende Reibung und die Lagerreibung zusammengefaßt. Die zu bewegende Masse setzt sich aus der Masse des Wagens $\frac{G}{g}$, der Masse der Zuladung $\frac{Q}{g}$ und der Masse des Antriebsgewichtes $\frac{P}{g}$ [t.M.E.] zusammen. Außerdem müssen bei diesem Versuch die Trägheitswiderstände der vier Räder und der Umlenkrolle in Rechnung gestellt werden. Das Trägheitsmoment der Umlenkrolle wird durch die halbe an ihrem Umfang wirksam gedachte Masse (m_E) berücksichtigt. Die auf den Radumfang bezogene „Ersatzmasse" der vier Räder bezeichnen wir in der Rechnung mit M_E. Die gesamte zu bewegende Masse ist somit

(11) $$M = \frac{G + Q + P}{g} + M_E + m_E \ [t.M.E.].$$

Die Kraft, die zur Überwindung der Trägheitswiderstände angesetzt werden muß, ist also

(12) $$K = M \cdot a = \frac{2\,s}{t^2}\left(\frac{G + Q + P}{g} + M_E + m_E\right) [kg].$$

Will man auch noch die Reibung der Rolle und des Fadens berücksichtigen, so hat man P in Formel (10) mit dem Wirkungsgrad η_r der Rolle, der durch Versuche zu 0,986 bestimmt wurde, zu multiplizieren. Man erhält dann

(13) $$K = P \cdot \eta_r - W_R \text{ und } W_R = P \cdot \eta_r - K \ [kg].$$

Schließlich ermittelt man den Beiwert der rollenden Reibung

(14) $$\mu = \frac{W_R}{G + Q}.$$

Um die Abhängigkeit der Reibungszahlen von der Beschaffenheit der Fahrbahn deutlich zu machen, führen wir eine weitere Versuchsreihe durch, bei der der vorher benutzte Wagen über Linoleum rollt. Schließlich werden auf die Räder des Wagens Gummiringe [13]) von kreisförmigem Querschnitt und glatter Oberfläche aufgezogen, um auch den Einfluß der Bereifung zu untersuchen. Die aus den Versuchsreihen ermittelten Beiwerte der rollenden Reibung sind aus Zahlentafel III zu ersehen.

Zahlentafel III.

Versuch	Art der Räder	Beschaffenheit der Fahrbahn	Beiwert der rollenden Reibung
1.	Schnurrollen aus Vulkanfiber (Außendurchmesser 67,3 mm)	Tischplanke aus Eichenholz, längs der Faser	$\mu = 0{,}007$
2.	Desgleichen	Fußbodenlinoleum	$\mu = 0{,}019$
3.	Schnurrollen mit Vollgummireifen ohne Profil (Außendurchmesser 77,6 mm)	Tischplanke aus Eichenholz, längs der Faser	$\mu = 0{,}011$

Durch Versuche ermittelte Beiwerte der rollenden Reibung.

[13]) Gummiringe, die man zu Dichtungszwecken verwendet, in Eisenwarengeschäften erhältlich.

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse Nr. 1 mit Nr. 3 zeigt, daß die Reibungszahl bei Rädern mit Gummireifen größer ausfällt als bei Rädern ohne Gummi. Das erklärt sich daraus, daß in dem Wert $\mu = 0{,}011$ der Walkwiderstand enthalten ist.

2. Die Haftreibung.

Bei den bisherigen Versuchen wurde angenommen, daß die Bewegung des Rades auf der Fahrbahn ein reines Rollen ist. Dann hat, wie Abb. 8a zeigt, der Bogen B_0C stets die gleiche Länge wie seine Abwicklung auf der Tangente, und die Geschwindigkeit des Radmittelpunktes längs der Bahn ist gleich der Umfangsgeschwindigkeit des Rades.

(15a) $$v = r \cdot \omega,$$

(wobei ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet).

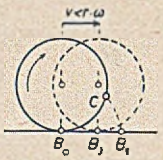


Abb. 8a.
Reines Rollen.

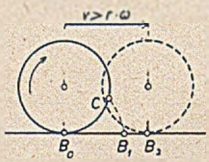


Abb. 8b.
Nacheilen beim gezogenen Rad.

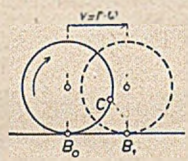


Abb. 8c.
Voreilen beim treibenden Rad.

Der Vorgang des reinen Rollens tritt aber gewöhnlich nicht ein, sondern im allgemeinen ist bei einem gezogenen Rad (Abb. 8b) $\overline{B_0B_2} > \widehat{B_0C}$ oder

(15b) $$v > r \cdot \omega$$

und bei einem treibenden Rad (Abb. 8c) $\overline{B_0B_3} < \widehat{B_0C}$ oder

(15c) $$v < r \cdot \omega.$$

Man spricht daher beim gezogenen Rad von einem „Nacheilen" und beim treibenden Rad von einem „Voreilen". Wird $r \cdot \omega = 0$, so ist das Rad „blockiert", ein Zustand, der bei zu scharfem Bremsen eintreten kann. Wird hingegen $v = 0$, so sagt man, das Rad „dreht durch". Man kann diesen Vorgang beim Anfahren auf glitschigem Boden oft beobachten. Innerhalb der genannten Grenzfälle können alle möglichen Zwischenstufen eintreten. Der Bewegungszustand des Rades wird dabei durch die Größe der Reibung bestimmt, die zwischen Reifen und Fahrbahn tangential zum Radumfang wirkt. Man nennt diese Reibung treffenderweise Haftreibung und bezeichnet die Haftreibungszahl mit f. Ist Q die Radlast, so gilt für die Haftreibung R die Beziehung

(16) $$R = f \cdot Q.$$

Die Abhängigkeit der Haftreibungszahl von der Beschaffenheit der Straße ist aus Zahlentafel IV ersichtlich [14]).

Zahlentafel IV.

Straßenart	Reibungszahl f	Zutand der Straßendecke
Chaussierung	0,604	trocken, schlecht unterhalten
Kopfsteinpflaster	0,595	„ sehr holperig
Oberflächenteerung Avus	0,586	„
Reihenpflaster	0,552	„ abgefahrene Köpfe
Kleinpflaster, Heerstraße Berlin	0,529	„
Asphaltgrobbeton, Döberitzer Heerstraße, hinter Pichelswerder	0,526	„
Gußasphalt	0,516	„
Stampfasphalt, Kaiserdamm Berlin	0,467	„

[14]) Auszug aus dem unter Fußnote 11 aufgeführten Werk, S. 346.

Die Bedeutung, die der Haftreibung bei der Fortbewegung und der Bremsung eines Fahrzeuges zukommt, erfordert eine gründliche Erarbeitung dieses Kapitels, möglichst an Hand von Versuchen.

Wir stellen aus Teilen des mechanischen Baukastens Pantechno folgende einfache Versuchseinrichtung her [15]) (Abb. 9). An einer vertikalen Tafel befestigen wir zwei 5 mm starke Stifte A_1 und A_2, die als Achsen dienen. Auf die Achse A_1 schieben wir eine Scheibe aus Vulkanfiber vom Durchmesser $2\,r = 169$ mm und eine Holzrolle vom Durchmesser $2\,\rho = 37{,}4$ mm, die von einer gut laufenden Lagerbuchse zusammengehalten werden. Auf der Achse A_2 lagern wir einen gleicharmigen Hebel, der aus zwei Leichtmetallschienen und vier Schraubstiften mit Muttern besteht. An dem über der Scheibe befindlichen Ende des Hebels werden zwei Eisenplatten von je 100 g Gewicht mit Schraubstiften und Muttern befestigt. Wir richten den Aufbau so ein, daß die untere der beiden Platten die Fiberscheibe im oberen Scheitel berührt. Zum Antrieb der Scheibe wickeln wir auf die Rolle eine Schnur auf, an deren Ende wir ein Gewicht P wirken lassen. Der Druck, den die Platten auf die Scheibe ausüben, entspricht dem Raddruck gegen die Fahrbahn, den wir mit Q bezeichnen. Man kann jetzt P so bestimmen, daß die Scheibe gerade noch in Ruhe bleibt, oder so, daß durch leichtes Klopfen an der Tafel das Rad sich ganz langsam in Bewegung setzt. Die Größe der Reibung R kann nach dem Momentensatz bestimmt werden; es gilt nämlich

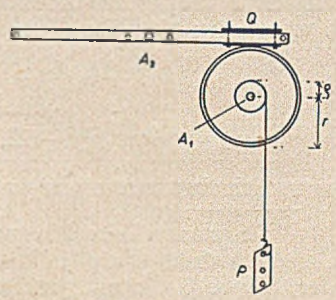


Abb. 9. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Haftreibung.

$$R \cdot r = P \cdot \rho \text{ und } R = \frac{\rho}{r} \cdot P. \tag{17}$$

Aus den Gleichungen 16 und 17 folgt

$$f = \frac{R}{Q} = \frac{\rho}{r} \cdot \frac{P}{Q}. \tag{18}$$

Um die Abhängigkeit der Reibungszahl von der Oberflächenbeschaffenheit verschiedener Stoffe zu zeigen, bekleiden wir die untere Metallplatte mit Balatum oder Linoleum, Holz, Schmirgelleinen u. ä., auf die Scheibe ziehen wir einen Vollgummireifen. Wir beobachten bei der Ausführung der Versuche, daß im Zustande der Ruhe die Reibung größer ist als im Zustande der gleichförmigen Bewegung. Bei Änderung von P und Q ist das Verhältnis $\frac{P}{Q}$ ziemlich konstant. Die Reibungszahlen, die sich bei langsamem Durchdrehen des Rades ergeben, sind in Zahlentafel V aufgeführt.

Zahlentafel V.

Durch Versuche ermittelte Haftreibungszahlen.

Rad	Platte	Haftungsreibzahl f
Fiberscheibe	Eisen, vernickelt	0,13
,,	Balatum, Oberseite	0,30
,,	Linoleum	0,36
Gummireifen, glatt	Eisen, vernickelt	0,31
,,	Buchensperrholz, längs zur Faser	0,31
,,	Buchensperrholz, quer zur Faser	0,34
,,	Balatum	0,35
,,	Linoleum	0,32
,,	Schmirgelleinen, Unterseite	0,36
,,	Schmirgelleinen, Oberseite, schon etwas abgenutzt	0,69

(Schluß folgt.)

[15]) Vgl. G. v. HANFFSTENGEL, Hundert Versuche aus der Mechanik, Verlag J. Springer. 1925, S. 32 (Backenbremse).

Die Ableitungen der trigonometrischen Funktionen, hergeleitet ohne Benutzung des Additionstheorems.

Von Otto Kempka in Berlin.

Fast alle Lehrbücher der Differentialrechnung und auch die mir bekannten Schulbücher gelangen zu den Ableitungen der trigonometrischen Funktionen in folgender Weise: die Differenzen $\sin x_1 - \sin x$ und $\cos x_1 - \cos x$ erfahren eine Umformung mit Hilfe des Additionstheorems

$$\left(\text{z. B. } \sin x_1 - \sin x = 2\cos\frac{x_1+x}{2}\cdot\sin\frac{x_1-x}{2}\right).$$

Dann erfolgt im Bruch $\frac{y_1-y}{x_1-x}$ der Grenzübergang $x_1 \to x$. Bei $\operatorname{tg} x$ und $\operatorname{ctg} x$ stützt man sich fast immer auf die Regel $\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{vu'-uv'}{v^2}$.

Die neuen Lehrpläne schreiben nun aber über die Durchnahme des Additionstheorems nichts Verpflichtendes vor. Es kann daher vorkommen, daß den Schülern der Klasse 7 die entsprechenden Umwandlungsformeln unbekannt sind. Deshalb dürfte vielleicht das folgende Verfahren interessieren, das die Additionstheoreme nicht benutzt. Es gründet sich nur auf der Kenntnis der Tatsache $\lim\limits_{\varphi\to 0}\frac{\sin\varphi}{\varphi} = 1$ und benutzt außerdem noch das rechtwinklige Dreieck und den Sinussatz.

I. $y = \sin x$ und $z = \cos x$ (Abb. 1).

Es ist $MA = 1$, $\sphericalangle AMB = x$, $\sphericalangle BMC = \Delta x$. Dann ist $FB = y = \sin x$, $EC = y_1 = \sin(x+\Delta x)$ und $DC = y_1 - y = \Delta y$. Nun wird Δy zur Strecke BC und zum Winkel $DCB = \gamma$ in Beziehung gesetzt. Es ist $BC = 2\sin\frac{\Delta x}{2}$ (Grundlinie eines gleichschenkligen Dreiecks, Schenkel $= 1$, Winkel an der Spitze $= \Delta x$), $\sphericalangle \gamma = \sphericalangle MCB - \sphericalangle MCE$

$$= \left(90^0 - \frac{\Delta x}{2}\right) - [90^0 - (x+\Delta x)] = x + \frac{\Delta x}{2}.$$

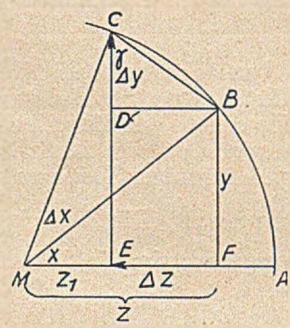


Abb. 1.

$$\Delta y = BC\cdot\cos\gamma = 2\sin\frac{\Delta x}{2}\cos\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right).$$

Beide Seiten werden jetzt durch Δx (im Bogenmaß!) dividiert

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\sin\frac{\Delta x}{2}}{\left(\frac{\Delta x}{2}\right)}\cdot\cos\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right).$$

Für $\Delta x \to 0$ folgt, da $\lim\limits_{(\varphi\to 0)}\frac{\sin\varphi}{\varphi} = 1$, $\frac{dy}{dx} = y'$ $= 1\cdot\cos x$, also $(\sin x)' = \cos x$.

Ferner ist $MF = z = \cos x$, $ME = z_1 = \cos(x+\Delta x)$. Diesmal ist $z_1 - z = \Delta z < 0$, $EF = DB = -\Delta z$.

$$EF = DB = BC\cdot\sin\gamma = 2\sin\frac{\Delta x}{2}\sin\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right) = -\Delta z.$$

$$\Delta z = -2\sin\frac{\Delta x}{2}\sin\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right),$$

$$\frac{\Delta z}{\Delta x} = -\frac{\sin\frac{\Delta x}{2}}{\left(\frac{\Delta x}{2}\right)}\cdot\sin\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right).$$ Für $\Delta x \to 0$ folgt

$$\frac{dz}{dx} = z' = -1\cdot\sin x, \text{ also } (\cos x)' = -\sin x.$$

II. $y = \operatorname{tg} x$ (Abb. 2).

$MA = 1$, $y = AB = \operatorname{tg} x$, $y_1 = AC = \operatorname{tg}(x + \triangle x)$, $\triangle y = y_1 - y = BC$. Nun wird auf $\triangle$ MBC der Sinussatz angewandt:

$$\frac{\triangle y}{MB} = \frac{\sin \triangle x}{\sin \gamma} = \frac{\sin \triangle x}{\sin [90^0 - (x + \triangle x)]} = \frac{\sin \triangle x,}{\cos (x + \triangle x)},$$

$$\triangle y = MB \frac{\sin \triangle x}{\cos (x + \triangle x)} = \frac{1}{\cos x} \cdot \frac{\sin \triangle x}{\cos (x + \triangle x)},$$

$$\frac{\triangle y}{\triangle x} = \frac{\sin \triangle x}{\triangle x} \cdot \frac{1}{\cos x} \cdot \frac{1}{\cos (x + \triangle x)}.$$ Für $\triangle x \to 0$ folgt hier

$$\frac{dy}{dx} = y' = 1 \cdot \frac{1}{\cos x} \cdot \frac{1}{\cos x}, \text{ also } (\operatorname{tg} x)' = \frac{1}{\cos^2 x}.$$

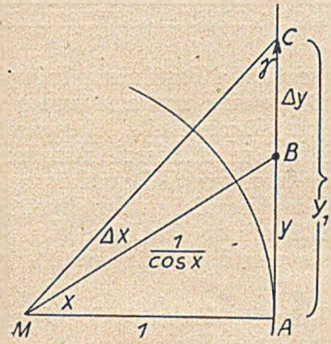


Abb. 2.

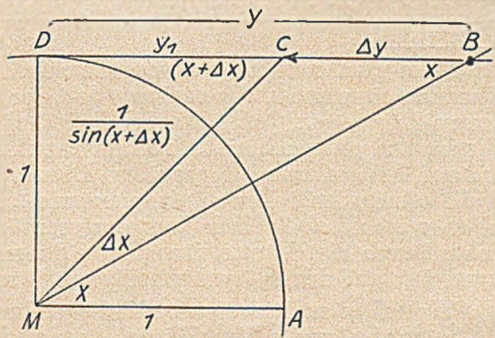


Abb. 3.

III. $y = \operatorname{ctg} x$ (Abb. 3).

$MA = MD = 1$, $y = DB = \operatorname{ctg} x$, $y_1 = DC = \operatorname{ctg}(x + \triangle x)$. Hier ist $y_1 - y = \triangle y < 0$. Nach dem Sinussatz ist

$$\frac{CB}{MC} = \frac{\sin \triangle x}{\sin x}, \quad MC = \frac{1}{\sin (x + \triangle x)},$$

$$CB = y - y_1 = -\triangle y = \frac{1}{\sin (x + \triangle x)} \cdot \frac{\sin \triangle x}{\sin x},$$

$$\triangle y = -\sin \triangle x \cdot \frac{1}{\sin x} \cdot \frac{1}{\sin (x + \triangle x)},$$

$$\frac{\triangle y}{\triangle x} = -\frac{\sin \triangle x}{\triangle x} \cdot \frac{1}{\sin x} \cdot \frac{1}{\sin (x + \triangle x)}.$$ Für $\triangle x \to 0$ ergibt sich

$$\frac{dy}{dx} = y' = -1 \cdot \frac{1}{\sin x} \cdot \frac{1}{\sin x}, \text{ also } (\operatorname{ctg} x)' = -\frac{1}{\sin^2 x}.$$

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der Begriff der Wärme und der zweite Hauptsatz[1]).

Von Gustav Mie in Freiburg i. Br.

Man findet in allen Lehrbüchern lange Auseinandersetzungen, in denen der Begriff der Arbeit sehr ausführlich erklärt wird, dagegen setzt man den Begriff der Wärme, der eher noch schwieriger ist, als gegeben voraus, wie wenn er jedem selbstverständlich bekannt wäre. Was aber noch schlimmer ist: Das Wort „Wärme"

[1]) Der Aufsatz „Die neuen Lehrbücher" (O. Brandt, Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle in den Ubl. 46, 151, 1940, Heft 8) veranlaßt Herrn Geheimrat Prof. Mie zu nachfolgender Stellungnahme, die er der Staatlichen Hauptstelle in dankenswerter Weise für ihre Mitteilungen zur Verfügung stellte.

wird überall in einem doppelten Sinn gebraucht. Immer wieder liest man nämlich den irreführenden Satz: „Wärme ist die Energie der regellosen Molekularbewegung". Hier werden die beiden Begriffe „Wärme" und „Temperatur", zwischen denen man stets streng unterscheiden sollte, beinahe identifiziert! Dabei wird dann aber von der adiabatischen Kompression eines Gases gesprochen als von einem Vorgang, bei welchem keine Wärme zugeführt wird und bei welchem doch eine Erhöhung der Temperatur also eine Vergrößerung der Energie der regellosen Molekularbewegung eintritt!

Um die Sätze von der Wärme klar darstellen zu können, muß man erst einmal eine klare Definition des Begriffes „Wärme" geben. Die einzig mögliche Definition lautet:

Wärme heißt die Energie, welche ohne weiteres von einem Körper höherer Temperatur auf einen Körper niedrigerer Temperatur übergeht.

Wenn man zwei Körper von verschiedener Temperatur in Berührung bringt, so beobachtet man im allgemeinen, daß der kältere Körper sich erwärmt und der wärmere Körper sich abkühlt. Es findet also in beiden Körpern eine Zustandsänderung und demnach eine Änderung der Energie statt, es geht Energie von dem einen auf den anderen Körper über. Diesen Vorgang nennen wir „Wärmeleitung" und die übergehende Energie nennen wir „Wärme". Das Vorzeichen der Energie wird so gewählt, daß einer Temperaturerhöhung eine Zunahme der Energie entspricht. Durch die Wärmeleitung geht demnach Energie von dem Körper höherer Temperatur auf den Körper niedrigerer Temperatur über.

Wir haben nun zwei verschiedene Formen der Energie, die nach der Form des Überganges von einem Körper zum anderen unterschieden werden:

Arbeit nennen wir die Form der Energie, welche durch eine Kraft bei gleichzeitiger Bewegung übertragen wird. Wärme nennen wir die Form, welche infolge eines Temperaturunterschiedes zwischen zwei Körpern übergeht.

Wenn man einen Körper durch Überführung von Wärme, etwa von 18° auf 19°, erwärmt, so kann er die aufgenommene Energie wieder an einen kälteren Körper abgeben. Die Erfahrung lehrt, daß er bei einer Abkühlung auf die Anfangstemperatur, also 18°, genau dieselbe Energie wieder hergibt, die er vorher bei der Erwärmung auf 19° aufgenommen hatte. Darauf beruht die Messung der Energie, wenn sie in der Form der Wärme auftritt, mit dem Kalorimeter. Ein Kalorimeter ist ein Gefäß mit einer abgewogenen Menge von Wasser, in welches ein Thermometer eintaucht. Man führt die zu messende Energie dem Wasser durch Wärmeleitung zu und beobachtet die entsprechende Temperaturerhöhung des Wassers. Jeder bestimmten Temperaturerhöhung entspricht immer eine bestimmte zugeführte Energiemenge. Auch hier bedeutet „Wärme" die infolge eines Temperaturunterschiedes von einem Körper auf einen anderen, auf das Wasser, übergegangene Energie.

Die Zufuhr von Energie in Form von Wärme braucht nicht immer mit einer Temperaturänderung verbunden zu sein. Wenn man einem Stück Eis von 0° C Wärme zuführt, so zeigt sich die Aufnahme von Energie darin, daß das Eis sich in Wasser verwandelt, die Temperatur des Schmelzwassers ist aber ungeändert 0° C. Wenn man ein Gas auf einen hohen Druck komprimiert, so kann man dabei seine Temperatur konstant halten. Man muß ihm dann erstens Energie als Arbeit zuführen und zweitens Energie als Wärme entziehen, weil es sich ohne Wärmeabgabe, also bei „adiabatischer" Kompression, erhitzen würde. Wir werden im folgenden sehen, daß man das Verhältnis der in der Einheit der Wärme, der kcal, enthaltenen Energiemenge zu der in der Einheit der Arbeit, dem kgm, enthaltenen zahlenmäßig angeben kann, es ist 1 kcal = 427 kgm. Vergleicht man nun die bei der Kompression des Gases zugeführte Arbeitsenergie mit der ihm gleichzeitig abgenommenen Wärmeenergie, so findet man, daß beide gleich groß sind. Die gesamte Energieänderung des Gases ist also Null. Es ist das ein wichtiges Gasgesetz.

Gasgesetz. Wenn man ein Gas komprimiert, indem man dabei seine Temperatur konstant hält, so ändert sich sein gesamter Energiegehalt nicht. Der Energiegehalt eines Gases hängt nur von seiner Temperatur, nicht von seinem Druck ab.

Trotzdem muß man aber sagen, daß das komprimierte Gas eine große Arbeitsfähigkeit gewonnen hat. Wenn man es sich wieder bei konstant gehaltener Temperatur ausdehnen läßt, so liefert es dieselbe Arbeit, die es vorher bei der Kompression aufgenommen hat. Zugleich nimmt es dann dieselbe Wärmemenge wieder auf, die es vorher abgegeben hat.

Die Arbeitsfähigkeit eines Körpers ist also bei gleichbleibender Temperatur keineswegs identisch mit seinem gesamten Energiegehalt. Man muß vielmehr in einem Körper, dessen Temperatur konstant gehalten wird, einen arbeitsfähigen Energiegehalt und einen wärmefähigen Energiegehalt unterscheiden, erst beide zusammen bilden den ganzen Energiegehalt. In dem Gase ist bei konstant gehaltener Temperatur die Summe der arbeitsfähigen und der wärmefähigen Energie konstant, aber die arbeitsfähige Energie nimmt bei einer Kompression auf höheren Druck zu, die wärmefähige Energie nimmt in demselben Maße ab.

Auch bei der elastischen Kompression einer Flüssigkeit und bei der elastischen Deformation eines festen Körpers tritt, wenn die Temperatur konstant gehalten wird, zugleich mit der Zufuhr von Arbeit auch ein kleiner Wärmeaustausch ein. Aber in diesen Fällen sind die Änderungen der arbeitsfähigen und der wärmefähigen Energie nicht entgegengesetzt gleich wie in einem Gase, sondern die Änderung der arbeitsfähigen Energie überwiegt. Aber auch hier und überhaupt bei allen Vorgängen, bei welchen die Temperatur konstant bleibt, kann man in den Körpern eine arbeitsfähige und eine wärmefähige Energie unterscheiden.

Solange die Temperatur der Körper, mit denen man experimentiert, sich nicht wesentlich ändert, hat man eine arbeitsfähige und eine wärmefähige Energie zu unterscheiden. Bei allen Vorgängen, die ohne wesentliche Temperaturänderungen und zugleich umkehrbar verlaufen, gilt das Gesetz der Erhaltung der arbeitsfähigen Energie für sich und der Erhaltung der wärmefähigen Energie für sich.

Aus diesem Grunde hat man im 18. Jahrhundert prinzipiell zwischen „Energie" und „Wärme" unterschieden. Unter „Energie" verstand man die arbeitsfähige Energie, und die Wärme faßte man als einen Stoff auf, der von einem Körper auf den anderen übergehen konnte, ohne daß dabei etwas verlorenging oder neu entstand.

Unverständlich blieben aber dieser alten Zeit die nichtumkehrbaren Vorgänge. Ein nichtumkehrbarer Vorgang ist beispielsweise die Arbeitsleistung, die man einem Wagen zuführt, um ihn von einem Ort zum andern zu bringen. Man muß dabei eine Kraft aufwenden, um den Reibungswiderstand zu überwinden, den der Wagen bei seiner Bewegung erfährt. Der Wagen kann nun nicht etwa von dem erreichten Ort nach seinem Ausgangspunkt zurückfahren und dabei die ihm zugeführte Arbeit wieder zurückgeben. Die arbeitsfähige Energie, die man ihm mitgeteilt hat, ist vielmehr einfach verloren. Weil derartige nichtumkehrbare Vorgänge häufig auftreten, gelang es der Physik des 18. Jahrhunderts nicht, endgültig das Prinzip von der Erhaltung der Energie zu formulieren.

Erst der deutsche Arzt ROBERT MAYER, im Jahre 1842, und — unabhängig von ihm — der Engländer J. P. JOULE, im Jahre 1843, brachten Klarheit in dieser Frage. Sie stellten den Satz auf:

Wenn arbeitsfähige Energie verlorengeht, so entsteht immer zugleich eine wärmefähige Energie von genau entsprechender Größe.

Durch Versuche wurde nachgewiesen, daß der als arbeitsfähige Energie gemessenen Menge von 427 kgm immer eine wärmefähige Energie von 1 kcal entspricht.

Nunmehr konnte man den Satz von der Erhaltung der Energie einwandfrei formulieren:

Der 1. Hauptsatz von der Energie.

Die gesamte Energie, die Summe der arbeitsfähigen und der wärmefähigen Energie, bleibt bei allen Vorgängen erhalten.

Dazu kommt noch ein zweiter Satz:

Der 2. Hauptsatz von der Energie, eingeschränkt auf Vorgänge bei konstanter Temperatur.

Bei allen Vorgängen, bei denen sich die Temperatur nicht wesentlich ändert, bleibt, wenn sie umkehrbar sind, die arbeitsfähige Energie für sich und die wärmefähige Energie für sich erhalten. Bei den nichtumkehrbaren Vorgängen wird stets arbeitsfähige Energie vergeudet zugunsten eines Anwachsens der wärmefähigen Energie.

Ehe wir zu den Vorgängen mit veränderlicher Temperatur übergehen, sei noch eine dritte Form der Energie erwähnt, die in der neueren Physik eine große Rolle spielt, nämlich die elektrisch übertragene Energie. Die elektrische Leistung berechnet sich als das Produkt der Spannung, bei welcher sie übertragen wird, mit der Stromstärke. Die ganze im Laufe einer Zeit elektrisch übertragene Energie ist also das Produkt der Spannung mit der im ganzen durch den Strom überführten elektrischen Ladung. Die elektrische Energie ist vollkommen äquivalent mit Arbeit. Man kann mit Hilfe eines Generators Arbeit in elektrische Energie umwandeln und mit Hilfe eines Elektromotors wieder die elektrische Energie in Arbeit.

Bei manchen chemischen Vorgängen kann man die bei ihnen frei werdende arbeitsfähige Energie in einem galvanischen Element als elektrische Energie gewinnen. Beispielsweise gewinnt man in einem Bleiakkumulator die durch die Oxydation des Bleis und Reduktion des Bleisuperoxyds und die Entstehung von Bleisulfat bei konstant gehaltener Temperatur frei werdende arbeitsfähige Energie in Form der elektrischen Energie. Um den Prozeß umzukehren, um den Akkumulator neu zu „laden", führt man ihm die notwendige arbeitsfähige Energie wieder elektrisch zu. Würde man die Vorgänge vollständig umkehrbar leiten, so müßte die beim Entladen herausgenommene elektrische Energie genau gleich der beim Laden zugeführten sein. In Wirklichkeit wird aber immer etwas arbeitsfähige Energie vergeudet. Zwei Platinelektroden, die in verdünnte Schwefelsäure eintauchen, adsorbieren die bei einem hindurchgeleiteten Strom durch Elektrolyse entstehenden Gase H_2 und $\frac{1}{2}\,O_2$ und bilden dann eine Wasserstoff- und eine Sauerstoffelektrode. Es entsteht auf diese Weise eine „Gaskette", die man wie einen Akkumulator entladen kann. Beim Entladen gewinnt man die arbeitsfähige Energie, die bei dem Verbrennungsprozeß $H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O$ frei wird, als elektrische Energie aus der Gaskette. Der bei weitem größte Teil der bei dieser chemischen Umwandlung bei konstant gehaltener Temperatur zum Vorschein kommenden Energie ist arbeitsfähige Energie, dazu kommt nur eine geringfügige Menge von wärmefähiger Energie, welche die beiden Elektroden, ohne daß man es merkt, an die Umgebung weitergeben.

Ganz anders ist es, wenn man den Wasserstoff in einer Flamme mit dem Sauerstoff zu Wasser verbrennen läßt. Dann wird die ganze frei werdende Energie als wärmefähige Energie geliefert, aber als wärmefähige Energie bei einer sehr hohen Temperatur.

Nun gilt der erste Hauptsatz von der Energie bei allen physikalischen Vorgängen, auch bei denen mit sehr wechselnden Temperaturen. Die gesamte Energie, die bei der Verbrennung des Wasserstoffs in der Flamme geliefert wird, wenn sich das Verbrennungsprodukt schließlich zu Wasser von Zimmertemperatur kondensiert, ist genau so groß wie die gesamte von der Gaskette gelieferte Energie. Aber an Stelle der arbeitsfähigen Energie tritt hier wärmefähige Energie bei einer sehr hohen Temperatur auf.

Wir werden hieraus schließen müssen, daß wärmefähige Energie, die bei einer sehr hohen Temperatur auftritt, zum Teil mit arbeitsfähiger Energie, zum Teil mit wärmefähiger Energie bei niedriger Temperatur äquivalent ist.

In der Tat kann man die Wärme, wie sie in den Verbrennungsprozessen bei sehr hoher Temperatur auftritt, mit Hilfe einer Dampfmaschine zum Teil in arbeitsfähige Energie umwandeln. In der Dampfmaschine kommt wärmefähige Energie in zwei verschiedenen Vorgängen bei zwei sehr verschiedenen Temperaturen vor. Erstens wird dem Wasser im Dampfkessel durch die Wandung des Kessels hindurch Energie durch Wärmeleitung, also als Wärme, geliefert bei einer sehr hohen Temperatur. Zweitens wird der aus dem Dampfzylinder austretende Dampf in den Kondensor überführt, und hier wird von ihm, indem er sich kondensiert, Wärme durch die Wandung des Kondensors hindurch in das Kühlwasser abgeleitet, bei niedriger Temperatur. Auf diese niedrige Temperatur kommt der Dampf in dem Zylinder dadurch, daß er sich adiabatisch ausdehnt und dabei abkühlt, indem er den Kolben vorschiebt. Das aus ihm gebildete Kondenswasser wird dann schließlich adiabatisch auf den hohen im Dampfkessel herrschenden Druck komprimiert und durch den Injektor in den Dampfkessel zurückgepumpt. Im ganzen beschreibt das Wasser also einen „Kreisprozeß", in dessen Ablauf es bei der hohen Temperatur T_1 des Kessels eine Wärmemenge Q_1 aufnimmt und bei der niedrigen Temperatur T_2 im Kondensor eine Wärmemenge Q_2 abgibt. Die Wärmemenge Q_2 ist kleiner als Q_1, und die Differenz $Q_1 - Q_2$ wird als Arbeit $A = Q_1 - Q_2$ von dem im Zylinder hin- und herbewegten Kolben abgenommen.

Wir können also sagen: Wärme, die bei sehr hoher Temperatur gewonnen wird, ist wertvoller als Wärme bei niedrigerer Temperatur, sie ist äquivalent mit einer kleineren Menge von Wärme bei der niedrigen Temperatur und mit einer Arbeit.

Durch eine genauere theoretische Untersuchung der Vorgänge in einer Wärmekraftmaschine läßt sich berechnen, in welchem Verhältnis die Menge Q_1 der bei der hohen Temperatur T_1 aufgenommenen Wärme zu der nach der Gewinnung der Arbeit A bei der niedrigen Temperatur T_2 noch übrig bleibenden Wärme Q_2 steht, falls der Vorgang so vorteilhaft als irgend möglich, nämlich umkehrbar, abläuft. Die Rechnung ergibt:

$$Q_1 : Q_2 = T_1 : T_2.$$

Hier sind unter T_1 und T_2 die beiden Temperaturen vom absoluten Nullpunkt an gerechnet verstanden.

Man kann dieses Ergebnis auch so ausdrücken, daß man sagt: In einem umkehrbaren Vorgang bei sehr verschiedenen Temperaturen würde wieder außer dem Gesetz von der Erhaltung der gesamten Energie auch das Gesetz von der Erhaltung der wärmefähigen Energie für sich gelten, falls man in diesem zweiten Gesetz die wärmefähige Energie nicht mehr in der üblichen Energieeinheit rechnete, sondern in einer mit der Temperatur proportional sich ändernden Einheit. Rechnet man mit einer solchen Einheit, so hat man als die wärmefähige Energie bei der Temperatur T_1 zu setzen: $S_1 = Q_1/T_1$ und als die wärmefähige Energie bei der Temperatur T_2 die Größe: $S_2 = Q_2/T_2$. Die so gerechnete wärmefähige Energie $S = Q/T$ eines Körpers bezeichnet man als seine Entropie. Es gilt also das folgende Gesetz:

Der 2. Hauptzsatz von der Energie für umkehrbare Vorgänge.

Bei allen umkehrbaren Vorgängen bleibt außer der gesamten Energie auch die Entropie erhalten.

Denn wenn der Vorgang in der Dampfmaschine umkehrbar verläuft, so ist die dem Dampf im Kessel zugeführte Entropie genau so groß, wie die von ihm im Kondensor wieder abgegebene Entropie:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}.$$

Die im Kondensor abgegebene Wärmemenge Q_2 dagegen, in der üblichen Energieeinheit gerechnet, ist nur ein Bruchteil der im Dampfkessel zugeführten Wärmemenge Q_1, und zwar ist:

$$Q_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot Q_1.$$

Der Rest $Q_1 - Q_2$ wird am Kolben der Maschine als Arbeit A abgenommen. Die in der Dampfmaschine aus einer von der Heizung gelieferten Wärmemenge Q_1 erzeugte Arbeit A ist also im günstigsten Falle:

$$A = Q_1 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

In Wirklichkeit ist sie wegen der stets unvermeidlichen Vergeudung von arbeitsfähiger Energie etwas kleiner.

Aus dem nunmehr allgemeiner formulierten zweiten Hauptsatz ergibt sich der oben ausführlicher besprochene Spezialfall für unveränderliche Temperatur, wenn man $T_1 = T_2$ setzt. Dann ist eben $Q_1 = Q_2$. Es gilt dann also für die wärmefähige Energie selber, gerechnet in der gewöhnlichen Energieeinheit, und demnach auch für die arbeitsfähige Energie für sich getrennt das Gesetz der Erhaltung.

Wenn der Vorgang nicht umkehrbar abläuft, so wird, wie schon erwähnt, immer arbeitsfähige Energie vergeudet zugunsten eines Anwachsens der wärmefähigen Energie, also im allgemeinen zugunsten eines Anwachsens der Entropie.

Der 2. Hauptsatz von der Energie für nichtumkehrbare Vorgänge.

Bei nichtumkehrbaren Vorgängen nimmt die Entropie zu auf Kosten von arbeitsfähiger Energie, welche dabei vergeudet wird.

Einen nichtumkehrbaren Vorgang haben wir immer dann, wenn eine Wärmemenge Q direkt von einer Flamme, welche eine sehr hohe Temperatur T_1 hat, auf einen Körper von niedriger Temperatur T_2 übergeleitet wird, beispielsweise wenn wir Wasser in einem Kochgefäß über der Flamme etwas erwärmen. Die von der Flamme abgegebene Entropie Q/T_1 ist viel kleiner als die vom Wasser aufgenommene Entropie Q/T_2.

$$\frac{Q}{T_2} > \frac{Q}{T_1}.$$

Die Differenz ergibt die bei der tiefen Temperatur neu hinzukommende Entropie als: $Q \cdot (T_1 - T_2)/T_1T_2$. Die entsprechende wärmefähige Energie, in der gewöhnlichen Energieeinheit gerechnet, bekommt man durch Multiplikation mit der Temperatur T_2 des Körpers, der sie aufgenommen hat. Der Zuwachs der wärmefähigen Energie des Körpers ist also:

$$Q' = Q \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Es ist das gerade diejenige Energiemenge, welche man als Arbeit gewinnen würde, wenn man den Vorgang umkehrbar leitete. Diese arbeitsfähige Energie vergeudet man, indem man die Wärme aus der Flamme direkt auf den kalten Körper überleitet.

Wärmeleitung von einem Körper hoher Temperatur auf einen kalten Körper ist stets ein nichtumkehrbarer Vorgang. Bei ihm wird die Energie, die man mit Hilfe einer geeigneten Maschine als arbeitsfähige Energie hätte gewinnen können, vergeudet zugunsten einer Zunahme der wärmefähigen Energie in dem kalten Körper.

Bücherbesprechungen.

Hämmerling, J., Fortpflanzung im Tier- und Pflanzenreich. Sammlung Göschen Bd. 1138. Berlin 1940, W. de Gruyter. 131 S. u. 101 Abb. Geb. 1,62 RM.

In der bekannt konzentrierten Form der Göschen-Bändchen behandelt das vorliegende Heft zum ersten Male die Biologie der Fortpflanzung aller Organismen in einem zusammenfassenden Überblick. In beiden Teilen des Textes (Morphologie — Physiologie der Fortpflanzung) wird der Nachdruck gelegt auf die Darstellung der für Pflanze und Tier gemeinsamen Gesetzmäßigkeiten. Die zahlreichen Abbildungen, meist bekannten Originalarbeiten entnommen, sind trotz ihrer Kleinheit gut. Ein kurzes Literaturverzeichnis und eine tabellarische Erklärung der wichtigsten Fachausdrücke sind dem Buch beigegeben. Als Stoffsammlung für das Thema „Fortpflanzung“ (Klasse 7) dürfte das Bändchen recht brauchbar sein.

Dresden. EICHLER.

Fabry, Dr. Richard, Bodenkunde für Schule und Praxis. 323 S. mit 65 Textabbildungen und 4 farb. Tafeln. J. F. Lehmanns Verlag, München-Berlin. Geh. 7,60 RM., geb. 8,80 RM.

Im Begleitwort der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, das dem Buch vorangestellt ist, weist Dr. Lips-Berlin mit Recht auf das Thema „Bodenkunde" hin und erklärt es „wie wenig andere dazu geeignet, in den naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften behandelt zu werden". Dazu gibt das vorliegende Buch dem Lehrer Rüstzeug und Anregung. Es setzt keine Sonderkenntnisse voraus und ist in die beiden Teile „Vorschule der bodenkundlichen Gemeinschaftsarbeit" und „Anleitung zur Durchführung einer bodenkundlichen Gemeinschaftsaufgabe" gegliedert. Die 8 Abschnitte des 1. Teiles behandeln Entstehung, Lage, Merkmale, Eigenschaften des Bodens und die Beziehungen zur Pflanze. Der 2. Abschnitt umfaßt in 6 Abschnitten Vermessung und Lagebeschreibung des Arbeitsgebietes, die Aufnahme des Pflanzenbestandes und seine Auswertung für die Bodenbeurteilung, die Bodenuntersuchung im Gelände und zu Hause sowie die Herstellung der Bodenkarte. Das vorzügliche Buch kann ohne Einschränkung empfohlen werden.

Meißen. Schuster.

Fleischhack, Kurt, Werner von Siemens, Mein Leben. 372 S. 20 Bildbeigaben. Verlag Bernhard Sporn, Zeulenroda 1939. Geb. 4,80 RM.

Unter dem Namen „Lebenserinnerungen" war der Abriß, den Werner von Siemens selbst von seinem Leben und Werk gab, bisher in der Ausgabe bei Julius Springer zugänglich (12. Aufl. 1922). Der vorliegende Neudruck wurde der besseren Übersicht halber mit Kapitelüberschriften versehen. Gegenüber der ursprünglichen Ausgabe wurden unwesentliche Kürzungen angebracht, und zwar bei den rein wissenschaftlich-technischen Darlegungen. Vielleicht hätte man aber doch diese Dinge stehen lassen sollen, zumal der Umfang dadurch nicht erheblich gewachsen wäre. Die beigefügten Bilder sind gut ausgewählt und tragen zur Belebung wesentlich bei. Im Nachwort gibt der Herausgeber einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Siemens-Werke bis zur Gegenwart. Die gut ausgestattete, preiswerte Neuausgabe der Lebenserinnerungen eines unserer großen Techniker, der ebenso wissenschaftlicher Forscher wie erfolgreicher Wirtschaftsführer war, wird dem Menschen Werner Siemens neue Freunde gewinnen. Ich möchte, daß jeder unserer technisch interessierten Jungen sich in diese Erinnerungen versenkte. Die bescheidene, von jeder Überheblichkeit freie Art der Darstellung und der köstliche, lebendige Stil werden ihre bildende Wirkung nicht verfehlen.

Nikol, Friedrich, Ein Tag physikalisch, ein naturwissenschaftliches Lesebuch für die Jugend und das Volk. 189 S. 60 Abb. C. C. Buchners Verlag, Bamberg. Steif geh. 2.— RM.

In ansprechender Weise wird eine große Zahl von physikalischen Fragen behandelt, die der Alltag mit sich bringt, und zwar an Hand des Ablaufs eines Tages im Leben einer Familie. Beginnend mit der „Ruhe der Nacht" geht es über die morgendliche Erfrischung zur Arbeit, zu Spiel und Erholung bis zum Abend. Daß die Dinge dabei manchmal etwas gewaltsam den Kapitelüberschriften untergeordnet werden müssen, ist verständlich. Das Büchlein würde noch gewinnen, wenn die Abbildungen sämtlich den Ansprüchen genügten, die man heute an die Bebilderung eines Buches stellt; viele erwecken den Eindruck, als seien sie einem älteren Physikbuch entnommen.

Schneider, Erich, Strahlen und Wellen. 266 S. 119 Abb. Helingsche Verlagsanstalt, Leipzig 1940.

Das Buch gibt in guter, allgemeinverständlicher Darstellung einen Überblick über das Gebiet der Strahlen und Wellen (Mechanische Wellen, elektrische Strahlen, Wärmestrahlen, Lichtstrahlen, ultraviolette Strahlen, Röntgenstrahlen, Wellen- und Teilchenstrahlung). Auf die praktische Bedeutung für Technik und Medizin wird ausführlich eingegangen. Auch das Historische kommt zu seinem Recht. Die frische, lebendige Schreibweise und die Vielseitigkeit des Gebotenen machen das Buch angenehm lesbar. Günther.

O. Th. Bürcklen, Mathematische Formelsammlung. Vollst. umgearbeitete Neuausgabe von Dr. F. Ringleb. Sammlung Göschen 51. 272 S. mit 37 Fig. Dritte, verb. Auflage. Berlin u. Leipzig, Walter de Gruyter & Co. 1936. Geb. 1,62 RM.

Die alte, berühmte und vielgebrauchte Formelsammlung ist in den einzelnen Abschnitten wesentlich umgestaltet und erweitert sowie um eine Anzahl neuer Abschnitte vermehrt worden. Die Vermehrung erstreckt sich insbesondere auf Vektorrechnung, große Gebiete aus der Differential- und Integralrechnung, Differentialgeometrie, gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen. Das ausgezeichnete Buch wird noch weiteren Kreisen als bisher zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel werden.

Dresden. Kerst.

Kluth, Heinrich, Wunder des Fortschritts. 306 S. mit 75 Abbildungen auf Tafeln und 6 Zeichnungen. Verlag Scherl, Berlin.

„Technisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fortschritte müssen Allgemeinwissen werden. Denn die Technik darf weder in der Aufgabenstellung noch in der Durchführung die ausschließliche Angelegenheit weniger Fachleute sein. Sie muß Angelegenheit des ganzen Volkes werden. ... das ganze Volk muß technisch richtig denken lernen.“ Diesen Worten des Generalinspektors Dr. Todt entsprechend will das Buch zur Verbreitung technischen Denkens beitragen, und dazu ist es ganz hervorragend geeignet. Es weist den Fortschritt auf, den bis in die jüngste Zeit die Forschung errungen hat auf den verschiedensten Gebieten. Gegliedert in die Hauptabschnitte Wunder des Stoffes, der Materie, der Retorte, der Erde, des Weltalls, des Lebens, der Wellen, trägt es eine Fülle von Stoff zusammen, der geradezu als allumfassend bezeichnet werden kann. Eine geschickte Unterteilung der Abschnitte und ein flüssiger, lebendiger Stil, verbunden mit einer durchweg fesselnden, meist spannenden Darstellung, machen das Lesen dieses Werkes zu einem großen Genuß. Der Verfasser hat es verstanden, ohne Voraussetzung besonderer Kenntnisse bis an die letzten Grenzen auf den behandelten Forschungsgebieten heranzuführen und dabei doch jede Oberflächlichkeit zu meiden. Er bringt Dinge, die auch dem Fachmann nicht immer bekannt sind. Das Buch kann deshalb dem Fachmann in gleicher Weise wie dem Laien empfohlen werden. Es eignet sich gut als Geschenk an Schüler der Klassen 7 und 8 der höheren Schule. Auch für Lager- und Landheimbücherei ist es sehr zu empfehlen, zumal da die einzelnen Abschnitte unabhängig voneinander gelesen werden können. Die Ausstattung des Werkes ist erstklassig.

Laubrinus, Reißbrett mit Reißschiene und Zeichendreiecken. Herausgegeben von Fritz Laubrinus, Zeichen- und Malbedarf, Berlin-Charlottenburg. 4,— RM.

Seit durch den neuen Reichslehrplan die Darstellende Geometrie nicht mehr als selbständiges Fach in den Stundentafeln der höheren Schulen auftritt, hat das Reißbrett, wie man zunächst meinen könnte, kein Daseinsrecht mehr in diesen Schulen. Da aber der Lehrplan das geometrische Zeichnen keinesfalls vernachlässigt, wird man doch immer wieder genötigt sein, umfangreichere Zeichenarbeiten durchführen zu lassen. Für diese Arbeiten ist das große Reißbrett der früheren Zeit nicht geeignet. Andererseits ist es ein Versuch mit untauglichen Mitteln, eine Zeichnung, bei der es auf größere Genauigkeit ankommt, in ein Heft zeichnen zu lassen. Hier ist das vorliegende Reißbrett in der Größe DIN A 3 (30,4 × 40,5) ein sehr geeignetes Hilfsmittel. Es läßt sich bequem unter dem Arm tragen und kann auf der Schulbank ohne Umstände gebraucht werden. Auf der Rückseite sind eine der Größe des Brettes entsprechende Reißschiene sowie zwei Zeichendreiecke eingebaut, so daß der Schüler seine Geräte stets in Ordnung beisammen haben kann. Das Brett und die drei Geräte sind sehr genau gearbeitet. Sie genügen bei weitem allen Ansprüchen, die man für den Gebrauch an den höheren Schulen stellen kann. Dieses sehr preiswerte Lernmittel kann deshalb warm empfohlen werden. Seine Verwendung wird zweifellos der Arbeit des Schülers außerordentlich förderlich sein.

Dresden. Kerst.

Lietzmann, Dr. Walther, Frühgeschichte der Geometrie auf germanischem Boden. 94 S. mit 91 Abb. Breslau 1940, Ferd. Hirt. Geb. 3,50 RM.

Der Verfasser versucht eine Verbindung herzustellen zwischen Vorgeschichte und Mathematik. Allerdings ist die Mathematik nicht ein logisches System von Sätzen und Beweisen, sondern eine aus der geometrischen Anschauung heraus entwickelte Freude an Form und Gestalt, die sich besonders an den mehr oder weniger stark stilisierten Ornamenten offenbart. Die betrachteten Funde sind dem Wohnbereich der indogermanischen Völker — soweit dieser feststellbar ist — entnommen. Die durchweg vorzüglich wiedergegebenen Ornamente zeigen ein stark entwickeltes geometrisches Gefühl der Künstler, welche diese freihändig oder mit Hilfe einfacher Zeichengeräte hergestellt haben. Räumliche Gegenstände, Menschen und Tiere sind in einer Mischung von Grund- und Aufriß dargestellt. Auch auf die Ortung wird eingegangen; mit Recht wird auf die große Unsicherheit der von manchen Vorgeschichtlern gezogenen Schlüsse hinsichtlich der Richtungen (und damit der versuchten Zeitbestimmung) hingewiesen. Das Wesentliche der „nordischen Geometrie“ ist nicht ein System von Sätzen an „starren Figuren“, sondern der auf Bewegung, Schiebung, Drehung und Spiegelung beruhende Gruppenbegriff. Schon das steinzeitliche Ornament war nicht starr.

Mehr als dies wohl bisher geschehen ist, möge im Unterricht darauf hingewiesen werden, daß geometrische Vorstellungen auch aus der Freude an schmückender Formgestaltung hervorgegangen sind. Die trefflichen Bilder können als Beispiele dafür herangezogen werden, wie unsere Vorfahren mathematische Formen künstlerisch verarbeitet haben und auf welch hoher Stufe das „Kunstgewerbe“ der Germanen stand.

Stuttgart. E. Beutel.

Niklitschek, Alexander, Technik des Lebens. Berlin, Verlag Scherl. 341 S. mit 141 Zeichnungen und 24 Textbildern. 4⁰.

Niklitschek schöpft aus einem technisch wie biologisch gleich reichen Wissen und vermag über die Technik als Abstraktion des Lebendigen auch Biologie lebendig, fesselnd und volkstümlich darzustellen. Das hervorragend geschriebene und bebilderte Werk wird darum seinen Weg machen und wird empfohlen, weil wir jede Möglichkeit begrüßen, lebenskundliches Wissen weitesten Kreisen zugänglich zu machen. Auch in die Bücherei unserer höheren Schulen kann das Werk durchaus eingestellt werden.

Trotzdem birgt Niklitscheks Methode eine Gefahr in sich, nämlich die, das Leben als Konstrukteur und Ingenieur begreifen zu wollen. Dieser Gefahr ist Niklitschek unterlegen. Das schlechthin Wunderbare und letztlich Göttlich-Unerklärbare des Lebendigen, an das unsere Erkenntnis immer wieder heranführt, ist für diesen Weg unfaßbar. Und die zweite Gefahrenquelle einer derartigen Darstellungsform ist ebenfalls nicht strikt vermieden: nämlich „sensationelle", aber eben doch noch unausgereifte wissenschaftliche Erkenntnisse mit heranzuziehen.

Dies als aufbauend-kritischer Hinweis für künftige Auflagen!

Bayreuth. Dittrich.

Weinert, Hans, Der geistige Aufstieg der Menschheit vom Ursprung bis zur Gegenwart. 300 Seiten mit 155 Abbildungen. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1940. Geh. 19,— RM., geb. 20,80 RM.

Nach den bekannten Büchern „Ursprung der Menschheit" und „Entstehung der Menschenrassen" vollendet Weinert in dem vorliegenden Werk die Trilogie mit der Würdigung des Geistes und der Seele in der Menschheitsentwicklung. Der Verfasser beginnt nach Erörterung der Beweismöglichkeiten mit der Beurteilung der geistigen Fähigkeiten heute lebender Affen und Menschenaffen. Nach einem Abschnitt „Menschenwerdung als geistige Tat", in dem die ursächlichen Zusammenhänge von Gehirn, Hand und Feuer und weiterhin Sprache und Mund erörtert werden und in dem die Betätigungen auf geistig-kulturellem Gebiet aufgezählt sind, die vom Menschenaffen zum Menschen führen mußten, bespricht Weinert die einzelnen Kulturstufen: Anthropus-Pithecanthropus, Neandertaler, Homo sapiens diluvialis, alluvialis bis zum Homo sapiens recens, eingeteilt in Kupfer-, Bronze-, Eisenzeit und Zeitalter der Technik. Mit einem Blick auf Religion und Christentum klingt das Werk aus. Die Literaturangaben beziehen sich nur auf neuere Arbeiten, auf die unmittelbar Bezug genommen ist.

Das wundervolle Buch wird bei allen Natur- und Kulturwissenschaftlern freudige Aufnahme finden.

Meißen. Schuster.

Römpp, Hermann, Organische Chemie im Probierglas. 204 Seiten mit 32 Abb. Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. Franckhsche Verlagshandlung, Stuttgart.

Das Buch führt mit Hilfe vieler Versuche, die zwar nicht nur im Probierglas, aber immer mit einfachen Mitteln ausgeführt werden, durch die organische Chemie, wobei auch neu erschlossene Gebiete, wie z. B. die Chemie des Vitamin C, nicht umgangen werden. Jugendliche und auch ältere Benutzer werden ihm viele brauchbare Anregungen entnehmen können, aber im Interesse der jungen Freunde des Buches muß der Praktiker bitten, die Beschreibungen einiger, nicht immer ungefährlicher Versuche zu streichen. Das Buch wird auch nach diesen Auslassungen nicht an Anziehungskraft verlieren.

Hamburg. Franck.

Geith, Karl, Kräuterkunde für Schule und Haus. 122 Seiten. Verlag Kurt Stenger, Erfurt 1940. Preis kart. 3,60 RM.

Der Verfasser, Reichsreferent für Heilpflanzenkunde im NSLB., will dem deutschen Erzieher das Rüstzeug zusammenstellen, mit dem er der Schuljugend das unbedingt notwendige Wissen um unsere Kräuter vermitteln kann. Er behandelt die Bedeutung der Heil-, Gewürz- und Duftpflanzen in unserer Wirtschaft, das Sammeln der Wildkräuter und ihre Anwendung. Der Anhang bringt auf 38 Seiten in Tabellenform „Einteilung unserer heimischen Heilpflanzen und Drogen", „Die 140 gebräuchlichsten chemischen Heilkräuter" und „Die anbauwürdigsten Würz- und Heilkräuter".

Meißen. Schuster.

Kepler, Johannes, Gesammelte Werke. Herausgegeben im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayrischen Akademie der Wissenschaften unter der Leitung von Walther von Dyck und Max Caspar. Bd. VI: Harmonice mundi, herausgegeben von Max Caspar. 563 S. Lex.-8⁰. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München 1940. Halbpergament 18,— RM, broch. 15,— RM.

Auf Form und Anlage der prachtvollen Ausgabe ist hier bei der Besprechung der bisher erschienenen ersten drei Bände ausführlicher eingegangen worden (Ubl. 1938, S. 240; 1939, S. 174, 272). Nun liegt, von Max Caspar bearbeitet, im Band VI die „Harmonice mundi" vom Jahre 1619 vor. Es handelt sich nicht, wie nochmals erwähnt sei, um eine Übersetzung, sondern um die Neuherausgabe der fünf Bücher nebst der Apologie vom Jahre 1922 im lateinischen Urtext. Von besonderem Wert ist auch in diesem Bande wieder der etwa 100 Seiten umfassende Nachbericht, in dem der Herausgeber eine Entstehungsgeschichte und eine Analyse der Harmonice gibt, die einschlägigen Manuskripte zusammenstellt und in einer großen Zahl von Anmerkungen das Verständnis für das Originalwerk erleichtert.

Die Nachwelt kennt aus dem großartigen Werk KEPLERS fast nur das dritte der Planetengesetze, nach dem er als Krönung seines Gebäudes solange gesucht hat. Man muß aber den Blick auf das Ganze richten, um den Geist zu erfassen, aus dem es in inniger Verflechtung von Wissenschaft, Philosophie, Kunst und Religion entstanden ist. Ist das Werk doch nicht nur der Gipfel der Betrachtungen über das Weltgebäude der Renaissance, sondern es bereitet in wesentlichen Dingen die neue Zeit vor.

Dresden. GÜNTHER.

Reuter, Hans, Fort mit der Kreidephysik, ein Führer beim Gebrauch physikalischer Schulapparate, III. Teil. Oberstufe mit 219 Abbildungen. 168 S. Carl Heymanns Verlag in Berlin.

Die in den Jahren 1925—1928 erschienenen drei Bändchen (Unter-, Mittelstufe und Schülerübungen) sind bekannt. Sie haben ihre Freunde gefunden und zu ihrem Teil gewiß mit dazu beigetragen, eine gesunde Experimentalphysik in der Schule lebendig zu erhalten. Nach größerer Pause folgt nun als dritter Teil die Oberstufe. Der Verfasser betont selbst, daß die verschiedenen Bogen einzeln gedruckt worden sind, wie sie der Verfasser fertigstellen konnte (die Mechanik schon 1931, die Optik erst im Jahre 1941). Dadurch wurden nachträgliche Änderungen und Ergänzungen nicht möglich. Man kann aber dem Verfasser zugeben, daß das Buch trotzdem den neuen Lehrplänen gerecht wird. Der Kundige findet begreiflicherweise kaum Überraschungen. Die Versuche und die Abbildungen entstammen weitgehend dem Arbeitskreis und den Katalogen der PhyWe in Göttingen. Der junge Physiklehrer wird aber mancherlei Anregungen aus dem Buch mit fortnehmen.

Dresden. GÜNTHER.

Volkmann, Wilhelm, Elemente physikalischer Experimentierkunst. 141 Abb. 173 S. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn und Berlin. Geb. 4,80 RM.

Wer W. VOLKMANN kennt und ihn bei seiner Arbeit erlebt hat, der wird es dem Meister einer wahrhaft klassischen und gerade deswegen modernen Experimentierkunst danken, daß er seine reichen Erfahrungen in diesem Bändchen der Allgemeinheit zugänglich macht. Wir finden eine Auswahl der Übungen, die VOLKMANN in der Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin abgehalten hat. Dabei wird, ausgehend von der Entwicklung des bekannten „Aufbaugeräts", eine solche Fülle von Anregungen und Anleitungen für den Selbstbau einfacher Geräte und für die Ausführung von Schulversuchen aus allen Gebieten der Physik gegeben, daß auch der erfahrene Schulphysiker seine helle Freude hat. Mag das Bändchen dazu beitragen, daß der hohen Kunst des Schulexperiments die Lebensluft nicht mehr und mehr wegbleibt.

Dresden. GÜNTHER.

Goosses, I. W., Die biologische Auswertung der Landschaft. Dargestellt an einem Beispiel aus dem Bergischen Lande. 40 Seiten mit 3 Abb. und einer Tafel. Verlag Dr. M. Matthiesen & Co., Berlin 1940. Geh. 2,— RM.

Das Heft enthält nach Ausführungen über Grundsätzliches zur landschaftskundlichen Arbeitsgemeinschaft und die Arbeitsweise einen Bericht über eine biologische Arbeitsgemeinschaft des Sommers 1939 mit einer 7. Klasse in einem einige Quadratkilometer ausführlich beschriebenen Gebiet bei Wuppertal.

Geyer, Hans, Praktische Futterkunde für den Aquarien- und Terrarienfreund. 90 Seiten mit 15 Abb. Alfred Kernen Verlag, Stuttgart 1940. Preis kart. 2,80 RM.

Das Heft ist ein guter Ratgeber für Art, Beschaffung, Aufbewahrung und Zucht der Futtertiere und wird manchem Biologielehrer, wie z. B. in bezug auf Taufliegen, Ameisen, Stabheuschrecken u. a., willkommen sein. Es ist gegliedert nach allgemeinen Futterregeln, die Futteransprüche der Pfleglinge und die Futterbeschaffung.

Meißen. SCHUSTER.

F. Dannmeyer. Institut für physikalisch-biologische Lichtforschung in Hamburg. Geschichte des Instituts, zugleich wissenschaftlicher Rechenschaftsbericht 1919—1939, autographiert. Hamburg 1939.

Das Institut entwickelte sich aus der Arbeit des Berichterstatters auf dem Gebiete der therapeutischen Strahler am Allgemeinen Krankenhaus Hamburg-Eppendorf und hat in den 20 Berichtsjahren eine große Zahl von wissenschaftlichen Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Medizin (Ultraviolett- und Rachitisproblem, Krebsproblem) und der Nautik (Optik von Leuchtschiffen, Nebel- und Sichtmessungen) herausgebracht. Im ganzen werden nicht weniger als 109 Arbeiten angegeben, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann.

Dresden. GÜNTHER.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Piererache Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür. L/0012.

Abhandlungen.

Kraftfahrzeug und Straße als Thema für eine physikalische Arbeitsgemeinschaft.

Von Adolf Hammann in Berlin-Friedenau.

(Schluß.)

3. Der Luftwiderstand.

Von der für die Bewegung eines Fahrzeuges aufzuwendenden Leistung entfällt ein erheblicher Teil auf die Überwindung des Luftwiderstandes, in dem auf S. 106 erörterten Fall sind es nicht weniger als 55 v. H. Wissenschaftliche Institute und die Fahrzeugindustrie sind seit Jahren bemüht, diesen verhältnismäßig hohen Anteil an Leistungsaufwand durch geschickte Formgebung der Wagenkörper auf ein möglichst geringes Maß herabzudrücken.

Nachdem seit Einführung der flugphysikalischen Arbeitsgemeinschaften wohl fast alle Oberschulen über Luftstromerzeuger verfügen, macht es keine Schwierigkeiten, den Luftwiderstand des Kraftfahrzeuges in der Arbeitsgemeinschaft zu behandeln.

Der Widerstand, den ein Körper erfährt, wenn er gegen die Luft mit der Geschwindigkeit v [m/sec] bewegt wird, ist bekanntlich

$$W_L = c_w \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 = c_w \cdot F \cdot q. \tag{19}$$

Hierin ist $q = \frac{\rho}{2} v^2$ der Staudruck, ρ die Luftdichte, F der größte, zur Anblasrichtung senkrechte Querschnitt des Körpers und c_v der Widerstandsbeiwert. Während es in der Flugphysik üblich ist, die Luftdichte ρ mit rund $\frac{1}{8} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{sec}^2}{\text{m}^4}$ anzusetzen, findet man in der wissenschaftlichen Literatur über Fahrzeugforschung

$$\rho = \frac{\gamma}{g},\ \gamma = 1{,}25\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ und somit } \frac{\rho}{2} = \frac{1{,}25}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}0637\ \frac{\text{kg} \cdot \text{sec}^2}{\text{m}^4}.$$

Aufgabe 6. Bestimme den Luftwiderstand des Adler Trumpf Junior, dessen Widerstandsbeiwert zu 0,55 angenommen wird, bei einer Geschwindigkeit von 70 km/h. Die Spurweite des Wagens ist $B = 1{,}21$ m, seine größte Höhe $H = 1{,}52$ m.

Die größte, zur Anblasrichtung senkrechte Querschnittsfläche F ermitteln wir nach der Formel[16])

$$F = m \cdot B \cdot H, \tag{20}$$

worin die Größe m Werte zwischen 0,85 und 0,95 annehmen kann. Dabei gelten die unteren Werte für kleine Wagen und Rennwagen, die oberen Werte für größere Wagen und Omnibusse. Wir wählen $m = 0{,}85$ und erhalten

$$F = 0{,}85 \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}52 = 1{,}56\ \text{m}^2,$$

$$V = 70\ \text{km/h} = \frac{70}{3{,}6} = 19{,}44\ \text{m/sec}$$

und

$$W_L = 0{,}55 \cdot 1{,}56 \cdot 0{,}0637 \cdot 19{,}44^2,$$

$$W_L = 20{,}6\ \text{kg}.$$

Den geringsten Widerstand hat ein Drehkörper mit dem in Abb. 10 angegebenen Profil. Ein solcher wäre aber wegen seiner verhältnismäßigen Länge als Fahrzeugkörper ungeeignet, auch müßte man die Räder und Achsen besonders verkleiden. Für ein Gebrauchsfahrzeug strebt man einen stromlinienförmigen Körper an, dessen Querschnitt sich der Rechtecksform nähert (Abb. 11a u. 11b). Bei gleichem Querschnitt ist der Widerstand solcher Körper vom Schlankheitsverhältnis h : l, das wenigstens 1 : 3,5 betragen soll, abhängig. Wir untersuchen den Strömungsverlauf bei den in Abb. 11a und 11b dargestellten Körpern in Luft mit Hilfe von Wollfäden oder im Wasserströmungsgerät von Leybold an verkleinerten Modellen.

[16]) Vgl. Fußnote 11, S. 344.

Bei dem ersten Körper mit dem Schlankheitsverhältnis h : l = 1 : 5 liegt die Strömung bis zum Ende auf der Oberseite glatt an, während sie bei dem zweiten Körper mit h : l = 1 : 3 bereits vorher abreißt.

Wie aus der Flugphysik bekannt ist, besteht zwischen Oberseite und Unterseite eines Tragflügels ein Druckunterschied, bei dessen Ausgleich an den Flügelenden

Abb. 10. Drehkörper mit stromlinienförmigem Profil.

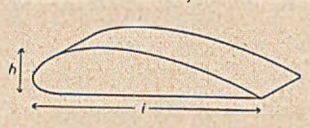


Abb. 11a. Körper mit stromlinienförmigem Profil und rechteckigem Querschnitt vom Schlankheitsverhältnis 1 : 5.

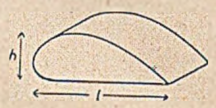


Abb. 11b. Körper mit stromlinienförmigem Profil und rechteckigem Querschnitt vom Schlankheitsverhältnis 1 : 3.

die Randwirbel entstehen, die beim Tragflügel den Hauptanteil des Widerstandes hervorrufen. Wenden wir diese Tatsache auf unsere Modellkörper an, so sehen wir, daß wir zur Verminderung des Widerstandes alle scharfen Kanten abzurunden haben. Über die günstigste Gestaltung von Fahrzeugkörpern unterrichten wir uns aus einem Aufsatz von Prof. KAMM in der Zeitschrift „Die Straße" [17]).

Für die weiteren Untersuchungen benutzen wir ein Blechmodell (Spielzeugauto), bei dem wir die Fenster und sonstige Öffnungen durch Papierklebestreifen verschließen. Maße des Modells: Länge 17 cm, Radstand 11 cm, größte Höhe 5,5 cm, größte Breite 6,5 cm, Bodenfreiheit 1,5 cm. Wir betrachten zunächst den Verlauf der Strömung mit Hilfe von Wollfäden. An den Flanken hinter den vorderen Kotflügeln ist die Strömung sehr unruhig, desgleichen an den hinteren Kotflügeln, an dem tiefgezogenen Heck reißt die Strömung schon vor dem Ende ab. Die Anbringung des Modells an einer in der Flugphysik üblichen Komponentenwaage ist nicht ganz einfach. Zur Bestimmung des Widerstandes hängen wir daher unser Modell an vier parallelen Drähten auf und messen den Rücktrieb mit Hilfe einer aus Leichtmetallschienen hergestellten Hebelwaage (Abb. 12). Um seitliches Pendeln des Modells zu verhindern, werden von den Enden der Hinterachse nach schräg seitwärts etwa unter 20° zur Richtung der Achse zwei dünne Fäden über Rollen geführt und mit Gewichten B_1 und B_2 von je 20 g gespannt. Der Ausgleich am Waagebalken erfolgt durch das Gewicht A. Die Nullstellung der Waage wird durch das Ende des rechten Armes, das als Zeiger ausgebildet ist, auf einer Skala angezeigt. Bei unseren Messungen wurde der Widerstand des in den Luftstrom hineinragenden Waagehebels und der Spannfäden berücksichtigt (der Widerstand der Aufhängedrähte bisher noch nicht). Der Staudruck wurde mit Hilfe eines PRANDLschen Staurohrs bestimmt. Die Versuchsergebnisse sind aus der Zahlentafel VI zu ersehen. Darin bedeuten:

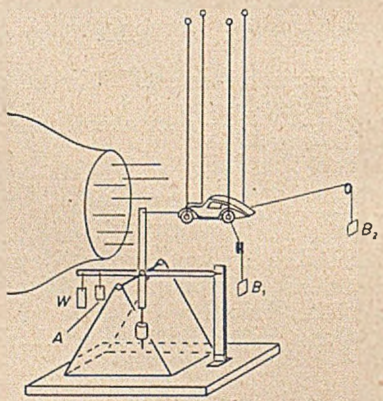


Abb. 12. Versuchsanordnung.

q Staudruck in mm WS,
W Widerstand des Modells mit Spannfäden und Waagehebel in g,
W_0 Widerstand des Waagehebels und der Spannfäden in g,
$\overline{W}$ Widerstand des Modells in g,
c_w Widerstandsbeiwert.

Zahlentafel VI.

q	W	W_0	$\overline{W}$	c_w
5,6	10	1,3	8,7	0,543
11,4	20	2,7	17,3	0,540
17,0	30	4,1	25,9	0,532

[17]) W. KAMM, „Der Weg zum wirtschaftlichen autobahn- und straßentüchtigen Wagen". Zeitschrift „Die Straße", Verlag Volk und Reich, 6. Jahrg. Nr. 4. 1939.

Der größte Querschnitt des Modells wurde an Hand einer Zeichnung zu $F = 28{,}6\ cm^2$ bestimmt.

Die Widerstandsbeiwerte der heutigen Wagenformen liegen zwischen 0,6 und 0,2. Für die älteren Typen wird man $c_w = 0{,}6$, für Wagen mit gerundeten Formen $c_w = 0{,}5$, für Wagen mit schräger Windschutzscheibe und nicht zu steiler Hecklinie $c_w = 0{,}4$ und für stromlinienförmig ausgebildete Formen $c_w = 0{,}3$ ansetzen können [18]).

4. Steigungswiderstand und Beschleunigungswiderstand.

Zu dem Rollwiderstand und Luftwiderstand kommt beim Befahren von Steigungen der Steigungswiderstand W_{st} und beim Anfahren oder Beschleunigen der Beschleunigungswiderstand W_b. Beide werden bei den entsprechenden Abschnitten über die Bewegung des Fahrzeuges behandelt.

C. Die Bewegung des Fahrzeuges.

1. Fahrleistungsschaubild.

Zur Überwindung der Fahrwiderstände, die sich im wesentlichen aus dem Roll- und Walkwiderstand W_R und dem Luftwiderstand W_L zusammensetzen, steht an der Nabe der Treibräder die Nabenleistung N zur Verfügung. Diese beträgt etwa 90 v. H. der am Schwungrad des Motors vorhandenen Leistung. Um einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Fahrwiderstand und verfügbarer Leistung zu gewinnen, zeichnen wir ein Fahrleistungsschaubild[19]) (Abb. 13). Auf der Abszissenachse tragen wir die Geschwindigkeit V [km/h] und auf einem dazu parallelen Maßstab die Motordrehzahl n im III. Gang in U/min an. Als Ordinaten tragen wir die Nabenleistung N und die Fahrwiderstandsleistung in der Ebene ($N_R + N_L$) ein.

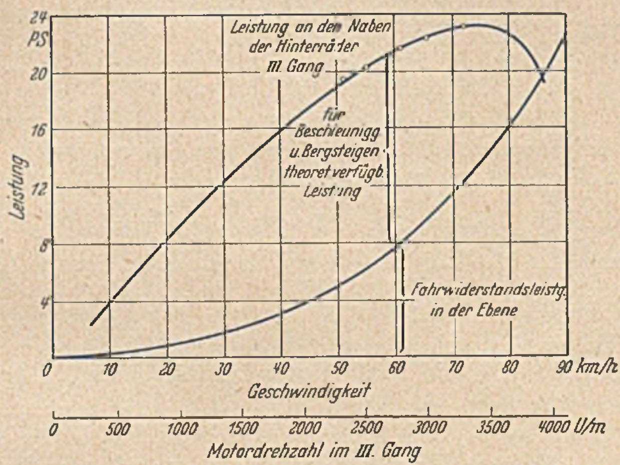


Abb. 13. Fahrleistungsschaubild.

Die beiden Kurven schneiden sich bei $n = 3970$ U/min. Die zugehörige Geschwindigkeit $V = 86$ km/h ist die höchste erreichbare Geschwindigkeit in der Ebene. In dem praktisch brauchbaren Drehzahlbereich von $n = 500$ bis $n = 3970$ U/min liegt die Leistungskurve N über der Kurve der Fahrwiderstandsleistung. Die Differenz der Ordinaten stellt die überschüssige, für Beschleunigung und Überwindung von Steigungen theoretisch verfügbare Leistung $N_ü$ dar.

2. Die gleichförmige Bewegung in der Ebene.

Wenn sich ein Wagen auf ebener Bahn gleichförmig, d. h. mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, so ist die an der Nabe verfügbare Leistung N gleich der Summe der Roll- und Walkwiderstandsleistung N_R und der Luftwiderstandsleistung N_L:

$$N = N_R + N_L.$$

[18]) Vgl. Fußnote 17, S. 107, Abb. 14; vgl. Fußnote 1, S. 109 und Fußnote 2, S. 214, Zahlentafel 9.

[19]) Mit Erlaubnis des Verlages J. Springer entnommen aus dem unter Fußnote 2 aufgeführten Werk, S. 174, Abb. 416.

Dabei ist

(21) $$N_R = \frac{W_R \cdot V}{75 \cdot 3{,}6} \text{ PS} \quad \text{und}$$

(22) $$N_L = \frac{W_L \cdot V}{75 \cdot 3{,}6} \text{ PS}.$$

Also ist der Leistungsbedarf für die Fahrt in der Ebene

(23) $$N = (W_R + W_L) \frac{V}{75 \cdot 3{,}6} \text{ PS}.$$

(Wir bezeichnen mit V die Stundengeschwindigkeit [km/h] und mit v die Sekundengeschwindigkeit [m/sec]. Bei der Umrechnung beachten wir die Beziehung $v = \frac{V}{3{,}6}$ m/sec.)

In Formel (23) ist nach Formel (7)

$$W_R = \mu \cdot G \text{ kg}$$

und nach Formel (19)

$$W_L = \frac{\rho}{2} \cdot c_w \cdot F \cdot v^2 = 0{,}0637\, c_w \cdot F \cdot \frac{V^2}{3{,}6^2} \text{ kg}.$$

Aufgabe 7. Welche effektive Motorleistung muß der in Aufgabe 6 erwähnte Wagen Adler Trumpf Junior vom Gewicht $G = 820$ kg, mit 4 Personen besetzt ($Q = 280$ kg), hergeben, um auf ebener Straße ($\mu = 0{,}02$) eine Geschwindigkeit von $V = 70$ km/h zu halten?

Der Luftwiderstand bei $V = 70$ km/h wurde bereits berechnet (vgl. Ergebnis der Aufgabe 6, S. 121) $W = 20{,}6$ kg. Das Gesamtgewicht ist $\overline{G} = G + Q = 1100$ kg. Der Rollwiderstand ist nach Formel (7) $W_R = \mu \cdot \overline{G} = 22$ kg. Mithin ist nach Formel (23) die Nabenleistung $N = (22 + 20{,}6) \frac{70}{75 \cdot 3{,}6} = 11{,}05$ PS. Die am Schwungrad des Motors erforderliche Leistung N_e ist dann, wenn man mit einem Wirkungsgrad von 0,90 rechnet, $N_e = \frac{N}{0{,}9} = \frac{11{,}05}{0{,}9} = 12{,}3$ PS, etwa die Hälfte der Höchstleistung des Motors. Es steht demnach noch für die Überwindung von Steigungen und für Beschleunigung ein ansehnlicher Leistungsüberschuß zur Verfügung.

3. Die gleichförmige Bewegung bei ansteigender Bahn.

Soll ein Fahrzeug eine Steigung nehmen, so tritt zu den oben behandelten Fahrwiderständen noch der Steigungswiderstand. Dieser ist gleich dem Hangabtrieb, den das Fahrzeug auf der unter dem Winkel α geneigten Bahn erfährt (Abb. 14). Bezeichnet man das Gesamtgewicht des Wagens mit G, so ist der Steigungswiderstand

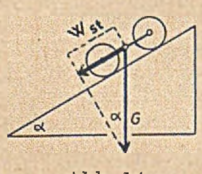


Abb. 14. Steigungswiderstand.

(24) $$W_{St} = G \cdot \sin\alpha.$$

Da der Steigungswinkel fast immer sehr klein ist, kann näherungsweise $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha$ gesetzt werden, wobei $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{m} = \frac{p}{100}$ das Steigungsverhältnis der Straße darstellt. Die zur Überwindung der Steigung erforderliche Leistung ist

(25) $$N_{St} = \frac{W_{St} \cdot V}{75 \cdot 3{,}6} = G \cdot \sin\alpha \cdot \frac{V}{75 \cdot 3{,}6}.$$

Aufgabe 8. Bestimme an Hand des Leistungsschaubildes Abb. 13 die Steigfähigkeit bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h, wenn das Gesamtgewicht des Wagens zu $G = 1100$ kg angenommen wird.

Die bei einer Geschwindigkeit von $V = 50$ km/h vorhandene, überschüssige Leistung von 14 PS ist gleich der Steigwiderstandsleistung zu setzen. Aus Gleichung (25) ergibt sich dann

$$\text{(26)} \qquad \sin\alpha = \frac{N_{ü} \cdot 75 \cdot 3{,}6}{V \cdot G},$$

$$\sin\alpha = \frac{14 \cdot 75 \cdot 3{,}6}{50 \cdot 1100} = 0{,}069,$$

$$\alpha = 3^{\circ}\,58',$$

$$\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = 0{,}069.$$

Die Steigung beträgt $p = 6{,}9\,\%$.

4. Die beschleunigte Bewegung.

Bei der Beschleunigung eines Fahrzeuges, sei es beim Anfahren oder bei der Geschwindigkeitssteigerung während der Fahrt, muß außer dem Trägheitswiderstand des Fahrzeuges auch der Trägheitswiderstand der umlaufenden Massen (Räder, Schwungrad usw.) überwunden werden. Nach Prof. KAMM kann der Einfluß der umlaufenden Teile dadurch berücksichtigt werden, daß man ihre auf den Radius der Treibräder bezogene Masse mit $\frac{1}{10}$ der Masse des Wagens in Ansatz bringt[20]. Der Beschleunigungswiderstand ist dann näherungsweise

$$\text{(26)} \qquad W_b = \frac{G}{g} \cdot b + \frac{1}{10} \cdot \frac{G}{g} \cdot b = b \cdot 1{,}1 \cdot \frac{G}{g}\,\text{kg}$$

und die für die Beschleunigung b aufzuwendende Leistung

$$\text{(27)} \qquad N_b = b \cdot 1{,}1 \cdot \frac{G}{g} \cdot \frac{V}{3{,}6 \cdot 75}.$$

Die während der Fahrt in der Ebene erreichbare Beschleunigung erhält man, wenn man in (27) $N_b = N_{ü}$ setzt. Also wird

$$\text{(28)} \qquad b = \frac{N_{ü} \cdot 3{,}6 \cdot 75}{1{,}1 \cdot \frac{G}{g} \cdot V}.$$

Die überschüssige Leistung $N_{ü}$ entnehmen wir dem Leistungsdiagramm Abb. 13. Unter der Annahme, daß das Gesamtgewicht des Wagens 1000 kg beträgt, erhalten wir nach (28) bei der Geschwindigkeit $V = 40$ km/h die Beschleunigung $b = 0{,}76$ m/sec², bei $V = 70$ km/h, aber nur noch $b = 0{,}39$ m/sec². In Abb. 15 ist außer der überschüssigen Leistung $N_{ü}$ und der Beschleunigung b die Zugkraft Z [kg] dargestellt. Z erhält man, wenn man die in kgm/sek gemessene überschüssige Leistung durch die in m/sek gemessene Geschwindigkeit dividiert, also

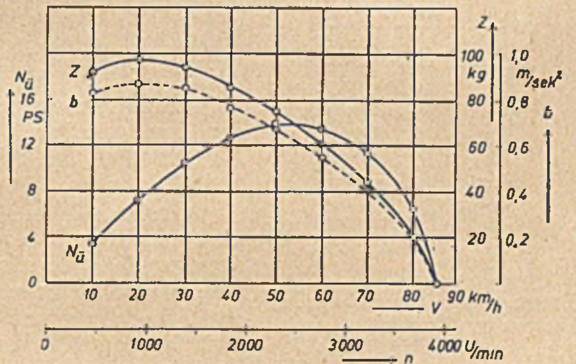


Abb. 15.
Überschüssige Leistung, Zugkraft und Beschleunigung.

$$\text{(29)} \qquad Z = \frac{N_{ü} \cdot 75}{\frac{V}{3{,}6}} = \frac{N_{ü} \cdot 270}{V}\,\text{kg}.$$

Die Zugkraft erreicht in dem gewählten Beispiel ihren größten Wert bei $V = 20$ km/h; für diese Geschwindigkeit ist auch die Beschleunigung und die Steigfähigkeit des Wagens im III. Gang am größten. Aus dem Verlauf der Kurve b erkennen wir, daß die Beschleunigung eines Kraftfahrzeuges nicht als gleichmäßig beschleunigte Bewegung angesehen werden kann. Wenn man zur Vereinfachung der Rechnung bei der Bestimmung von Anfahrzeit und Anfahrstrecke doch von dieser Gesetzmäßigkeit Gebrauch macht, so muß man für b einen mittleren Wert wählen. Die Anfahrzeit ist dann

[20]) Vgl. Fußnote 1, S. 106.

(30) $$t = \frac{v}{b} \; [v \text{ in m/sec}]$$

und die Anfahrstrecke

(31) $$s = \frac{b}{2}\, t^2 = \frac{v^2}{2\,b}.$$

Bei mittleren Wagen mit Vierganggetriebe kann man in den einzelnen Gängen mit folgenden durchschnittlichen Beschleunigungen rechnen:

I. Gang $\bar{b} = 2{,}25$ m/sec²
II. Gang $\bar{b} = 1{,}20$ m/sec²
III. Gang $\bar{b} = 0{,}85$ m/sec²
IV. Gang $\bar{b} = 0{,}35$ m/sec²[21]).

5. Die verzögerte Bewegung.

Die Bewegung, die ein Kraftfahrzeug beim Auslaufen oder bei gleichmäßigem Bremsen ausführt, kann als gleichmäßig verzögerte Bewegung betrachtet werden. Die Länge des Bremsweges hängt nicht allein von der ausgeübten Bremskraft, sondern auch von der Größe der zwischen Fahrbahn und Rädern wirksamen Reibung ab. Dabei kann eine bestimmte Reibungskraft, die durch die Größe des Reibungskoeffizienten f bedingt ist, nicht überschritten werden. Der Bremsweg, der bei voller Ausnutzung der Radreibung erzielt wird, ist am kürzesten. Zur Berechnung des kürzesten Bremsweges gehen wir von der Bewegungsenergie aus, die das Fahrzeug bei einer Geschwindigkeit von v [m/sec] besitzt.

$$B = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{g} \cdot v^2.$$

Diese Energie wird auf dem Wege s in Reibungsarbeit umgesetzt. Also ist

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{g} \cdot v^2 = f \cdot Q \cdot s \text{ und } v^2 = f \cdot 2\,g\,s.$$

Der kürzeste Bremsweg ist somit

(32) $$s = \frac{v^2}{2 \cdot f \cdot g},$$

wobei $f \cdot g = p$ die größte Bremsverzögerung ist.

Der Bremsweg ist also proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit und umgekehrt proportional dem Koeffizienten der gleitenden Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn.

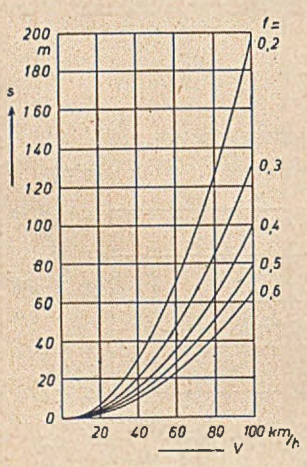


Abb. 16.
Bremswegs bei verschiedenen Werten von f in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit V.

In Abb. 16 sind für verschiedene Werte von f die kürzesten Bremswege über der Geschwindigkeit aufgetragen. Für praktische Fälle ist zu diesen Bremswegen noch der Weg hinzuzurechnen, den das Fahrzeug in der Schrecksekunde durchläuft, d. h. in der Zeit, die zwischen dem Erkennen eines Hindernisses und der Betätigung der Bremse liegt. Diese Zeit ist für verschiedene Fahrer verschieden und wird meist zu 1 Sekunde angenommen.

Auf guten, trockenen Straßen kann man mit $f = 0{,}6$ rechnen. Die dabei erreichbare Verzögerung ist $p = f \cdot g = 0{,}6 \cdot 9{,}81 \approx 5{,}9$ m/sec². Auf schlüpfrigen Straßendecken kann f Werte um 0,2 annehmen. Dann ist p entsprechend geringer. $p \approx 2$ m/sec².

Aufgabe 9. Für verschiedene Geschwindigkeiten und Reibungszahlen sind die Bremszeiten zu bestimmen und in einem Schaubild darzustellen.

$$t = \frac{v}{p} = \frac{v}{f \cdot g} \text{ (Geraden durch den Anfangspunkt).}$$

[21]) Vgl. die Zeitschrift „Motor und Sport", 1938, Heft 24, S. 22, und andere Hefte dieser Zeitschrift. Die Beschleunigungswerte wurden aus Geschwindigkeitsdiagrammen abgelesen.

Aufgabe 10. Welchen Bremsweg benötigt ein Fahrzeug, das sich mit v = 80 km/h Geschwindigkeit auf einer guten, trockenen Straße (f = 0,6) bewegt, wenn die Schreckzeit mit 1,5 Sekunde gerechnet wird?

$$\bar{s} = s_1 + s_2 = \frac{v^2}{2 \cdot f \cdot g} + 1{,}5\ v$$

$$\bar{s} = \frac{80^2}{3{,}6^2 \cdot 2 \cdot 0{,}6 \cdot 9{,}81} + \frac{1{,}5 \cdot 80}{3{,}6} = 75{,}2\ \text{m}.$$

Der errechnete Bremsweg kommt zustande, wenn die Reibung zwischen Fahrbahn und Rädern voll ausgenutzt wird, dabei ist die Verzögerung p ≈ 6 m/sec. Gewöhnlich vermeidet man Bremsungen mit so großer Verzögerung und geht nicht über 3 m/sec hinaus.

Im Anschluß an diese Aufgaben wird man nicht versäumen, auf die Gefahren hinzuweisen, die sich aus dem Fahren mit zu hohen Geschwindigkeiten und aus unsachgemäßem Bremsen ergeben.

Mit den Darlegungen dieser Arbeit sind die physikalisch-technischen Fragen über Kraftfahrzeug und Straße, die sich für eine Behandlung in einer Arbeitsgemeinschaft eignen, nicht erschöpft. Es könnte z. B. noch die Bewegung des Fahrzeuges in einer Kurve untersucht werden, wobei die Beziehungen, die zwischen Krümmungsradius, Überhöhung und Reibungszahl bestehen, zu erörtern wären. Auch könnte man Fahrdiagramme, wie sie bei Versuchsfahrten gewonnen werden, auswerten.

Berichtigung. Auf Seite 108 in Heft 5 sind die Abbildungen 8a und 8c miteinander zu vertauschen.

Bemerkung zu „Beitrag zur unterrichtlichen Behandlung der trigonometrischen Tafeln".

Von EUGEN BEUTEL in Stuttgart.

Das interessante Verfahren, das Herr GÜNDEL in Heft 9/1940 zur Berechnung von sin 1° in Klasse 6 angibt, erfordert die Kenntnis der Zahl π. Der von Herrn GÜNDEL vorgeschlagene Weg der Berechnung von π aus dem regelmäßigen $3 \cdot 2^n$-Eck hat jedoch den Nachteil, daß kaum ein Schüler imstande sein dürfte, die außerordentlich langwierige Rechnung etwa für das 384-Eck tatsächlich durchzuführen. Das Trapezverfahren, wie es zum Beispiel in dem mathematischen Unterrichtswerk von KÖLLING-LÖFFLER, Band 2, S. 262, behandelt ist, ermöglicht dagegen die Berechnung ohne großen Rechenaufwand. Benützt man eine ausführliche Quadrattafel, wie sie zum Beispiel in den Logarithmentafeln von F. G. GAUSS angegeben sind, so hat man nur 10 Quadratwurzeln auszuziehen. Rechnet man sechsstellig, was die Quadrattafel erlaubt, so findet man schließlich

$$3{,}1401492 < \pi < 3{,}1444752.$$

Da aber 10 Sehnentrapeze und nur 5 Tangententrapeze benützt wurden, so ist ein recht guter Näherungswert $\pi = \frac{2 \cdot 3{,}1401492 + 1 \cdot 3{,}1444752}{3} = 3{,}1415912$, welcher Wert auf 5 Stellen richtig ist und den Herr GÜNDEL für die Berechnung von sin 1° benützt.

In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, wie IBN JUNUS (um 1000) sin 1° berechnet hat, was in I. TROPFKE, Geschichte der Elementarmathematik, 5. Band (1923), S. 174/175, nachgelesen werden kann, und was man den Schülern ebenfalls mitteilen kann.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Einige Bemerkungen zur Lehre über elektrische Maschinen im Unterricht der Oberschulen.

Von FRIEDRICH MOELLER in Berlin.

Die Behandlung der elektrischen Maschinen, Generatoren sowohl wie Motoren, ist nach E. u. U. im Unterricht der Oberschulen vorgeschrieben und im Lehrplan festgelegt. Es wird dabei eine starke Beschränkung des Stoffes insofern eintreten müssen, als nur das physikalische Verhalten der wichtigsten, d. h. in der Praxis am meisten vorkommenden Maschinengattungen besprochen werden kann, während rein technische Konstruktionen, wenn überhaupt, nur andeutungsweise erwähnt werden können und sollen. In das letztere Gebiet gehören unter anderem vor allem die verschiedenen Wicklungsarten des Stators und des Rotors; selbst der Trommelanker in seiner einfachsten, zweipoligen praktischen Ausführung ist technisch schon so schwierig und seine Gestaltung eine so rein technische Aufgabe, daß er nur im Prinzip an ganz wenigen Windungen wird erklärt werden können, um die physikalische Wirkungsweise verständlich zu machen, die ja in allen Abarten der praktischen Ausführung dieser Erfindung von v. HEFNER-ALTENECK die gleiche bleibt. — Anders verhält es sich mit den verschiedenen Schaltungsarten der Maschinen, z. B. der Haupt- und Nebenschlußschaltung der Gleichstrommaschine; sie müssen besprochen werden, weil sie das physikalische Verhalten der Maschine bestimmen und heute in der Praxis eine große Rolle spielen; sie sind deswegen lebensnah, und ihre kurze Behandlung im Unterricht ist deshalb nicht zu umgehen. — Historische Entwicklungen können dagegen schon aus Gründen der Zeitersparnis nicht näher erläutert werden, wenigstens dann nicht, wenn sie heute jedes praktische Interesse verloren haben. Hierher gehört ganz sicherlich der Grammesche Ring (oder richtiger der Pacinottische Ring), der in vielen Lehrbüchern immer noch auftaucht, — auch in rein technischen Lehrbüchern —, und der doch in dem Augenblick schnell veralten mußte, als v. HEFNER seinen Trommelanker konstruiert hatte. Die Ringwicklung wird in der Industrie seit langem nicht mehr ausgeführt, sie ist in ihrer Wirkungsweise auch nicht leichter zu verstehen als die Trommelwicklung, und es ist daher unbegreiflich, warum sie immer noch wieder genannt wird. Die Kraftlinienführung ist beim Ring sehr viel verwickelter als bei der Trommel, auf welcher ein einfacher, gerader Leiter wie beim einfachsten Versuch die Kraftlinien stets senkrecht schneidet. — Es erscheint zweckmäßig, den Grammeschen Ring in Zukunft aus allen Lehrbüchern wenigstens als Abbildung mit nachfolgender Besprechung fortzulassen, eine kurze Nennung des Namens genügt. Möge die Schule hier mit gutem Beispiel vorangehen, wenn die technischen Lehrbücher wenigstens teilweise nicht von ihm lassen können und ihn immer wieder gewissermaßen als (schwer verdauliche) Vorspeise bringen. — Anders verhält es sich mit dem Siemens-T-Anker, der allerdings einer noch früheren Entwicklungsstufe angehört als der Ring, dessen Vorläufer er war, — an ihm erfand WERNER SIEMENS ja sein berühmtes Prinzip und gab der Maschine den Namen „Dynamo", — der sich aber wegen seiner Einfachheit noch heute in vielerlei kleinen Maschinen findet. Diese Wicklungsart hat also noch heute ihre Bedeutung, sie erklärt außerdem in der einfachsten Form die Art der Stromwendung und sollte daher zeichnerisch und im Text Erwähnung finden, wie es auch in der Regel geschieht.

Die zeichnerische Darstellung der Maschinenschaltungen wird stets so geschehen müssen, daß das Wesentliche möglichst einfach und deutlich in Erscheinung tritt. Das Wicklungsschema und das physikalische Verhalten des Trommelankers ist sicherlich am leichtesten an einigen ganz wenigen Windungen zu verstehen, die — wie in der Maschine selbst — auf eine Eisentrommel gelegt sind und mit der Trommel in einem radial zur Trommel gerichteten Felde rotieren. Die Feldlinien werden also stets senkrecht vom rotierenden Leiter geschnitten (Abb. 1 a). Die in jedem Leiter erzeugten Spannungen erhöhen sich algebraisch entsprechend der Leiterzahl, die auf einer Hälfte des Ankers angebracht sind. Allerdings mit einer Einschränkung, die auch die Abbildung zum Ausdruck bringt: 2 Leiter in der angedeuteten Ankerstellung liegen nicht unter den Polen, das Feld ist an dieser Stelle Null. Das entspricht auch durchaus der praktischen

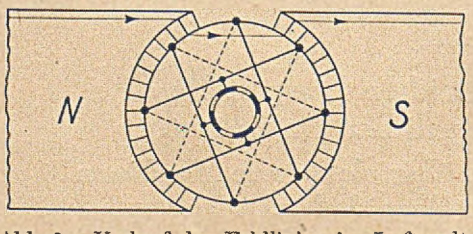


Abb. 1 a. Verlauf der Feldlinien im Luftspalt einer Gleichstrommaschine mit Trommelanker. Die Ankerrückwirkung ist vernachlässigt. Die (nicht gezeichneten) Bürsten liegen in Richtung NS am Kollektor.

Ausführung eines Trommelankers, weil die Magnetpole an ihren Spitzen niemals nahe aneinander gebracht werden, um eine übermäßig große Streuung zu vermeiden; der Fluß würde dann mehr und mehr außerhalb der nutzbaren Wicklung verlaufen, in der die induzierte Spannung dann geringer werden müßte. Man macht daher das sogenannte „Polbedeckungsverhältnis" in der Regel nicht größer als etwa 75 %, wie es etwa die Zeichnung auch darstellt, in der also zur angenommenen Zeit 6 Leiter die Spannung erzeugen; diese entspricht der Größe U = 3 K, wobei die Konstante K aus der Drehzahl des Ankers, der Stärke des Feldes im Luftspalt und dem Durchmesser des Ankers gegeben ist. In Abb. 1b ist eine falsche Darstellung des Feldverlaufs angegeben, wie man sie aber häufiger findet. Hiernach würde die Induzierung der Spannung im Leiter nach der Sinusfunktion erfolgen, wie etwa bei Bewegung der Trommel in einem homogenen, linear verlaufenden Feld einer Spule ohne Eisen, die stromdurchflossen ist; dann würden die Einzelspannungen der Leiter sich gemäß der Sinusfunktion addieren, was aber bei eisenarmierten Wicklungen niemals der Fall ist. Hier ist, wie erwähnt, die Berechnung der Spannung also verhältnismäßig einfach und übersichtlich.

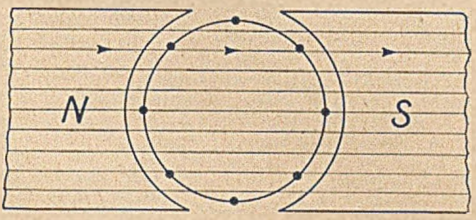


Abb. 1b Verlauf der Feldlinien in der gleichen Maschine, wie er nicht stattfindet.

Abb. 2 möge noch etwas zur Erläuterung des Gesagten beitragen! Es sind 2 um 90° in der Drehrichtung versetzte Leiter rotierend gedacht und zwar im Fall 2a in einem Felde, dessen Fluß nach Abb. 1b geradlinig verläuft, im Fall 2b in einem Felde, das nach Abb. 1a radial zur Drehrichtung steht, in der Regel konstant ist und nur an den Polspitzen der Magnete auf Null absinkt, was sich wegen der Streuung über einen gewissen Raum erstreckt. Die Leiter seien in Reihe geschaltet, die in jedem einzelnen Leiter induzierten Spannungen sind im Maximalwert gleich groß. — Im Fall 2a ergibt sich dann die Summenspannung durch Addition der sinusförmig erregten Spannung im einzelnen Draht; im Fall 2b ist die Summenspannung genau gleich dem Doppel der im einzelnen Leiter induzierten Spannung; nur dann, wenn einer der Leiter das Feld verläßt, sinkt die Summenspannung schnell auf den Wert ab, der dem einzelnen Leiter entspricht. — Da beim praktisch ausgeführten Trommelanker stets viele Leiter der verschiedensten „Phasenwerte", wenn man das Wort hier gebrauchen darf, zusammenarbeiten, ist der geringe Spannungsabfall beim Überfahren des Feldnullwertes seitens einer „Nut" so klein, daß er nur mit empfindlichen Instrumenten nachweisbar ist, z. B. durch Abhören mit einem Kopfhörer (Kollektorton); abgesehen von diesen kleinen Schönheitsfehlern und von dem Polbedeckungsverhältnis, das in der Abb. 2 nicht berücksichtigt ist, ist also die im Anker erregte Spannung genau proportional der Leiterzahl, die unter einem Pol liegt.

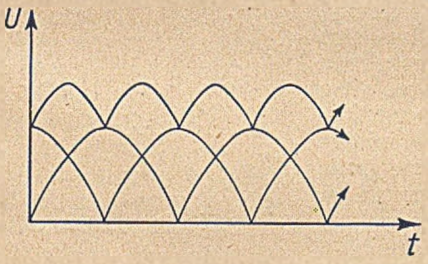


Abb. 2a. Falsche Darstellung der Addition der Einzelspannungen im Trommelanker einer Gleichstrommaschine.

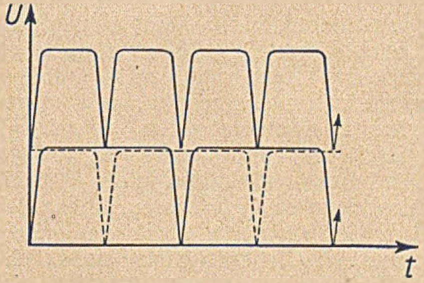


Abb. 2b. Richtige Darstellung der Addition der Einzelspannungen im Trommelanker einer Gleichstrommaschine.

In der Abb. 1 bedeuten, wie gebräuchlich, die gestrichelten Linien die rückseitigen Verbindungen der Leiter; in der Abb. 1a ist nur eine Feldlinie ausgezeichnet, um das Bild nicht allzusehr zu verwirren. In der Abb. 1b sind die Feldlinien ausgezogen und dafür ist die Wicklung fortgelassen.

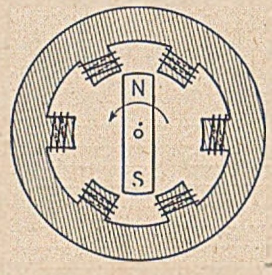


Abb. 3.
Unsauberes Schema einer Wechselstrommaschine.

Es ist zweckmäßig, neben diesen Abbildungen, die nichts weiter als das physikalische Prinzip der Trommel-Gleichstrommaschine erklären wollen, vielleicht noch einen fertig gewickelten Trommelanker einer Maschine zusammen mit dem Stator in einer Abbildung darzustellen, ohne hierzu längere Ausführungen zu machen, da irgendeine Einsichtnahme in die Leitungsführung doch nicht möglich und auch nicht notwendig ist.

Nun einige Bemerkungen zu den Wechselstrommaschinen! Die Kurvenform der technischen Wechselspannung ist bekanntlich die Sinusform; sie wird auf allen Netzen möglichst genau angestrebt, weil Oberwellen zu sehr unerwünschten Erscheinungen führen (Resonanzgefahr, Störung der Fernsprechnetze) und weil außerdem die Berechnung der Leistung bei starker Ausbildung der Oberwellen sehr erschwert wird. — Es ist daher durchaus berechtigt, wenn eine etwas eingehendere Erörterung der Entstehung der sinusförmigen Wechselspannung stattfindet, um so mehr, als die Sinusfunktion im mathematischen Unterricht besprochen wird. — Die Veranschaulichung geschieht am besten zunächst mit Hilfe einer in einem homogenen und geradlinigen Feld rotierenden Schleife, wie es in den Lehrbüchern meistens geschieht und daher hier nicht weiter ausgeführt werden soll. Der gedankliche Sprung zum Verhalten einer eisenarmierten Maschine ist aber sehr groß, denn jetzt handelt es sich darum, darzustellen und zu erklären, wie bei ihr die Sinusform der Spannung erzwungen wird. Darstellungen nach Abb. 3 der Polform und Statorform, wie sie häufig zu sehen sind, sind völlig abwegig, denn Maschinen, die nach dieser Art gebaut würden, würden etwa eine rechteckige Spannung mit großen spannungslosen Zwischenräumen erzeugen, ganz abgesehen von allen hierbei neu auftretenden Schwierigkeiten und Erscheinungen. Viele Darstellungen — auch technische Lehrbücher — enthalten in dieser Beziehung eine große Lücke, denn es fehlt oft auch die kleinste Andeutung, wie die Praxis die als notwendig erkannte Sinusform herstellt. Es ist das nicht eigentlich ein technisches Problem, sondern ein mathematisch-physikalisches, und seine Lösung in seiner einfachsten Form ist lehrreich und wird dem Schüler leicht verständlich. Das Problem ist im übrigen auch lebensnah, denn eine Benutzung der Wechselspannung in einer anderen als der Sinusform ist in der Praxis nicht möglich. Darstellungen nach Abb. 3 erklären wohl schematisch das Prinzip einer Aufbauart und können daher als Schema gebracht werden, aber nur dann, wenn das Prinzip der sinusförmigen Wechselstromerzeugung bereits näher bekannt ist.

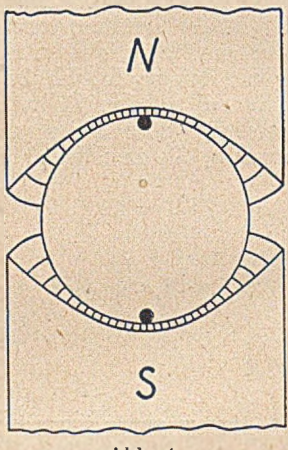


Abb. 4.
„Luftspalterweiterung" zwischen den Polen und dem Anker einer Wechselstrommaschine zur Erzielung des sinusförmigen Verlaufs der Spannung. Die „erregte" Wicklung (Anker) liegt auf dem Rotor, sie ist durch zwei Leiter gekennzeichnet, die eine „Spule" bilden, deren Enden zu zwei Abnahmeringen (nicht gekennzeichnet) geführt sind.

Die Technik erzwingt die Sinusform der Wechselspannung auf zwei verschiedene Arten, die an der gleichen Maschine auch zusammen vorkommen. Entweder erhöht man den magnetischen Widerstand im Raum zwischen den Polen und dem Eisen der erregten Wicklung nach den Polspitzen zu, ein Verfahren, das „Luftspalterweiterung" genannt wird, oder man wendet eine sinusförmige Wicklungsverteilung an. Das erstere Verfahren ist leichter verständlich und daher für Lehrzwecke durchaus vorzuziehen; es sei deswegen hier allein genannt (Abb. 4). Diese jetzt folgende Darstellung sollte gebracht werden, nachdem das Prinzip der Wechselspannungserzeugung in der üblichen Weise erläutert ist. Auf einer rotierenden Eisentrommel liegen zwei Drähte einer Schleife (= Einleiterspule), von denen die Stromabnahme wie üblich durch 2 Ringe (nicht gezeichnet) erfolgt. Die Pole des Elektromagneten N S erweitern ihren Abstand von der eisernen Trommel in der Trommelumfangrichtung, so daß der Fluß sinusförmig abnimmt; hierdurch verläuft die induzierte Spannung in den Drähten sinusförmig. Es ist theoretisch gleichgültig, ob die induzierten Drähte (induzierte Wicklung) im Rotor untergebracht sind und die Erregerwicklung auf dem Stator liegt, wie es bei kleinen Maschinen oft der Fall ist, oder ob umgekehrt der Stator die erregte Wicklung trägt (vgl. Abb. 5), was in der Praxis in der Regel deswegen geschieht, weil hohe Spannungen leichter vom ruhenden Leiter abzunehmen sind[1]).

Erst nach Klärung dieser Fragen ist es berechtigt, in späteren Auseinandersetzungen den Verlauf der Spannung als selbstverständlich sinusförmig darzustellen und damit zu rechnen. — Dann erst ist es z. B. zulässig, Maschinen etwa nach Abb. 3 rein schematisch zu zeichnen, um eben hier ein anderes Prinzip, nämlich die Abhängigkeit der Frequenz von der Polzahl oder der Umlaufzahl (eines Motors) von der Polzahl, kurz zu streifen. (Auch diese Schaltungen wird man wenigstens erwähnen müssen, weil alle wasserkraftgetriebenen Generatoren wegen der geringen Drehzahl der Turbine mit verhältnismäßig geringer Drehzahl umlaufen und daher vielpolig ausgebildet sind, während die Dampfturbinen ohne weiteres mit Drehzahlen bis zu 3000 je Minute arbeiten, so daß die „Polräder“ ihrer Generatoren in diesem Falle vielfach mit zwei Polen auskommen.

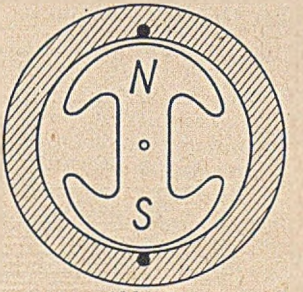


Abb. 5.
Luftspalterweiterung analog Abb. 4, nur liegt die erregte Wicklung hier im Stator, während der Rotor die Pole trägt.

Der Einphasenwechselstrom findet bekanntlich beim Verbraucher oft Anwendung (Lichtnetz, Einphasenmotoren), auf der Generatorseite herrscht die Erzeugung des Wechselstromes in seiner Form als Dreiphasenspannung durchaus vor; es bleibt deswegen nichts anderes übrig, als ihre physikalischen Grundlagen kurz zu besprechen. – Vorher seien einige andere Bemerkungen gestattet!

Die Benutzung der Drehstromschaltungen und überhaupt die Anwendung des Drehstromes im Unterricht der Oberschule kann sich nur auf ganz wenige Versuche beschränken; die Ausrüstung einer Schule mit Dreiphasenspannung ist daher als nicht wesentlich zu bezeichnen. Wenn eine solche Ausrüstung gewissermaßen als „Nebenprodukt“ abfällt, d. h. ihre Verlegung ohne größere Kosten möglich ist, dann ist sie natürlich nicht abzulehnen, im anderen Falle mag sie ruhig fortbleiben. Ganz abgesehen davon, daß die drei Phasen in der Regel mit der hohen Spannung von 381 V (Sternschaltung) zum Verbraucher gelangen, eine Spannung, die für Versuchszwecke unangenehm hoch ist, so daß auf alle Fälle ein Abspanntransformator nötig wird, sind als Versuche nur das Drehfeld und mit einem Oszillographen die Phasenverschiebung der drei Phasen zu zeigen; das Drehfeld läßt sich auch mit einer Phase und einer Hilfsphase, durch eine Induktivität dargestellt, zeigen, und die Verschiebung der drei Phasen gegeneinander um 120° läßt sich zeichnerisch hinlänglich überzeugend darstellen, so daß unterrichtliche Nachteile aus dem Fehlen einer Dreiphasenspannung gewiß nicht entstehen. Alle wichtigsten Wechselstromversuche sind mit der normalen, stets vom Netz gelieferten Einphasenspannung ausführbar. — Im Lehrbuch müssen natürlich die Verfahren der Drehstromerzeugung kurz, aber überzeugend dargestellt werden, eine Forderung, die oft auch in technischen Lehrbüchern nur mangelhaft erfüllt wird. — Wie bei den einfachen Wechselstromschaltungen, so sollten auch die Dreiphasenschaltungen der Maschinen zunächst nur an einfachen Modellen erklärt werden. Wie soll es z. B. einem

[1]) Die Praxis nimmt aber in diesem Fall oft lieber eine verteilte Wicklung als eine Luftspalterweiterung.

Anfänger möglich sein, das Prinzip der Drehstromerzeugung etwa nach einer der Darstellungen (Abb. 6) zu verstehen! In der Abb. 6a wird ein Ring benutzt, der eine praktische Bedeutung nicht mehr hat, in der Abb. 6b ist dieser Fehler zwar vermieden, aber im übrigen ist die Darstellung ebenso verwickelt wie in 5a. Etwas ein-

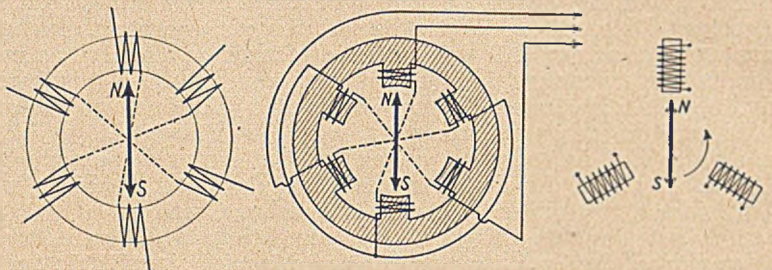


Abb. 6. Für den Anfänger zu verwickelte Darstellungen der Entstehung von Dreiphasenspannungen. Abbildung a, b, c von links nach rechts.

facher ist schon Abb. 6c gezeichnet, hier wird wenigstens die Entstehung der Phasenverschiebung von 120° schon einigermaßen deutlich, aber hier ist die Verkettung der Spulen fortgelassen, die für den Anfänger auch dann schwer einzusehen wäre, wenn die Zeichnung dahin vervollständigt würde. Schaltschemen solcher Art lassen sich vielleicht benutzen, wenn das Prinzip der Drehstromerzeugung bereits bekannt ist, zu einer grundsätzlichen Darstellung sind sie völlig ungeeignet!

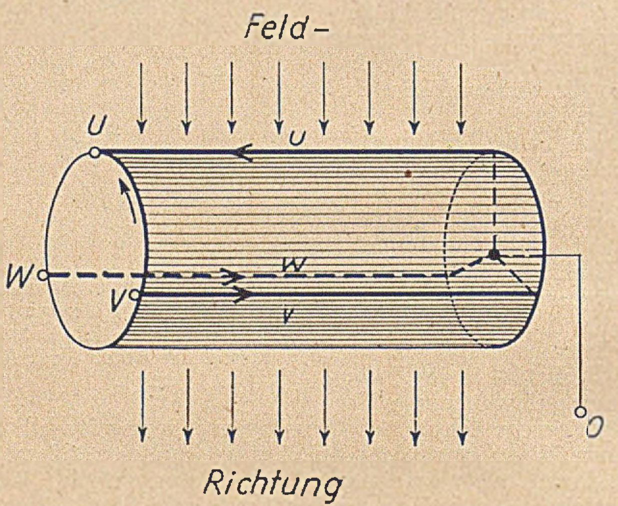


Abb. 7. Einfache und durchsichtige Darstellung der Entstehung von Dreiphasenspannungen und -strömen. Die eisenfrei gedachte Trommel trägt in einem Winkelabstand von 120° drei Leiter und dreht sich in einem linear von oben nach unten verlaufenden Felde in der bezeichneten Richtung. Die an den Leitern gezeichneten Pfeile sind Zählpfeile und geben die Stromrichtung nur in der gewählten Phase an.

Wenn eine Erklärung der Entstehung der drei Phasen mit Erfolg versucht werden soll, dann ist es doch wohl notwendig, zu anderen zeichnerischen Mitteln zu greifen. Es erscheint zweckmäßig, zuerst wie beim Einphasengenerator ein Modell darzustellen, das einstweilen noch kein Eisen benutzt (Abb. 7). Auf eine Trommel sind drei Leiter u v w gelegt, die auf der rechten Seite, die als Rückseite bezeichnet sei, im sogenannten „Stern" verbunden sind. Die gegenseitige Winkelentfernung der drei Leiter betrage 120°. Die Trommel drehe sich in einem homogenen, geradlinig verlaufenden Felde, das gerichtet sei, wie die Pfeile zeigen. Auf der linken Seite (Vorderseite) enden die Leiter in drei Klemmen U V W, die zu (nicht gezeichneten) Ringen geführt werden, an denen die Spannungen in gewohnter Weise abgenommen werden können. Die Phasenverschiebung der drei Spannungen ist aus der Darstellung ohne weiteres zu erkennen, desgleichen ist zu ersehen, daß die Spannungen sinusförmig verlaufen müssen, und endlich ist zu entnehmen, daß hier zwei Spannungen abgenommen werden können: die Spannung zwischen je zwei Klemmen U V W ist die höhere Spannung (Leiterspannung), die Spannung an je einem der drei Leiter (z. B. zwischen U und O) ist die kleinere Spannung (Sternspannung); in einem normalen Niederspannungsnetz entsprechen diese beiden Spannungen den Beträgen 381 und 220 V. Eine graphische Darstellung der in den Leitern u v w induzierten Spannungen ist in Abb. 8 wiedergegeben, die Kurven entsprechen den jeweiligen Phasenwerten der Spannungen an je einer der Klemmen U V W und O. Werden je zwei dieser Werte addiert, so ergeben sich die Phasenwerte an je zwei der Klemmen U V W, d. h. die Leiterspannungen. Drei dieser Werte für die Klemmen U und V sind durch Strichelung der zugehörigen Ordinaten besonders gekennzeichnet, im übrigen ist die Spannungskurve in ihrem ganzen Verlauf dargestellt. Die Markierung (1) kennzeichnet das Maximum der Spannung (U + V) an den zugehörigen Klemmen, die induzierten Spannungen (u + v) in den einzelnen Leitern sind hier in eine Reihe geschaltet und summieren sich. Für (2) ist dies in gleicher Weise der Fall, hier ist der Phasenwert hervorgehoben, der in Abb. 7 wiedergegeben ist. Die Summenspannungen (U + V) und (U + W) sind hier gleich groß, während an den Klemmen V und W gerade die Spannung Null herrscht, weil die in den Leitern v und w induzierten Spannungen gleichgerichtet sind (nach links) und sich daher aufheben. Im Diagramm der Abb. 8 ist dies für die Leiter u und v bei der Kennung (3) der Fall.

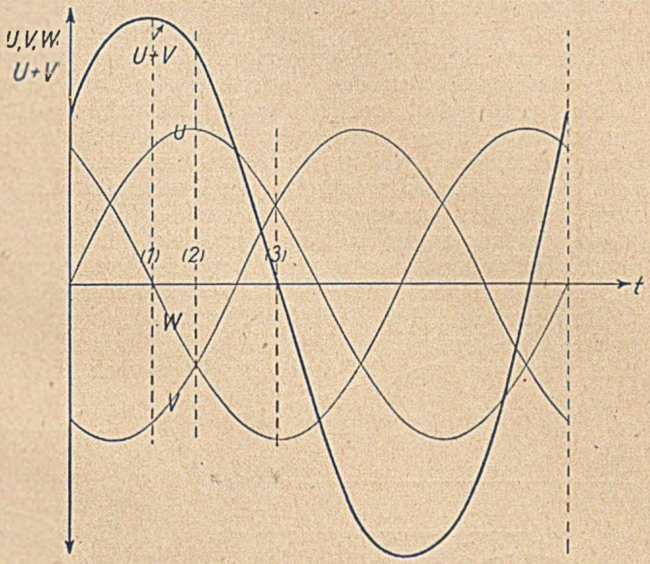


Abb. 8. Verlauf der Spannungen zwischen je einer Klemme U,V,W und O und der Verlauf der Spannung an den Klemmen U und V.

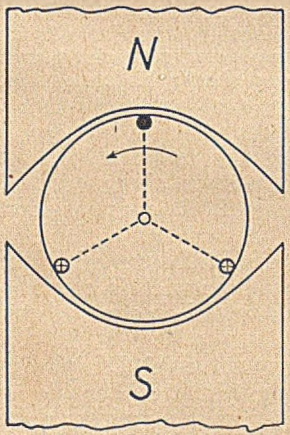


Abb. 9. Die drei Leiter der Abb. 7 von vorn gesehen und in einem Felde rotierend, das nach Abb. 4 durch „Luftspalterweiterung" nach den Polspitzen zu geschwächt wird und daher einen sinusförmigen Verlauf der Spannungen im Einzelleiter erzwingt. Pole und Trommel sind aus Eisen.

Abb. 9 zeigt den Übergang zu einem sinusförmig abnehmenden Feld, was, wie in Abb. 4 näher erläutert, durch Luftspalterweiterung zu den Polspitzen der Magnete erreicht wird. Der Anker (erregte Drähte) ist hier im Schnitt angegeben, und die rückwärtigen Verbindungen sind durch Strichellinien gekennzeichnet. Der Verlauf der Spannung ist sinusförmig, weil die Feldstärke zur Trommel sinusförmig nach beiden Seiten abnimmt. In der Sternschaltung ist die Summe der Ströme in den drei Leitern gleich Null (Zufluß gleich Abfluß), was der Grund ist, daß man die Drähte (Leiter) über den „Stern" miteinander verbinden = verketten kann.

In Abb. 10 ist im Prinzip die Fortführung des Stromes von den Leitern zu den Leitungen (Fernleitungen) angedeutet. Die Strichelung gibt die rückwärtige Verbindung der Leiter an, die zu dem sogenannten Nulleiter geführt ist. In ihm fließt bei gleicher Belastung der Außenleiter kein Strom, daher der Name.

Der praktisch hergestellten Wicklung einer Dreiphasenmaschine kommt man schon nahe, wenn man sich vorstellt, daß je zu dem Leiter u v w je ein Leiter auf der entgegengesetzten Seite der Trommel angebracht ist, mit dem er in Reihe geschaltet ist (Abb. 11). Dann bilden die Spulen uu', vv', ww' das gleiche Drehstromsystem wie vorhin die einfachen Leiter, nur mit dem Unterschied, daß jetzt die doppelte Spannung entnommen werden kann. Die Strichelungen bezeichnen wieder die rückwärtigen Verbindungen, während die Sternverbindung (Verkettung) jetzt an der Vorderseite der Trommel ausgeführt ist. — Eine vollständige praktisch ausgeführte Drehstromwicklung entsteht, wenn die drei vorläufig aus einer Windung bestehenden Spulen durch vielfache Hin- und Rückführung eine vieldrahtige Spule werden, von denen dann auf dem Anker drei vorhanden sind, die je etwa zweimal ein Sechstel des Ankerumfanges einnehmen und im übrigen nach Abb. 11 zusammengeschaltet sind. — Der Übergang von einer Rotor- zu einer Statorwicklung geschieht in gleicher Weise wie bei der Einphasenmaschine (Abb. 5) und bedarf daher keiner längeren Auseinandersetzung. — Zur Einsicht in das physikalische Verhalten der verketteten Dreiphasenschaltung sind sicherlich die Darstellungen nach Abb. 7, 8, 9 und 10 unerläßlich, während Bild 11 schon in die technische Ausführungsform der Schaltung hinüberleitet und daher weniger wichtig erscheint, wenn sie auch Schaltbilder etwa nach Abb. 6c erst verständlich macht. —

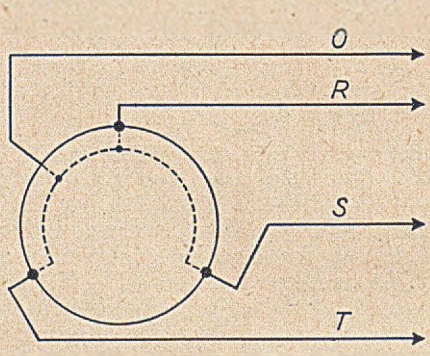


Abb. 10. Schema des Dreileitersystems mit den drei Fernleitungen RST und dem „Nulleiter“ (besser Sternpunktleitung).

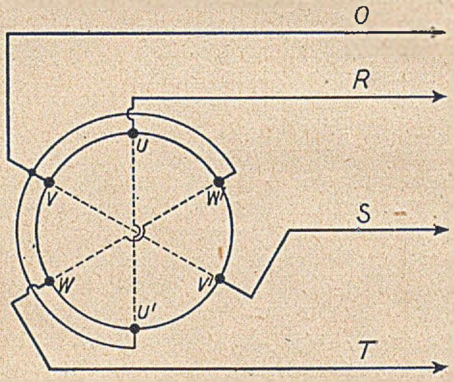


Abb. 11. Wie Abb. 10, nur sind die drei Leiter des „Generators“ zu sechs vervollständigt. Je zwei Leiter bilden einander gegenüberliegend eine Spule.

Erst nach einem klaren Herausarbeiten des Prinzips wäre es zweckmäßig, verwickeltere Schaltungen wie etwa nach Abb. 6b mit Erfolg zu besprechen, wozu alle Schaltungen gehören, die mehrpolige Ausführungen der Drehstrommaschinen betreffen.

Wir kennen bekanntlich noch eine weitere verkettete Drehstromschaltung, die sogenannte Dreieckschaltung, die aber in der Praxis weniger wichtig geworden ist als die Sternschaltung und daher übergangen werden kann, zumal sie etwas schwieriger einzusehen ist als die Sternschaltung.

Das Prinzip des Drehfeldes wird verständlich, wenn zwei Dreiphasenschaltungen etwa nach einer vervollständigten Darstellung Abb. 6c über die zugehörigen Leitungen miteinander verbunden werden, wie es in den meisten Lehrbüchern nachzusehen ist, so daß sich weitere Auslassungen darüber hier erübrigen.

Der bekannteste Drehstrommotor ist der Asynchronmotor mit dem Käfiganker. Die zeichnerische Darstellung des letzteren bietet keine Schwierigkeiten, ist aber auch notwendig, weil dadurch dem Lernenden die Zweckmäßigkeit der Benutzung des Drehstromsystems einleuchtend klargelegt wird.

In der Technik gibt es bekanntlich eine Reihe von Wechselstrommotoren, die aber zum Teil nur Sonderzwecken dienen. Hierher gehören die Wechselstromsynchronmotoren für Ein- und Mehrphasen, die Repulsionsmotoren, die Drehstrom-Reihenschluß- und -Nebenschlußmotoren (neuerdings), endlich die Reihenschlußeinphasenmotoren. Letztere haben für den Bahnbetrieb auf Fernbahnen und als kleine Allstrommotoren (z. B. Haushaltmaschinen) besondere Bedeutung erlangt und sind daher verhältnismäßig häufig geworden; da sie im Grunde nichts weiter sind als Reihenschluß-Gleichstrommotoren (Hauptschlußmotoren), die sich von letzteren nur dadurch unterscheiden, daß die Feldmagnete zwecks Wirbelstromherabsetzung nach Transformatorenart lamelliert sind, ist ihre Erklärung einfach. Bis auf die letztgenannte Type und die Synchronmaschinen brauchen alle sonst genannten Motoren in physikalischen Lehrbüchern wohl kaum genannt zu werden.

Am Schluß seien die vorstehenden Ausführungen noch einmal kurz zusammengefaßt: Es ist notwendig, in allen Fällen eine ganz einfache Darstellungsweise zu wählen. Bei der Gleichstrommaschine sollten außer dem T-Anker und dem Trommelanker in seiner einfachsten Ausführung mit wenigen Windungen verwickeltere Formen nicht besprochen werden; der Grammesche Ring ist veraltet und fehlt am besten ganz. — Ein Hinweis auf die Summierung der induzierten Spannungen in den Leitern des Trommelankers ist wichtig; die zu addierenden Spannungen verlaufen nicht sinusförmig, sondern es handelt sich im wesentlichen um Addition der konstanten Spannung, die im Einzelleiter induziert wird, weil die Leiter ein konstantes Feld überall senkrecht schneiden. Darstellungen, die die Summe der Spannungen nach einer Sinusfunktion angeben, sind falsch. Erst bei den Wechselstrommaschinen spielt der Sinusverlauf der induzierten Spannungen eine entscheidende und grundlegende Rolle, weil es in der Technik notwendig wird, die Sinuskurve der Betriebsspannung möglichst genau einzuhalten. Es erscheint deswegen notwendig, zu erläutern, wie der Sinusverlauf der Spannung in der Maschine erzwungen wird. Das einfachere Verfahren der sogenannten Luftspalterweiterung zwischen den Polen und dem Eisen der erregten Wickelung muß besprochen werden. — Der Dreiphasenstrom (Drehstrom) bildet heute allgemein die Grundlage der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, und seine Entstehung muß daher ebenfalls — wieder in einfachster Darstellungsweise — entwickelt werden. Drei Leiter, auf eine eisenfreie Trommel gelegt und im Winkelabstand von 120° angeordnet, die in einem homogenen geradlinig verlaufenden Felde rotieren, geben die einfachste und zugleich richtige Vorstellung von der Entstehung der drei Phasen. Wird dann weiter darauf hingewiesen, daß auch für diese drei Leiter der sinusförmige Verlauf der Spannung durch Luftspalterweiterung nach dem gleichen Verfahren wie bei der Einphasenmaschine erreicht werden kann, so ist die Entstehung der Dreiphasensinusspannung im wesentlichen erklärt. Schwierigere Themen können besprochen werden, aber erst nach dieser Darstellung. Der Schwerpunkt aller Auseinandersetzungen muß im Grundsätzlichen liegen und darf sich nicht zu weit in technische Einzelheiten verlieren. Daher sollten auch Maschinen für Sonderzwecke, für die sie wichtig genug sein mögen, im Lehrbuch nicht genannt werden.

Bemerkungen.

„Zur Richtung des elektrischen Stromes."

Zu dem Aufsatz von O. Brandt in Ubl. 1941 Heft 2 sind der Schriftleitung folgende Bemerkungen zugegangen:

Der Verfasser des genannten Aufsatzes hebt eindeutig die großen didaktischen Vorzüge der Elektronen für die Veranschaulichung elektrischer Vorgänge hervor, schließt sich dann aber doch dem Althergebrachten an mit Rücksicht auf Wissenschaft und Praxis, die von der „alten" Stromrichtung noch nicht lassen wollen. Nun sind die für die Ablehnung einer Umkehr der Stromrichtung angegebenen Gründe nur so lange stichhaltig, wie man mit der Stromrichtung auch alle bekannten Merkregeln, Formeln usw. ändern muß. Dies wird nun durchaus nicht erforderlich, wenn man gleichzeitig die Richtung der magnetischen Kraftlinien ändert. Da sich die genannten Regeln usw. vorwiegend auf den Zusammenhang von Magnetismus und Elektrizität beziehen, wie Induktion, Bewegung eines Leiters im Magnetfeld, Biot-Savartsches Gesetz, Maxwellsche Gleichungen, geht dann ein Rechtssystem zwischen den betreffenden Vektoren wieder in ein Rechtssystem und ein Linkssystem wieder in ein Linkssystem über. Das heißt aber, daß alle bekannten Beziehungen erhalten bleiben. Ich konnte wiederholt feststellen, daß der Südpol von Lernenden häufig fälschlicherweise mit Minuspol bezeichnet wurde, was darauf schließen läßt, daß dem Minuspol gefühlsmäßig der Südpol entspricht. Diesem würde durch den gemachten Vorschlag Rechnung getragen werden. Da ich selbst sehr stark „vektoriell“ denke, möchte auch ich ungern auf die einmal eingeprägten Vektorbeziehungen verzichten und sehe deshalb in dem gemachten Vorschlag einen Ausweg.

Ratzeburg. W. TIEDEMANN.

Bücherbesprechungen.

Johnscher, Prof. Dr. Alphons, Vierstellige Tafeln zum logarithmischen Rechnen für den Schulgebrauch. 56 S. Wien 1940, Franz Deuticke. Kart. RM. 1.20.

Papier, Druck und räumliche Anordnung sind sehr gut. Neben den üblichen Tafeln der Logarithmen und Winkelfunktionen sind u. a. die natürlichen Logarithmen der Zahlen 1—110, die sechsstelligen Logarithmen des Verzinsungsfaktors, die fünfstelligen seiner Potenzen für die gebräuchlichsten Prozentsätze angegeben. Tafel II, „Wurzeln, Potenzen, Kreisumfänge, Kreisflächen“, enthält für die Radien 1 bis 100 die Werte πn und $\frac{1}{4}\pi n^2$. Besser wäre wohl, $2\pi n$ und πn^2 anzugeben, damit im allgemeinen nur Divisionen nötig sind, keine Multiplikationen, bei denen die Ungenauigkeit vergrößert wird. Die Tafel „Physikalische Konstanten“ umfaßt allzu wenige Stoffe. Mit der Angabe „Holz“ schlichthin und dazu spez. Gewicht 0,4—1,0 kann man nichts anfangen, außerdem gibt es Hölzer mit Artgewicht bis zu 1,33.

Dresden. KERST.

Matthaei, Rupprecht, Die Farbenlehre im Goethe-Nationalmuseum. Eine Darstellung auf Grund des gesamten Nachlasses in Weimar mit der ersten vollständigen Bestandsaufnahme. 216 S. 60 Abb. im Text sowie auf 4 schwarzen und 3 farbigen Tafeln. Verlag von Gustav Fischer in Jena 1941. Brosch. 7,50 RM., geb. 9,— RM.

Des Verfassers Buch „Versuche zu Goethes Farbenlehre mit einfachen Mitteln“ wurde hier besprochen (Ubl. 1940, S. 94). Der vorliegende Band gibt einen Überblick über die fünfjährige Arbeit, die der Verfasser der sinnvollen Aufstellung von Goethes Nachlaß zur Farbenlehre im Goethe-Nationalmuseum in Weimar gewidmet hat. Es zeugt von dem feinsinnigen und liebevollen Verständnis, mit dem er diese Arbeit glücklich und erfolgreich durchgeführt hat. Das Buch ist somit ein Führer durch die Räume im Nationalmuseum, die die Gegenstände zur Farbenlehre enthalten. Der zweite Teil stellt eine vollständige Bestandsaufnahme der von Goethe hinterlassenen Geräte zur Farbenlehre dar. Der Anhang bringt schließlich die neue Darstellung des Goetheschen Farbenkreises, wie sie vom Verfasser gefunden worden ist, und den Widerhall, den Goethes Farbenlehre in seiner Zeit erzeugte.

Wenn nach dem Kriege deutsche Lehrer ihre Schüler wieder an die Weihestätten nach Weimar führen können, dann sollte neben dem Lehrer der Literaturgeschichte auch der der Physik nicht fehlen. Die vorliegende Schrift wird ihm, wie das oben erwähnte Buch desselben Verfassers und GEBHARDTS schönes Buch „Goethe als Physiker“, ein wertvoller Helfer bei dem Bemühen sein, seine Schüler in die naturwissenschaftliche Welt Goethes einzuführen.

Dresden. GÜNTHER.

Locher-Ernst, Dr. Louis, Projektive Geometrie und die Grundlagen der Euklidischen und Polareuklidischen Geometrie. (Urphänomene der Geometrie, II. Teil.) 151 Abb. 290 S. 8°. In Leinen Fr. 12,50, RM. 7,50. Orell Füssli Verlag, Zürich und Leipzig.

Dieses Buch ist zur Einführung in die projektive Geometrie vor allem aus folgendem Grunde sehr geeignet: dem Verfasser ist es in erster Linie um die anschauliche Erfassung und wirkliche Durchleuchtung der geometrischen Tatbestände zu tun. Daß hier, besonders in didaktischer Hinsicht, noch viel zu tun ist, zeigen die zwei Gebiete, auf die es der Verfasser infolge seiner Grundeinstellung besonders abgesehen hat: die anschauliche Durchdringung einerseits der Anordnungseigenschaften, andererseits der ungewöhnlichen euklidischen Geometrie, dualen oder polaren Geometrie, die nicht eine unendlich ferne oder „ausgezeichnete“ Ebene besitzt, sondern einen „ausgezeichneten“ Punkt. Daß dem Verfasser auch die Axiome nicht in erster Linie Grundsätze der Logik, sondern, nach Goethes Ausdruck, „Urphänomene der Anschauung“ sind, ist nach dem Gesagten klar. Er hat seine Aufgabe ganz ausgezeichnet gelöst.

Ganz am Rande seiner Arbeit kommt der Verfasser auch noch auf andere anthroposophische als den von RUDOLF BEINER übernommenen Begriff Urphänomen zu sprechen. Diese Randbemerkungen erscheinen aber reichlich abstrus und damit für einen wirklichen Mathematiker auch ganz — ungefährlich. Einem solchen dürfte das Buch nur nützen.

Tübingen. K. FLADT.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Pierersche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür.

Abhandlungen.

Das Wahrnehmungsproblem in der Physik.

Seine grundsätzliche Neuausrichtung durch die Erbcharakterkunde.

Von FRIEDRICH REQUARD in Köln.

Wenn in der heutigen Physik allgemein das Schlagwort verbreitet ist, daß „alles aus der Beobachtung" fließe, so ist diese Einstellung zur Hauptsache immer noch eine gedankenlose Übernahme der englischen Aufklärungsphilosophie der Wende des 18./19. Jahrhunderts. Für die damalige Zeit besaß diese Einstellung ihre große positive Bedeutung, indem sie den Blick auf die reale Seite der Forschung lenken wollte, gegenüber der reinen Schreibtischspekulation. Im Laufe der letzten hundert Jahre trat jedoch ihr verderblicher Einfluß auf das ganze europäische Denken immer stärker hervor; denn der Sensualismus der englischen Psychologen des 18. Jahrhunderts hatte aus der menschlichen Wahrnehmung nur noch ein reines Empfindungsaggregat gemacht, eine Art Mosaik oder Fleckenteppich, der sich allein 1. aus Farbflecken, Tastflecken, Gehörflecken usw. zusammensetzen sollte. In England selbst führte diese Denkrichtung bei ihren Vertretern auch zur Leugnung der Idee, von da aus zur Milieutheorie, zur utilitaristischen Ethik und zur mammonistischen Nationalökonomie (BERKELEY, HUME, J. ST. MILL usw.). Auch heute beachtet der Sensualist noch immer bloß die rein passive, erfahrende Seite der Wahrnehmung. Daß ihr Sachverhalt eine ganz abgetrennte und für sich zu betrachtende Angelegenheit darstellt, erscheint ihm als eine bare Selbstverständlichkeit. Ihm ist Wahrnehmung nichts anderes als eine reine Abbildung der realen Außenwelt in die Erlebenssphäre 2. herein. Ebenso selbstverständlich erscheint es ihm, daß für diesen Abbildungsvorgang nichts weiter zu untersuchen ist als das System der Sinnesorgane, der an sie anschließenden Leitungsprozesse zum Großhirn hin und der hier irgendwie erfolgenden „Übersetzung" ins Erlebensmäßige. In der physikalischen Wahrnehmung im besonderen, im Experiment und im „Messungserlebnis" sieht der Sensualist nur irgendwelche Sinneserlebnisse, Farbflecken, an denen ihn nur die Stelle interessiert, wo zwei Farbgrenzen zur Deckung gebracht werden. Daher besteht ihm alle messende Physik nur im Beobachten von „Koinzidenzen".

Das heute so ungemein verbreitete Axiom, daß nämlich der Physiker nur Koinzidenzen feststellen könne — in den Grundlagen der Relativitätstheorie spielt es eine ausschlaggebende Rolle —, enthält die stillschweigende und unbewußte Voraussetzung, daß die Koinzidenzen an in der unberührten Natur irgendwie ganz unabhängig von uns fest vorgegebenen Dingen, die in keiner Weise erst durch uns selbst bewerkstelligt worden sind, wahrgenommen werden. Nun zeigt aber ganz im Gegenteil die wirkliche Forschung, daß das, was der Physiker beobachtet und mißt und allein zu sicheren Schlüssen verwenden kann, nicht fertig gegeben ist, sondern selbst erst durch planmäßiges Handeln hergestellt werden muß. Wer also die physikalische Wahrnehmung in ihrer ganzen Ausdehnung und vollen Wirklichkeit, d. h. von der unberührten Natur bis zum fertigen Meßergebnis ins Auge faßt, der hätte eigentlich nicht übersehen dürfen, daß da keineswegs alles passiver, rein erfahrender Natur ist. Die zum Aufbau der Meßapparate notwendigen methodischen Maßnahmen, geistigen Entscheidungen und manuellen Formungen auf Grund derselben, die erst zu den Koinzidenzen hinführen und diese zu ihrem Teil kausal bedingen, können nicht einfach unbeachtet bleiben. Daß man diese so selbstverständliche Seite der Angelegenheit durch alle die Jahrhunderte, besonders aber im letzten Jahrhundert, so völlig übersehen hat, ist ein wahrhaft erstaunliches Faktum.

Einer der schärfsten Logiker unserer Zeit, HUGO DINGLER, hat seit 30 Jahren in seinen zahlreichen erkenntnistheoretischen Untersuchungen immer eingehender den Nachweis geführt (1), daß alle genauen Messungen erst durch genaue Meßapparate möglich sind, die letzteren daher notwendige und entscheidende kausale Bedingungen der zustandekommenden Meßzahlen darstellen, diese letzteren somit auch eine Funktion der Regeln sein müssen, nach denen die Meßapparate gebaut werden. Unerbittlich und mit vollem Nachdruck macht er immer wieder auf den systemlogischen Fehler, den pragmatischen Zirkel, aufmerksam, den der Sensualist begeht, wenn er in den Messungserlebnissen die primären unteilbaren Elemente sieht, auf denen sich die ganze physikalische Wissenschaft aufbaut und so die Physiologie zur Grundlage der Physik macht, während im Gegensatz dazu die Physiologie doch die Physik voraussetzen muß und in der wirklichen Physik die Messungen zu einem wesentlichen Teil erst das Endergebnis unserer planenden und herstellenden Tätigkeit sind.

Auch die Ansicht MACHS, die ganz wesentlich unter der Vorherrschaft physiologischer Denkhaltungen stand und glaubte, die wichtigsten Fortschritte der Physik würden durch die der Sinnesphysiologie angeregt werden, hat sich nicht bewahrheitet und ist durch die Weiterentwicklung selbst widerlegt worden. Fast sämtliche Wahrnehmungs„dinge“, z. B. aus dem umfangreichen Gebiet der Elektrizität, für die wir ja keine unmittelbare Empfindung haben, stützen sich keineswegs auf direkte spezifische Sinneseindrücke. PLANCK, für den der Sensualismus einen unveräußerlichen Teil seiner Philosophie darstellt (2), ist im Unrecht, wenn er in der Art, eine fundamentale physikalische Größe dadurch zu konstituieren, daß sie erst auf eine spezifische Sinnesempfindung zurückgeführt wird, „die in der Physik allgemein übliche und wohl auch einzig mögliche“ sieht (3). Die Tatsache, daß im wirklich vorgefundenen Wahrnehmungsbestand nirgends die Empfindungen als selbständige, psychisch aufweisbare Bausteine vorgefunden werden können, kann heute in keiner Weise mehr bestritten werden und ist von der modernen Psychologie, die eine gänzliche und grundsätzliche Neuausrichtung des Wahrnehmungsproblems vorgenommen hat, restlos und von allen Seiten anerkannt (4). Wir finden in unserer Wahrnehmungswirklichkeit nicht Empfindungsaggregate vor, sondern „ganzheitliche“ geschlossene Einheiten, gestalthaft durchgeordnete Einzelgebilde, Wahrnehmungs„dinge“. Wenn man nicht bloß die Tatsache des Vorhandenseins solcher natürlicher Einheiten überhaupt betrachtet, sondern die Besonderheiten ihrer Gegebenheitsweise genauer untersucht, so erkennt man, daß nicht aus einem Nebeneinander der Teile heraus das Ganze des Wahrnehmungsbestandes aufgebaut gedacht werden kann, sondern vielmehr das Ganze seinerseits rückwärts in wesentlicher Weise erst die „Teile“ bestimmt. Das Ganze ist, wie man es wohl formuliert hat, „mehr als die Summe der Teile“. Ja, noch schärfer, es ist „eher als die Teile“, es ist den Teilen übergeordnet.

Die Ablehnung der grundsätzlichen Mosaikstruktur der Wahrnehmung und
1) die Anerkennung ihrer Ganzheitsbestimmtheit ist der erste und entscheidende Schritt der Neuausrichtung des Wahrnehmungproblems. Der zweite Schritt besteht in der endgültigen Preisgabe der Überzeugung von der letztlich restlos physiologischen Rückbeziehbarkeit des Wahrnehmungsbestandes auf die Reize, oder anders ausgedrückt in der Aufgabe der Überzeugung von der „Abbildungs“natur des Wahr-
2) nehmungsprozesses. KÖHLER hat versucht, eine Wahrnehmungslehre aufzubauen, die die Ganzheitsbestimmtheit der Wahrnehmungsgegebenheiten mit der Abbildungsnatur des Wahrnehmungsprozesses vereinigt. Er nimmt so an, daß bereits im Physiologischen ein in sich ganzheitliches Geschehen vorliege, so daß der Erregungsgestalt im psychophysischen Niveau ohne weiteres durch Abbildung der erlebte Gestaltbestand entspricht. Aber dieser weitgehend hypothetische Ansatz hält einer schärferen Kritik nicht stand, und die psychologische Forschung hat eindrucksvolle Tatsachen aufgewiesen, die zeigen, daß der Erlebensbestand in der Wahrnehmung keineswegs einfach automatenmäßig durch passive Aufnahme von den Reizen her abbildungshaft bestimmt ist, sondern daß vielmehr „Innenkräfte“ aus der seelischen Wirklichkeit heraus dabei eine maßgebliche Rolle spielen (5). Für den Physiker ergibt sich hieraus die hochbedeutsame Folgerung, daß seine Wahrnehmungs„dinge“ keineswegs objektiv reizmäßig irgendwie festgelegt sind, sondern ganz bestimmten seelischen Innenkräften ihre Entstehung und Durchgliederung verdanken. Welcher Art sind nun diese „Innenkräfte“?

Von ganz entscheidender Bedeutung erweist sich hier ein Tatsachenbefund der neueren Psychologie, nämlich die Beobachtung, daß die gestaltliche Durchordnung unserer Wahrnehmungsbestände in grundsätzlicher Weise aufmerksamkeitsbedingt ist. Durch ganz verschiedene Aufmerksamkeitseinstellung kann die Erscheinungsweise des Wahrgenommenen geändert werden. Die Bedeutung des Aufmerksamkeitseinflusses für den Aufbau der Wahrnehmungswirklichkeit hat zum Beispiel E. R. JAENSCH in seinen Untersuchungen eindringlich aufgezeigt (6). Der Tatbestand, daß in unserem Wahrnehmen eine spezifische Aufmerksamkeitssteuerung, Auffassungsbedingtheit vorliegt, zieht nun sofort eine gänzlich neue, umfassendere und tiefere Klärung des Wahrnehmungsproblems nach sich, mit der dann erst eigentlich der entscheidende Punkt der grundsätzlichen Neuausrichtung der Wahrnehmungsfrage erreicht ist. In dem, was wir „Aufmerksamkeit" nennen, sieht nämlich die neuere Psychologie nicht mehr einen eigentümlichen für sich bestehenden „Wirkungsfaktor" selbständiger Art, sondern eine spezifische Reaktionsform oder Ansprechweise des lebendigen psychophysischen Organismus auf Reize der Umwelt. Die allgemeine Biologie lehrt uns, daß bei solchem Ansprechen auf Reize überhaupt der Organismus dadurch als lebendiger gekennzeichnet ist, daß er jeweils spezifische Reaktionen aufweist. Nach den sorgfältigen und vielfachen Untersuchungen der Erbcharakterkunde bleiben diese spezifischen Ansprechweisen, die die Voraussetzungen alles seelischen Geschehens sind und deshalb nicht umweltabhängig sein können, zeitlebens unverändert (7). Sie gehören unmittelbar der letztlich vitalen Gesamteigenart des Leib-Seelischen zu und bestimmen und durchformen als erbliches Gefüge alles Seelische. Nach PETERMANN dürfen sie allein auch als seelische Rassenanlagen im engsten und präzisesten Sinne des Wortes angesehen werden (8). Aus dieser Vertiefung des Aufmerksamkeitsbegriffes ergibt sich naturgemäß sofort, daß in unserem physikalischen Wahrnehmen wie in jedem Wahrnehmen überhaupt eine für unsere jeweilige Erbwesensart charakteristische spezifische Aufmerksamkeitssteuerung, Auffassungsbedingtheit bezeichnend ist. Erst diese Auffassung als eines bestimmten Reaktionsvorganges des psychophysischen Organismus enthüllt uns ein wirklich tieferes Verständnis dessen, was man „physikalische Wahrnehmung" nennt.

Innerhalb einer jeden Reaktionsform oder Ansprechweise als der letzten Urbestimmung alles Seelischen — in unserem Falle also innerhalb der Aufmerksamkeit — unterscheidet die Erbcharakterkunde zwei Extremformen, zwischen denen es unendlich viele Übergänge gibt. Die vorliegenden experimentellen Untersuchungen PFAHLERS und seiner Mitarbeiter haben gezeigt, daß ohne jeden Zwang je ein Drittel der untersuchten Personen einem der „Extreme" zugerechnet werden muß, während ein Drittel als Übergangstypus anzusehen ist. Die spezifische Eigenart der Aufmerksamkeit eines ganz bestimmten Menschen bedeutet einen Punkt einer Linie, die von der engen und festgelegten Aufmerksamkeit als dem einen Pol in unendlich vielen Übergängen zur weiten und wandernden Aufmerksamkeit als dem Gegenpol hinüberläuft. Nach dem Befund sämtlicher Untersuchungen ist stets eine zähe Beharrungskraft mit der engen und festgelegten, eine geringe mit der weiten und wandernden Aufmerksamkeit verbunden. Je nach der spezifischen Eigenart der Aufmerksamkeit und Beharrungskraft fällt auch die von diesen gesteuerte physikalische Wahrnehmung anders aus. Nicht auf die Reize im physikalischen Sinn reagieren wir, wie das die veraltete „physiologische" Psychologie letztlich dachte, sondern auch in der physikalischen Wahrnehmung verhalten wir uns gemäß unserer rassischen Erbwesensart. Bevor wir näher hierauf eingehen, wollen wir erst einmal einen Einwand widerlegen, der sofort in uns auftaucht, wenn wir zum erstenmal von der Abhängigkeit der physikalischen Wahrnehmung vom Erbcharakter hören.

Jede Erbwesensart eines Menschen als sein Instrument des Lebens bedeutet als Ganzes eine Fülle von Möglichkeiten, Begrenzungen und auch Gefahren. Kennt die heutige Physik auch wirklich Beispiele für die Tatsache, daß bestimmte physikalische Wahrnehmungen einem Physiker völlig wesensfremd und darum unzugänglich sind? In der Tat gehen die Auffassungen der Fachleute über die physikalischen Wahrnehmungs„dinge" viel weiter auseinander, als es der Laie auch nur im entferntesten ahnt! Betrachten wir z. B. eine physikalische Größe, die in der Mechanik eine grundlegende Rolle spielt, die „Kraft"! Dem bekannten deutschen Physiker LENARD ist die Kraft durchaus ein „Etwas", das experimentell hergestellt, beobachtet und gemessen werden kann (9), während der berühmte französische Physiker POINCARÉ in ihr nur einen „künstlichen" Faktor sieht, „der eine Erfindung unseres Intellekts ist", den „wir in verschiedener Weise hätten ausdenken können" (10).

MARTIN GRÜBLER, ein deutscher Hochschulprofessor, behauptet: „Die Kraft selbst ist weder sinnlich wahrnehmbar, noch anschaulich, noch aber unmittelbar meßbar, sondern nur ein ganz abstrakter Begriff" (11). Wir können diese Reihe beliebig fortsetzen, wir nennen hier nur noch Namen wie KIRCHHOFF (12), HERTZ (13) und CARNAP (14) und müssen staunen über die vielen Auffassungen dessen, was in der Physik als „Kraft" bezeichnet wird. Diesem Tatbestand ständen wir völlig verständnislos gegenüber, wenn die physikalischen Wahrnehmungen wirklich von vornherein irgendwie objektiv reizmäßig festgelegt wären. Die physikalischen Wahrnehmungen sind mehr als ein Nebeneinander bildhafter Dingeinheiten, das etwa bloß mit dem „Auge" aufgefaßt wird. Sie sind Mitspieler meines Daseins, in all ihren Zügen innerlich mitbezogen auf die Vollzugsbereiche meiner Lebensentfaltung. Wie schon im alltäglichen Leben der Wald für den Bauern „Gehölz", für den Jäger „Gehege", für den Wanderer „kühler Schatten", für den Verfolgten „Unterschlupf" ist, so wird auch in der Wissenschaft die Umwelt niemals von uns unmittelbar allein als „Sachbestand", sondern immer nur als „Feld" meines Lebens erlebt. Je nach der Erbwesensart lebt eben ein jeder Mensch in „seiner Welt". Im Mittelpunkt der Neuausrichtung des Wahrnehmungsproblems in der Physik steht so die „These vom Lebenscharakter der Wahrnehmungsprozesse" (4).

Auch die vergleichende Untersuchung des Verhaltens von Kindern ebenso wie von Tieren zeigt dem wirklich tieferen Verständnis, daß die vitale Ansprechweise in der Tat der erste Innenregulator ist, aus dem heraus der Wahrnehmungsbestand weitreichende Beeinflussungen erfährt. In der Wahrnehmungswelt des Tieres oder des Kindes können die Erlebensbestände sicher nicht sachlich gegenständlich in sich beruhend beschrieben werden. Vielmehr ist das Erleben auf dieser Stufe mehr gefühlshaft-triebmäßiger Art. Die vergleichende Psychologie lehrt, daß jedes Lebewesen in seiner Wahrnehmungswelt über diejenigen Inhalte verfügt, die für sein Leben vitalbedeutsam sind. Jedes Tier ist von Natur so eingerichtet, daß es eine ganz bestimmte Umwelt zu erfassen vermag: seine „Merkwelt". Dieser seiner „Welt" gegenüber ist es mit Fähigkeiten des Sichverhaltens ausgerüstet: seiner „Wirkwelt". Bis hinauf in die höchsten Tierarten sind Merkwelt und Wirkwelt fest miteinander verkoppelt. In den Urformen des Wahrnehmens ist so offenkundig das Interesse, die dranghafte Gerichtetheit auf bestimmte Seiten des Erlebensbestandes, weg von anderen Seiten desselben bestimmend. Diese triebmäßige Art des Originäransprechens bestimmt auch weiterhin in dem Organisierungsprozeß, in welchem sich das höhere Erleben wahrnehmungsmäßiger Art des entwickelten Menschen herausbildet, Richtung und Besonderung des Ansprechens von innen heraus in unterschiedlichen Formen der Zu- und der Abwendung.

Auch in der physikalischen Wahrnehmung des entwickelten Menschen ist also das Erleben nicht einfach zu verstehen als ein Kommen und Gehen von Einzelinhalten. Vielmehr steht dem aktuellen Inhaltsbestande des Erlebens hier und jetzt in der spezifischen Art der Aufmerksamkeit und Beharrungskraft eine Dauergeformtheit des Ansprechens gegenüber, die sich genetisch im einzelnen herausgebildet hat und die Erbwesensart des betreffenden Menschen ausmacht. Hinter dem sogenannten Unmittelbareindruck der physikalischen Wahrnehmung steht der Prozeß der Steuerung durch die Aufmerksamkeit und Beharrungskraft, der Organisierungsprozeß des Ansprechens, der sich einmal in Form einer isolierenden Heraushebung und dann in Form eines beziehlichen Zusammenschlusses vollzieht. Die scheinbar unmittelbar vor dem Beschauer einfach dastehende Wahrnehmungsgegebenheit schließt sich in Wahrheit erst in einem aktuellen Gestaltungsprozeß zusammen, der sich sowohl auf den Inhalt im einzelnen wie auf die allgemeine Ordnungsstruktur des Wahrnehmungsdinges im ganzen bezieht. Sowohl die inhaltsbezogene als auch die formalumfassende Durchordnung macht ein Dauergefüge der Daseinsordnung aus, das jedem aktuellen Erleben vorgeordnet steht, je nach der Reizlage im einzelnen gleichsam „ausgekleidet" wird und den physikalischen Wahrnehmungen die jedem bekannte eigentümliche Festigkeit und starre, in sich beruhende Gegenständlichkeit verleiht.

Wir wollen uns jetzt der wichtigen Frage zuwenden, in welcher Weise denn die spezifische Ansprechlebendigkeit eines ganz bestimmten Menschen und damit seine rassische Erbwesensart in der Durchformung des konkreten physikalischen Wahrnehmungsbestandes unaufhebbar mitwirkend mitenthalten ist. Um den Einfluß im einzelnen richtig würdigen und übersehen zu können, den irgendeine ganz bestimmte spezifische Art der Aufmerksamkeit und Beharrungskraft auf die physikalische Wahrnehmung ausübt, brauchen wir nur die beiden Extremformen selbst daraufhin zu untersuchen, denn jeder Übergangstypus ist beides zugleich, aber keines ganz. Wir fragen daher, was bedeutet auf der einen Seite eine enge, festgelegte Aufmerksamkeit mit großer Beharrungskraft und was auf der anderen Seite eine weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft für die physikalische Wahrnehmung?

Für den Erfolg sowohl als auch den Gehalt und die Eigenart des Wahrnehmungsprozesses ist es keineswegs gleichgültig, ob die Aufmerksamkeit sich der Umwelt gegenüber von vornherein auf eine ganz bestimmte Idee oder Fragestellung innerlich festlegt und zähe auf ihr beharrt, oder ob die Aufmerksamkeit, durch keinerlei innere Hemmungen beschwert, den mehr zufällig von außen sich aufdrängenden Wahrnehmungen nachgebend, sich in leichtem Hinübergleiten von Wahrnehmung zu Wahrnehmung weitertreiben läßt. Die enge, festgelegte Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft schaut nicht wie ein offener Spiegel in die Welt und nimmt das Leben einfach so hin, wie es ist, sondern prüft Welt und Leben stets von festen Gehalten aus und mißt das Sein stets am Sollen. Jeder Schritt ist ein Festeingestelltsein von innen her, und schon bei der ersten Begegnung mit einer Realität setzt sich ein ganz bestimmter Gesichtspunkt fest, unter dem die Wahrnehmung ihren Inhalt scharf von innen gesteuert ergreift. Ein neuer ähnlicher Eindruck ruft diesen zäh festgehaltenen Gesichtspunkt sofort wieder wach und bekommt nur Gültigkeit in der Seele, wenn und soweit er zu ihm paßt. Ganz im Gegensatz hierzu legt sich die weite, wandernde Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft nicht schon bei der ersten Begegnung auf einen bestimmten Gesichtspunkt fest. Erst der neue Eindruck wird zusammen mit dem alten durch einen Gesichtspunkt erfaßt, durch welchen Früheres und Neuhinzukommendes sich zueinander hinspielen, sich wechselseitig formend. Für die enge, festgelegte Aufmerksamkeit mit zäher Beharrungskraft bedeutet daher alles Wahrnehmen nichts anderes als ein Überprüfen und Bestimmen auf Grund konstruktiver fester innerer Gehalte als unveränderlicher Vergleichsmuster. Der weiten, wandernden Aufmerksamkeit mit geringer Beharrungskraft ist demgegenüber alles Wahrnehmen nur ein Vergleichen mit anderen Wahrnehmungen. Die erstere Art zielt wegen des zäh festgehaltenen Gesichtspunktes aller Wirklichkeit gegenüber auf Eindeutigkeit von Grund auf, auf Exaktheit, die letztere wegen des immer weiteren Wechsels des Gesichtspunktes auf Vielseitigkeit und Vollständigkeit. Wohl das wichtigste Ergebnis aller neueren erkenntnistheoretischen Forschungen ist die Grundeinsicht, daß alle strenge Eindeutigkeit von Grund auf nicht irgendwie fertig gegeben vorgefunden und bloß passiv festgestellt wird, sondern vielmehr immer erst durch aktives, planmäßiges, eindeutiges Handeln hergestellt werden muß (1). Da das in der unberührten Natur unmittelbar Vorgefundene nicht ohne weiteres der festen inneren Einstellung entspricht — Empirisches ist niemals eindeutig im strengen Sinn —, muß das, was die exakte Wahrnehmung beobachtet und mißt, vorher immer erst nach dem inneren Leitbild als dem beherrschenden konstruktiven Gedanken hergestellt werden. Das Wahrnehmen der engen, festgelegten Aufmerksamkeit ist deshalb mehr ein „Ergreifen", das der weiten, wandernden Aufmerksamkeit mehr ein „Ergriffenwerden". Das zähe Festhalten an der im Gedanken erfaßten und festgelegten unendlichen Forderung aller Wirklichkeit gegenüber macht das innerste Wesen aller Präzisionstechnik überhaupt aus und bedeutet zugleich den Angelpunkt für den Einblick in das Wesen wirklich strenger Naturwissenschaft von Grund auf. Nur so kann der Prozeß der Entstehung der physikalischen Apparate selbst und die entscheidende Rolle wirklich verstanden werden, welche die Unendlichkeit der Forderung, welche der zäh festgehaltenen Idee anhaftet, dabei spielt, die allein die ins Unendliche fortsetzbare und deshalb niemals versagende eindeutig gerichtete Linie des Handlungsplanes schafft, der den Apparat mit immer steigender Genauigkeit herzustellen erlaubt. Ebenso kann nur auf diese Weise die Idee des exakten Messens selbst wirklich begriffen werden.

Der jeder Messung zugrunde liegende ideelle zielstrebige Handlungsplan zeigt, wie mit gleichem Ergebnis an jedem Orte Messungen mit stets steigender Genauigkeit gewonnen werden können, und stellt das unveränderliche Vergleichsmuster dar, an dem alle wirklichen Erscheinungen des Messens überhaupt beurteilt werden können. Zum Beispiel ist das, was als Meßfehler festgestellt wird, in Wahrheit nichts anderes als die Abweichung von bestimmten aus dem Handlungsplan sich ergebenden Forderungen, die nicht selbst wieder durch Messung ihre letzte Rechtfertigung erhalten können, da sie ja gerade selbst es sind, an denen die Messungen kontrolliert werden. Die experimentell auf Grund fester innerer Einstellungen willensmäßig hergestellten Wahrnehmungen sind ihrem Wesen nach grundsätzlich von den „zufälligen" Wahrnehmungen der weiten, wandernden Aufmerksamkeit verschieden. Die besondere Eigenart und Bedeutung der innerlich „festgelegten" Wahrnehmung findet noch nicht die ihr gebührende Beachtung. Erst als GALILEI von der zufälligen Beobachtung der von selbst sich darbietenden Bewegungen zur bewußt absichtlichen Herstellung des „freien" Falles überging, erkannte er die Fallgesetze und begründete so die klassische Dynamik. Da ihm die Ausschaltung der umgebenden Luft noch nicht möglich war — die Luftpumpe wurde erst nach seinem Tode erfunden —, wählte er für seine Versuche Körper „genügenden" Gewichtes und kleiner Oberfläche aus, auf die die Luft „genügend" wenig Einfluß hatte. Die Herstellung des in diesem Sinne geeigneten Materials war keineswegs eine bloß untergeordnete Angelegenheit, sondern gerade der springende Punkt. Sie setzte ein inneres Fest-eingestelltsein auf eine ganz bestimmte Idee, auf eine eindeutige Herstellungsplanung voraus, die allein zu einwandfreien Schlüssen berechtigte. Erst als LENARD dazu überging, die Kathodenstrahlen rein herzustellen, erkannte er ihre wahre Natur und ermöglichte dadurch den sicheren Fortschritt, der die ganze neuere Epoche der Physik und Technik begründete. 25 Jahre waren seit ihrer Entdeckung durch HITTORF verstrichen, ohne daß man herauszubringen gewußt hatte, was sie eigentlich ihrem Wesen nach seien. Immer wieder hatte man diese Strahlen beobachtet, beschrieben und war doch nicht einen Schritt weitergekommen. Allein die reine Herstellung der Kathodenstrahlen auf Grund einer eindeutigen Herstellungsplanung brachte dann den sicheren Fortschritt.

Auch die allgemeine Ordnungsstruktur, die die Wahrnehmungsdinge erst zu echt „physikalischen" stempelt und ihnen den eigentlich „physikalischen" Charakter verleiht, ist aufmerksamkeitsbedingt und je nach der spezifischen Art der Aufmerksamkeit ganz verschieden. Dem Physiker mit enger, festgelegter Aufmerksamkeit bedeutet „physikalisch" soviel wie „streng kausal". Der kausale Trieb ist ihm der Wille, die in der Realität vor sich gehenden Veränderungen dadurch zu erkennen, daß er sie willensmäßig herstellt. Allein die willkürliche Herstellung einer Veränderung grenzt ihm das kausalbedingte Geschehen gegen den Zufall ab und isoliert und erzeugt seine physikalische Gegenständlichkeit. Der physikalische Gesetzeszusammenhang der festgelegten Aufmerksamkeit wird erst dadurch festgestellt, daß er rein und eindeutig hergestellt wird. Das ist die Bedeutung der „reinen Versuche" im Sinne LENARDS (9). Das aktive Erleben der gewollten Herstellung einer bestimmten Veränderung mit Hilfe einer anderen ist keine passive „hic et nunc-Wahrnehmung", sondern ein Willenserlebnis. Es stellt die einzige Möglichkeit dar, um über das hic et nunc hinauszukommen. Da die weite, wandernde Aufmerksamkeit dem „Draußen" vor dem „Drinnen" entschieden das Übergewicht überläßt, macht sie den „Zufall" in seiner ursprünglichen Bedeutung als Zu-Fallen zur Grundlage ihres Erkennens. Das ihr wesensgemäße Verfahren ist daher das statistische, das ganz im Gegensatz zum streng kausalen Erkennen, welches allein sichere Ergebnisse bringt, nur zu wahrscheinlichen Ergebnissen führt. Alles passive Beobachten des Eintreffens von Voraussagen macht die statistische Gesetzlichkeit nur wahrscheinlich und ist grundsätzlich von der willensmäßig aktiven Herstellung der „reinen Versuche" im Sinne von LENARD verschieden. Die innere Natur der „physikalischen" Wahrnehmung ist daher jetzt die einer bloß „statistisch" feststellenden. Die Frage, ob die physikalische Gesetzlichkeit streng kausaler oder statistischer Natur sei, enthüllt sich uns hiermit als ein Scheinproblem. Der streng kausale oder bloß statistische Charakter des Physikalischen stellt in Wahrheit eine durch die spezifische

Art der Aufmerksamkeit und Beharrungskraft und damit durch den Erbcharakter bedingte Dauergeformtheit des Ansprechens den in der Realität vor sich gehenden Veränderungen gegenüber dar. Die Wahrnehmungsdinge im einzelnen selbst sind ihrer inneren Natur und Möglichkeit nach bei der festgelegten Aufmerksamkeit Herstellungsanweisungen für die in der Realität vor sich gehenden Veränderungen und bei der wandernden Aufmerksamkeit ihrem Wesen nach unabschließbare Relationszusammenhänge, die die gerade vorliegenden Wahrnehmungen mit den früheren verbinden.

Die heute nachgewiesenen gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen dem rassischen Leibbild und der spezifischen Art der Aufmerksamkeit und damit der Erbwesensart zeigen, daß auf der Linie von der engen, festgelegten bis zur weiten, wandernden Aufmerksamkeit nacheinander folgen: nordische und fälische, dinarische, westische und zuletzt ostische Menschen (15). Am weitesten sind in der Erbwesensart und damit auch in der physikalischen Wahrnehmung voneinander entfernt nordische und ostische Menschen. Weil die exakte physikalische Wahrnehmung eine der beiden Extremformen darstellt, ist ihre wahre innere Natur vielen Menschen völlig wesensfremd und darum unzugänglich. Dies ist auch der tiefere Grund dafür, warum der im Grunde genommen recht oberflächliche Sensualismus englischer Herkunft eine so große Verbreitung finden konnte. Die nordische Rasse spielt also durch die zutiefst ihr wesenseigene Exaktheit ihrer Wahrnehmung eine ganz besondere Rolle für die Physik, wie das ja auch historisch zur Genüge belegt werden kann.

Literaturhinweise:

1. H. Dingler, Grundlagen der Physik. Leipzig 1923.
   H. Dingler, Das Experiment. Sein Wesen und seine Geschichte, München 1928.
   H. Dingler, Die Methode der Physik. München 1938.
2. H. Dingler, Zur Entstehung der sogenannten modernen theoretischen Physik. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch. Heft 9/10. 1939.
3. M. Planck, Einführung in die allgemeine Mechanik. Leipzig 1928.
4. B. Petermann, Wesensfragen seelischen Seins. Eine Einführung in das modernpsychologische Denken. Leipzig 1938.
5. B. Petermann, Die Wertheimer-Koffka-Köhlersche Gestalttheorie. Leipzig 1929.
6. E. R. Jaensch, Zur Analyse der Gesichtswahrnehmung. 1909.
   E. R. Jaensch, Über die Wahrnehmung des Raumes. 1911.
7. G. Pfahler, Vererbung als Schicksal. Eine Charakterkunde. Leipzig 1932.
8. B. Petermann, Das Problem der Rassenseele. Leipzig 1935.
9. Ph. Lenard, Deutsche Physik. München 1936.
10. H. Poincaré, Die neue Mechanik. Leipzig 1918.
11. M. Grübler, Was ist Gewicht? Dresden 1930.
12. G. Kirchhoff, Vorlesungen über Mechanik. Leipzig 1897.
13. H. Hertz, Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig 1910.
14. R. Carnap, Physikalische Begriffsbildung. Karlsruhe 1926.
15. G. Pfahler, Warum Erziehung trotz Vererbung? Leipzig 1938.
    G. Pfahler, Rassekerne des deutschen Volkes und ihre Gemische. Band I und II. München 1940.

Das Kursgerät Thüll-Hof[1]).

Von Studienassessor Karl Hermann in Wien.

Im Sommer 1939 ist mir vom Gauschulungswalter Dr. Mayer-Löwenschwertd und vom Gausachbearbeiter Dr. Hans Bauer ein Modell des Kursgerätes Thüll-Hof zur Durcharbeitung übergeben worden. Ich habe das Kursgerät für äußerst einfach und zweckmäßig befunden und meine, daß dieses Gerät auch für uns in der Schule eine nicht zu unterschätzende Bedeutung hat. Es würde mich freuen, wenn ich durch diese Zeilen für das Kursgerät Thüll-Hof recht viele Freunde gewinnen könnte.

[1]) Nach einem im Rahmen des Wiener NSLB. und des Pädagogischen Institutes der Stadt Wien am 5. Dezember 1939 gehaltenen Vortrag.

Zuerst sei an einige Grundbegriffe erinnert: Abb. 1 stellt das Geschwindigkeitsparallelogramm dar, gebildet aus der Eigengeschwindigkeit (Eg) des Flugzeuges $AB = DC$ und der Windgeschwindigkeit (Wg) $AD = BC$. Die resultierende Geschwindigkeit AC ist die Geschwindigkeit über Grund oder kurz die Grundgeschwindigkeit (Gg). Die Richtung der Eigengeschwindigkeit, das ist auch die Richtung der Flugzeuglängsachse, heißt Steuerkurs (Stk), die Richtung der Grundgeschwindigkeit bezeichnet man als Kurs über Grund oder Kartenkurs (Kk). Der Winkel, um den man den Steuerkurs drehen muß, damit er in den Kartenkurs übergeht, heißt Abtrift (Ab); der Winkel, um den man den Kartenkurs drehen muß, damit er in den Steuerkurs übergeht, wird Vorhalte- oder Luvwinkel (Lw) genannt. Die Winkel werden dabei im Sinne des Uhrzeigers als positiv gezählt, im entgegengesetzten Sinn als negativ. Die Richtung nach N wird mit 0°, die Richtung nach O mit 90°, die Richtung nach W mit 270° bezeichnet. Der Kartenkurs beträgt 225°, heißt also, daß das Flugzeug einen Ort anfliegen soll, der in der Richtung SW liegt. Als Windrichtung wird immer die Richtung angeben, aus der der Wind weht. Die Windrichtung ist 135°, besagt also, daß der Wind aus SO kommt. Jedes der beiden Teildreiecke des Geschwindigkeitsparallelogramms (ABC oder ADC) heißt Winddreieck. Es wird von der Eg und Wg einerseits und von der Gg andererseits begrenzt.

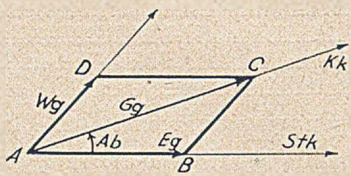


Abb. 1.

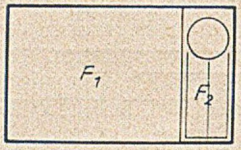


Abb. 2.

Drei Aufgaben spielen in der Praxis eine wichtige Rolle:

1. Grundaufgabe: Gegeben die Größe der Eg und ihre Richtung (Stk), die Größe der Wg und die Windrichtung (Wr); gesucht die Größe der Gg und ihre Richtung (Kk).

2. Grundaufgabe: Gegeben die Größe der Eg und ihre Richtung (Stk), die Größe der Gg und ihre Richtung (Kk); gesucht die Größe der Wg und die Windrichtung (Wr).

3. Grundaufgabe: Gegeben die Größe der Eg und der Kartenkurs (Kk), die Größe der Wg und die Windrichtung (Wr); gesucht die Größe der Gg und der Steuerkurs (Stk).

In der 3. Klasse der höheren Schulen sind uns durch den Lehrplan Aufgaben über Flugzeugortung vorgeschrieben. Es handelt sich dabei in erster Linie um die konstruktive Lösung dieser drei Grundaufgaben. Wie wäre es nun, wenn wir nach der Behandlung dieser Aufgaben von unseren Schülern ein einfaches Kursgerät anfertigen ließen, mit dessen Hilfe sich auch weniger einfache Aufgaben in wenigen Minuten lösen lassen. Für diesen Zweck würde sich nun das Kursgerät Thüll-Hof ganz vorzüglich eignen, da es mit geringem Zeitaufwand und mit den einfachsten Mitteln von jedem Schüler selbst hergestellt werden kann.

Ich will nun das Kursgerät selbst kurz beschreiben: Es besteht aus zwei getrennten Teilen, der Kurslatte und dem Grundbrett. Die Kurslatte (Abb. 3) ist ein Maßstab mit einem Winkelmesser. Der Maßstab trägt verschiedene Einteilungen und gestattet zum Beispiel bei Karten im Maßstab 1 : 300000 und 1 : 500000 unmittelbar die Entfernung zweier Punkte abzulesen. Das

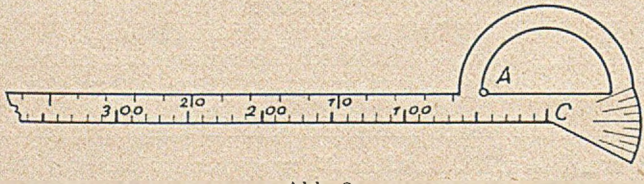


Abb. 3.

Grundbrett (Abb. 2) besteht aus der Fläche F_1 für die Karte und aus dem Teil F_2, auf dem die einzelnen Navigationsaufgaben gelöst werden. Die Fläche, die hierfür zur Verfügung steht, ist gut ausgenützt. Da findet sich zunächst ein Nomogramm, das aus zwei der Größen Geschwindigkeit, Zeit und Weg die dritte zu berechnen gestattet. (Abb. 4). Bei B ist ein Stift angebracht, der gerade bei A (Abb. 3) hineinpaßt. Um

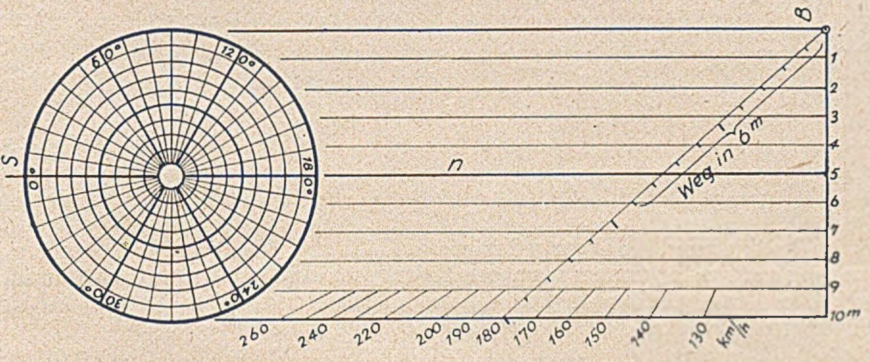


Abb. 4.

diesen Stift ist dann die Kurslatte drehbar. Man liest zum Beispiel bei einer Geschwindigkeit von 180 km/h für 6 Minuten einen Weg von 18 km ab. Ferner ist auf F_2 eine drehbare Scheibe angebracht, die eine Reihe konzentrischer Kreise im Abstand von ½ cm enthält (in der Abb. 4 ist der Abstand 0,18 cm) und überdies Radien von 10 zu 10 Grad.

Dieses Kursgerät gestattet vor allem die Lösung aller Winddreiecksaufgaben, indem diese Winddreiecke auf F_2 im verkleinerten Maßstab (1 : 2000000, 1 cm = 20 km) hergestellt und dann einfach die gesuchten Größen abgelesen werden. Die einfache Handhabung des Gerätes sollen die folgenden Beispiele zeigen.

1. Beispiel:

Gegeben ist

Eg . . 180 km/h . . . .
Wg . . 60 km/h Wr aus 70°
. . . . Kk. . 205°;

gesucht ist Gg und Stk. (3. Grundaufgabe.)

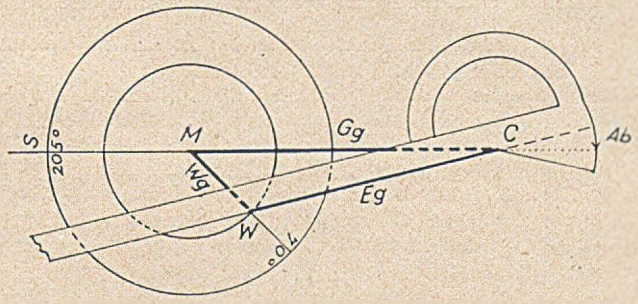


Abb. 5.

Die Kreisscheibe wird so gedreht, daß 205° beim Strich S erscheint. Nun beachte man die folgende Merkregel: Grundgeschwindigkeit auf dem Grundbrett, Eigengeschwindigkeit in der eigenen Hand (d. h. auf der Kurslatte). Man legt den Punkt C der Kurslatte auf der Mittellinie n an. (Beim Punkt C ist ein Stift befestigt, der in der längs n verlaufenden Nut gleiten kann.) Beim Punkt C beginnt nun auf der Kurslatte eine Einteilung 1 cm = 20 km (in Abb. 3 ist 1 cm = 55 km). Den Punkt 180 km legt man beim „Windpunkt" W an. Dieser Windpunkt liegt auf der drehbaren Scheibe, und zwar auf dem aus 70° kommenden Radius 3 cm = 60 km (in der Abb. 4 1,1 cm = 60 km) vom Mittelpunkt M entfernt. Das Dreieck CWM ist nichts anderes als das Winddreieck, und es können dann die gesuchten Größen abgelesen werden (Abb. 5).

Man findet Gg = 217 km/h und Stk = 205° — 13° = 192°.

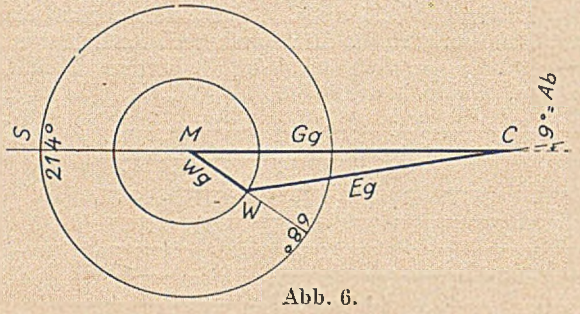


Abb. 6.

2. Beispiel:

Gegeben ist

Eg . . 180 km/h Stk . . 205°
Gg . . 220 km/h Ab . . 9° rechts,
daher Kk . . 205° + 9° = 214°;

gesucht ist Wg und Wr. (2. Grundaufgabe.)

In der Abb. 6 wurde die Lösung dieser Aufgabe nach der Merkregel „Grundgeschwindigkeit auf dem Grundbrett, Eigengeschwindigkeit in der eigenen Hand" angedeutet. Sie läßt sich aber auch lösen, indem man alles umkehrt, d. h., indem man die Eigengeschwindigkeit auf dem Grundbrett einstellt, die Grundgeschwindigkeit in die eigene Hand nimmt, statt des Kurses den Gegenkurs und eine Abtrift nach rechts links einstellt (Abb. 7).

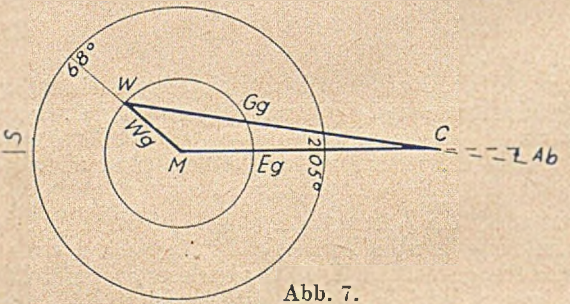


Abb. 7.

Man findet Wg = 51 km/h und Wr aus 68°.

3. Beispiel:

Gegeben ist

Eg . . . 180 km/h Stk . . . . . 0°
Wg . . . 60 km/h Wr aus 270°;

gesucht ist Gg und Kk. (1. Grundaufgabe.)

Auch diese Aufgabe wird gelöst, indem man alles umkehrt (Abb. 8).

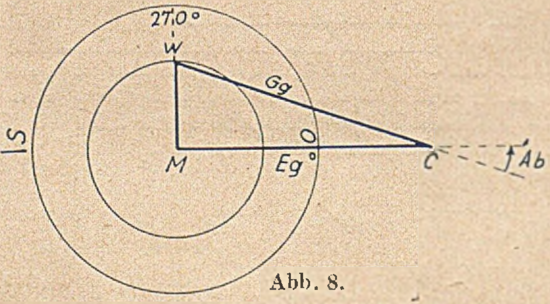


Abb. 8.

Man findet Gg = 190 km/h und Ab = 18° rechts, daher Kk = 18°.

Wenn man dieses Kursgerät von den Schülern herstellen läßt, kann man selbstverständlich verschiedene Vereinfachungen eintreten lassen. So kann man die Stifte und die Nut weglassen, bei der Kurslatte kann der Winkelmesser wegbleiben und durch einen gewöhnlichen ersetzt werden.

Mit diesem Kursgerät können nun auch weniger einfache Aufgaben in kurzer Zeit gelöst werden, so zum Beispiel die folgende: Ein Flugzeug soll von Wien—Aspern nach Breslau fliegen. Der Wind wird mit 40 km/h aus 270° angegeben, die Eigengeschwindigkeit beträgt 240 km/h. Welcher Steuerkurs folgt daraus? (Der Kartenkurs soll von den Schülern einer Karte entnommen werden.) Das Flugzeug startet und hält den ermittelten Steuerkurs ein. Nach 16 m ist das Flugzeug über Nikolsburg. Wie groß ist also in Wirklichkeit die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit und welchen Steuerkurs muß das Flugzeug auf Grund der neuen Windbestimmung einschlagen, wenn es zunächst noch weitere 5^{m} den ersten Kurs weiterfliegt, um Zeit für die neue Kursbestimmung zu haben?

Über das autogene Schweißen und Schneiden.

Von Wilhelm Flörke in Gießen.

Der großen wirtschaftlichen Bedeutung des autogenen Schweißens und Schneidens sollte der Chemieunterricht in der Schule durch eine ausreichende Erörterung der chemischen Grundlagen gerecht werden. Üblich ist es, bei Besprechung der Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme auf das Verfahren hinzuweisen. Vielfach wird dabei noch der „Daniellsche Hahn" betrachtet, obwohl die modernen Schweißbrenner in ihrem Aufbau abweichende Züge aufweisen [1]). Es dürfte aber angebracht sein, etwas tiefer in das Problem einzudringen. Da die Autogenliteratur, aus der die erforderlichen Angaben zu erlangen sind, dem Chemielehrer im allgemeinen nicht ohne weiteres zugänglich ist, sei im folgenden ein Bericht über die hauptsächlichsten Grundlagen des Verfahrens gegeben. Wer sich noch weiter über den Gegenstand unterrichten will, sei auf den Leitfaden für Autogenschweißer von H. Holler hingewiesen (Verlag C. Marhold, Halle 1940, 306 S., 4,50 RM.).

A. Schweißen.

Das Schweißen dient zur Verbindung metallener Werkstücke ohne Zuhilfenahme eines fremden Verbindungsmittels (Lot). Man kennt verschiedene Schweißverfahren, die in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind:

Übersicht über die Schweißverfahren.

1. Preßschweißen.

a) Hammerschweißen.
b) Elektrisches Widerstandschweißen (Stumpfschweißen, Punktschweißen).
c) Thermitschweißen (z. T.).

2. Schmelzschweißen.

a) Lichtbogenschweißen.
b) Thermitschweißen (Umgieß- und Zwischengießverfahren).
c) Gasschweißen (Autogen. Schweißen).

Beim Gasschweißen werden die zu verbindenden Metallenden angeschmolzen und gleichzeitig Material gleicher Art von einem Schweißdraht abgeschmolzen; dieses tropft in die Schweißnaht und schließt sie vollständig. Als Flamme wurde ursprünglich die Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme verwendet; ihre Temperatur beträgt aber nur rund 2000°, da der Heizwert des Wasserstoffs verhältnismäßig niedrig ist (2590 kcal/m³). Wasserstoff wird heute nur noch zum Schweißen dünner Bleche (bis 8 mm) und für Aluminium benutzt. In den allermeisten Fällen wird heute mit der viel heißeren Azetylen-Sauerstoff-Flamme gearbeitet, deren Temperatur bei richtigem Mischungsverhältnis 3100° erreicht. Dieser Wert findet sich 1—2 mm vor dem inneren stäbchenförmigen Flammenkern; in der Mitte der Flamme beträgt die Temperatur etwa 2400° (Abb. 1). Der Heizwert des Azetylens ist rund 13000 kcal/m³.

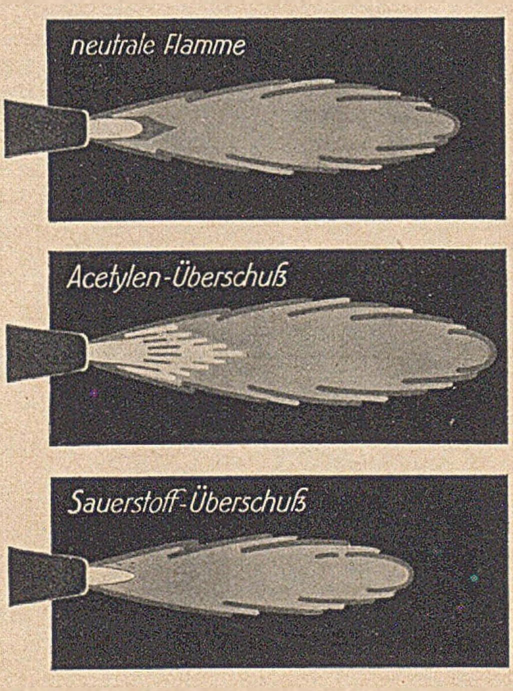


Abb. 1. Schnitte durch Azetylen-Sauerstoff-Flammen bei verschiedenem Mischungsverhältnis (die für das Schweißen richtig eingestellte Flamme ist die sogenannte „neutrale Flamme").

[1]) Siehe auch Prakt. Schulphysik, 20, 1940, S. 81—82.

Das Azetylen entwickelt man aus Kalziumkarbid und Wasser in Einwurf- oder Wasserzulauf- oder Berührungsapparaten, in denen das entstehende Kalziumhydroxyd in Schlammform anfällt. Für Großanlagen werden heute außerdem Geräte gebaut, bei denen das $Ca(OH)_2$ als trockenes Pulver entsteht, das weiter verwendet werden kann. Azetylen kommt auch unter Druck (12—15 atü) in Azeton gelöst in gelbgestrichenen Stahlflaschen in den Handel (Dissousgas). Diese Stahlflaschen sind mit einer porösen Masse gefüllt, um ein Schäumen der Flüssigkeit bei der Gasentnahme zu verhindern. Diese Masse beansprucht 25 %, die Azeton-Azetylenlösung dagegen 67 % des Füllraums, das Azeton für sich 38 %, so daß 8 % als Sicherheitsraum verbleiben. Azetylen, das bei 0° unter einem Druck von 21,5 atü sich verflüssigt, ist für sich allein bereits unter einem Druck von 3 atü explosiv, da die Verbindung stark endotherm ist ($C_2H_2 \rightarrow 2\,C + H_2 + 55$ kcal).

Theoretisch sind für die Verbrennung von 1 l Azetylen 2,5 l Sauerstoff erforderlich ($2\,C_2H_2 + 5\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 2\,H_2O$). In der Technik arbeitet man aber mit einem Mischungsverhältnis von Azetylen zu Sauerstoff wie 1 : 1 bis 1 : 1,2 (Abb. 1a), da man dabei die höchste Flammentemperatur erhält und beim Schweißen die Bildung von Eisenoxyd infolge der reduzierenden Wirkung der Flamme vermieden wird. Solches Eisenoxyd würde sich beim Erstarren zwischen den Eisenkristallen ablagern und die Festigkeit der Schweißnaht stark herabsetzen. Der Schweißer erkennt an Form und Aufbau der Flamme das richtige Gemisch (Abb. 1). Die Verbrennung des Azetylens erfolgt in zwei Stufen nach:

$$2\,C_2H_2 + 2\,O_2 \rightarrow 4\,CO + 2\,H_2$$
$$4\,CO + 2\,H_2 + 3\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 2\,H_2O.$$

Den Sauerstoff für die zweite Stufe entnimmt die Schweißflamme der umgebenden Luft. In Flammen, die zuviel Azetylen enthalten, kann von dem schmelzflüssigen Eisen Kohlenstoff aufgenommen werden, wodurch sich die Zusammensetzung der Schweißnaht gegenüber der des Werkstückes in unerwünschter Weise verändert.

Die Entwickler liefern das Azetylen unter Niederdruck (bis 300 mm Wassersäule), Mitteldruck (bis 2000 m Wassersäule) oder Hochdruck (bis 15 m Wassersäule = 1,5 atü). Immer ist der Druck des Azetylens geringer als der des Sauerstoffs, weshalb sogenannte Injektorbrenner in Anwendung gelangen (Abb. 2). Der unter

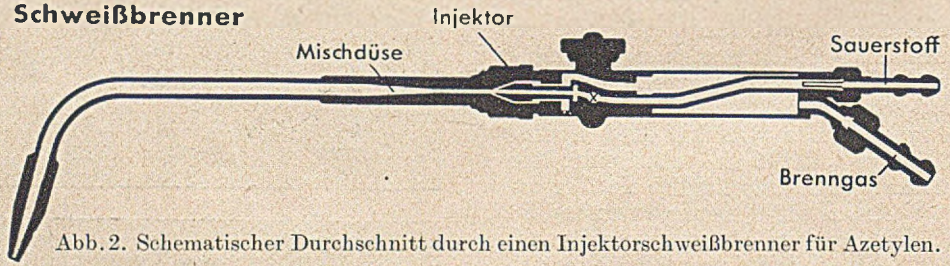


Abb. 2. Schematischer Durchschnitt durch einen Injektorschweißbrenner für Azetylen.

höherem Druck stehende Sauerstoff saugt durch eine in das Griffrohr eingebaute Injektordüse das Azetylen an, vermischt sich damit in der anschließenden Mischkammer; das Gemisch tritt aus dem Brennerrohr mit so großer Geschwindigkeit aus, daß ein Zurückschlagen der Flamme nicht eintritt. Dieses kann aber erfolgen, wenn die Flamme nicht genügend Sauerstoff unter dem nötigen Druck erhält, weil dann die Ausströmungsgeschwindigkeit kleiner werden kann als die Zündgeschwindigkeit; der Brenner „knallt".

Das Azetylen kann als Verunreinigungen Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff und Ammoniak enthalten. Aus dem H_2S nimmt das hocherhitzte Eisen Schwefel auf und wird dadurch rotbrüchig. Auch Phosphor ist unerwünscht, da er das Eisen kaltbrüchig macht, doch sind die Mengen Phosphorwasserstoff, die im Azetylen enthalten sind (einige hundertstel Prozent) so klein, daß sie die Güte der Schweißnaht kaum beeinträchtigen. Man reinigt das Azetylen mit geeigneten Reinigungsmassen.

Auf die großen Gefahren, die die Anwendung des Azetylens birgt wegen seiner endothermen Natur, wegen der weit auseinanderliegenden Zündgrenzen von Azetylen-Luftgemischen (2,8—70% C_2H_2) und wegen der Bildung explosiver Metallverbindungen (mit Cu zum Beispiel, nicht aber mit Cu-Legierungen), muß immer wieder aufmerksam gemacht und auf die Beachtung der Handhabungsvorschriften für Azetylengeräte hingewiesen werden.

Eine gute Schweißnaht weist fast die gleiche Festigkeit auf, wie sie der verschweißte Werkstoff besitzt. Um dieses Ergebnis aber zu erreichen, ist sorgfältige Einstellung der Flamme Voraussetzung. Ferner muß die Schweißstelle die für das betreffende Material richtige Temperatur erhalten. Das Zusatzmaterial (Schweißdraht) muß dem zu schweißenden Werkstoff angepaßt sein. Die Güte der Schweißnaht kann bei schmiedbaren Metallen (z. B. Stahl) durch Abhämmern im warmen Zustand (bei Stahl >500°) im allgemeinen verbessert werden. Das flüssige Metall erstarrt nämlich in der Schweißnaht grob kristallin. Auch in dem benachbarten Werkstoff tritt durch die starke Erhitzung eine Kornvergrößerung auf. Beim Abhämmern in Schweißhitze werden Schlacken und Gaseinschlüsse herausgequetscht und die Schweißnaht erhält ein feines Korn. Die örtliche Erhitzung des Werkstücks beim Schweißen hat Spannungen im wieder erkaltetem Gegenstand zur Folge. Dem kann durch geeignete Maßnahmen beim Schweißen und auch durch nachträgliches Ausglühen der Schweißnähte begegnet werden. Jeder Werkstoff, jedes Werkstück stellen den Schweißer vor andere Aufgaben, die er nur meistern kann, wenn er die durch sorgfältige und umfangreiche Untersuchungen erlangten Vorschriften beachtet.

Geschweißt können werden alle Eisenlegierungen, auch hochlegierte Stähle und Gußeisen, sodann Kupfer und seine Legierungen, Aluminium und seine Legierungen, Nickel, Neusilber, Blei, Zink, Silber und Gold. Vielfach ist aber bei diesen Metallen wie auch bei manchen Eisenlegierungen (z. B. Gußeisen, V-2-A-Stahl) ein Flußmittel erforderlich.

Das Schweißen von Längs- und Rundnähten an Rohren und Behältern wird heute auch schon in selbsttätigen Schweißmaschinen ausgeführt.

B. Schneiden.

Beim Brennschneiden dreht es sich darum, das Werkstück an der Trennstelle stark zu erhitzen und dann Sauerstoff aufzublasen (Abb. 3,4). Der Werkstoff entzündet sich, verbrennt zu flüssigem Oxyd, das durch den Sauerstoffstrahl aus der Trennfuge hinausgeblasen wird. Die Verbrennungswärme des Werkstoffs dient zum Erhitzen der benachbarten Teile auf die Entzündungstemperatur. Geschnitten werden können demnach Werkstoffe, die leicht verbrennen, eine große Verbrennungswärme und eine

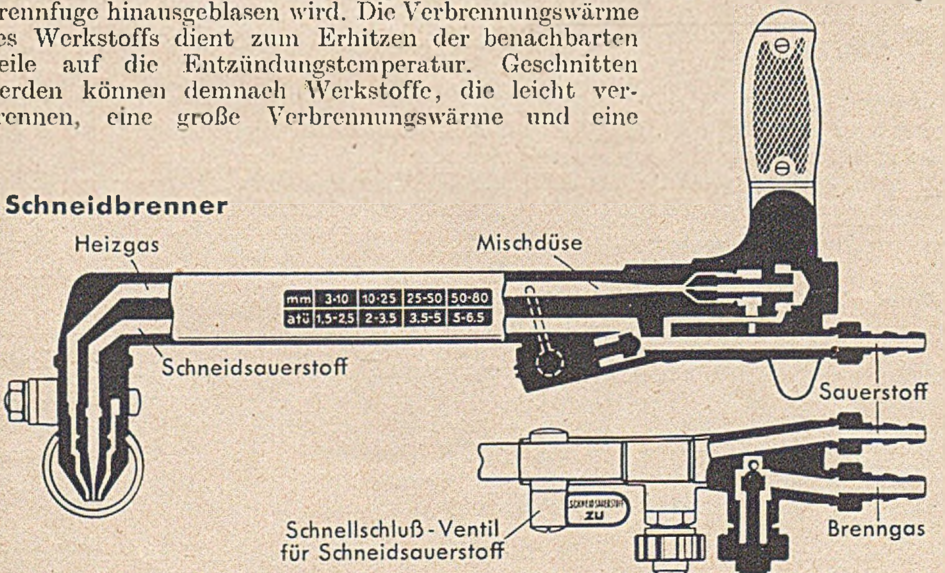


Abb. 3. Schematischer Schnitt durch einen Schneidbrenner.

geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen. Ihre Entzündungstemperatur muß unterhalb ihres Schmelzpunktes liegen und das entstehende Oxyd muß bei den erreichten Temperaturen dünnflüssig sein. Diese Bedingungen sind für die meisten Eisenlegierungen erfüllt. Nicht schneidbar sind zum Beispiel rostfreie Stähle mit 10—20 % Cr. Bei Gußeisen liegt die Entzündungstemperatur zwar über dem

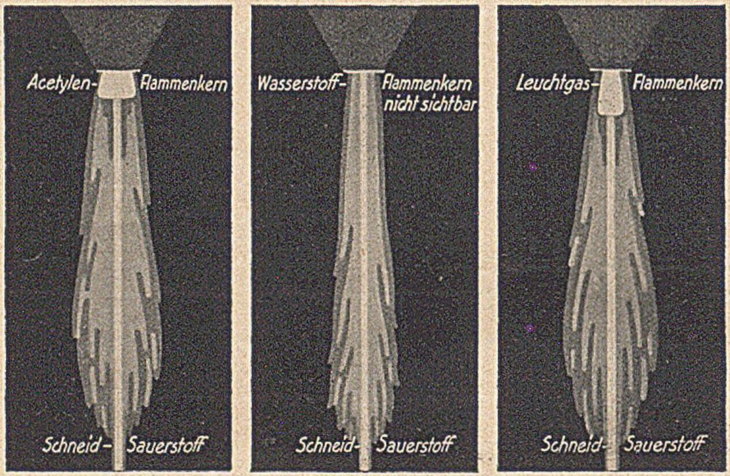


Abb. 4. Schnitte durch Schneidflammen bei Verwendung verschiedener Brenngase.

Schmelzpunkt, doch kann durch Überhitzung des Schmelzflusses mit Schneidbrennern, die eine besonders große Heizflamme besitzen, auch hier eine Trennung erreicht werden. Kupfer, Aluminium, Nickel und Messing können nicht mit der Flamme geschnitten werden. Blei kann man mit der Flamme zertrennen, ohne daß dabei ein Verbrennen eintritt (Schmelzschneiden).

Die Schnittflächen sind bei ruhiger Führung des Brenners, also vor allem bei maschinell ausgeführten Schnitten, glatt, der Werkstoff zeigt an ihnen keine ungünstige Veränderung des Gefüges, die sich im übrigen selbst bei sehr dicken Werkstücken nur auf eine nur einige Millimeter breite Zone erstreckt. Man schneidet bis 1000 mm Dicke.

Die Heizflamme des Schneidbrenners erzeugt man gewöhnlich mit Azetylen-Sauerstoff-Gemisch. Daneben finden Leuchtgas, Wasserstoff und auch andere Brenngase Verwendung. Der Wirkungsgrad des Brennschneidens wie auch des Gasschweißens hängt sehr wesentlich von der Reinheit des Sauerstoffs ab. Dies hat dazu geführt, das der Handelssauerstoff heute allgemein einen sehr hohen Reinheitsgrad von mindestens 99 % aufweist; Sauerstoffgehalte von 99,5—99,7 % sind keine Seltenheit.

Zur Bestimmung der Höhe im rechtwinkligen Dreieck.

Von Dr. Herbert Graewe in Halle a. d. Saale.

Ist c die Hypotenuse, so folgt aus der zweimaligen Anwendung der Inhaltsformel:

$$J = \tfrac{1}{2} c \cdot h \quad \text{und}$$
$$J = \tfrac{1}{2} a \cdot b$$
$$c \cdot h = a \cdot b$$
$$h = \frac{a \cdot b}{c}.$$

Lehrsatz: Die Höhe im rechtwinkligen Dreieck ist gleich dem Produkt der Katheten, dividiert durch die Hypotenuse.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Unfall mit Chlor.

Von Reinhold Scharf in Berlin.

Ein kürzlich in einer Oberschule für Mädchen eingetretener Unfall mit Chlor gibt Anlaß, nochmals auf die Gefährlichkeit dieses Gases hinzuweisen. Gerade der häufige Umgang mit gefährlichen Stoffen verführt dazu, die Gefahren zu gering einzuschätzen.

In der fünften Klasse sollten die üblichen Versuche mit Chlor ausgeführt werden. Das Chlor wurde aus Kaliumpermanganat und Salzsäure in einer frei auf dem Tisch stehenden Apparatur entwickelt und in einzelne Standzylinder abgefüllt. Unvermeidlich muß dabei Chlor in die Raumluft entweichen. Ein Abzug war zwar vorhanden, wurde aber nicht benutzt, da das zugehörige elektrische Gebläse zu viel Geräusch verursachte. Die Gefahren des Chlors kannte die Lehrerin, denn bei früheren Arbeiten mit Chlor hatte sie stets einen den Tag über anhaltenden Chlorhusten davongetragen. Eine vermeintliche Vorsichtsmaßregel bestand darin, daß Schalen mit Salmiakgeist und mit Alkohol verteilt aufgestellt wurden, eine davon auf dem Lehrertisch. Der Erfolg der Nichtbenutzung des Abzuges war jedenfalls eine längere Krankenhausbehandlung der betreffenden Lehrerin mit anschließendem Kuraufenthalt. Eine Schädigung der Schülerinnen war nicht festzustellen.

Ob in diesem Falle nur eine Überempfindlichkeit gegen Chlor vorgelegen haben könnte oder die Gefahr nicht doch allgemein unterschätzt wird, soll folgende Überschlagsrechnung zeigen: Das Lehrzimmer möge einen Rauminhalt von etwa 250—300 cbm besitzen. Entweicht, wie es beim Ingangsetzen der Gasentwicklung und dem Verdrängen der Luft aus der Apparatur leicht vorkommen kann, nur 1 Liter Chlorgas in die Raumluft, so ist bereits, auf den ganzen Raum berechnet, eine Konzentration von etwa 0,0003 % Chlor vorhanden; das ist aber bereits eine Konzentration, die erfahrungsgemäß zu Schädigungen der Atemwege führen kann. In der Nähe des Entstehungsortes der Chlorwolke ist sie aber sicher weit höher.

Dieser Fall veranlaßt, nochmals darauf hinzuweisen, daß die Entwicklung größerer Mengen Chlor, Stickstoffdioxyd und ähnlicher Gase nur unter dem Abzug ausgeführt werden soll. Über die günstigste Form des Abzuges, der ein Arbeiten ohne Störung des Unterrichts ermöglicht, wurde bereits in einem Aufsatz[1]) in dieser Zeitschrift berichtet.

Das Ohmsche Gesetz.

Von Otto Brandt in Berlin.

> Denken mit der Natur — mit dem, was in ihr vorgeht — wird sehr selten getroffen; meist findet man statt dessen Formeln hingesetzt.
> P. Lenard, Deutsche Physik.

1) Eindeutige Begriffsbestimmungen und Begriffsfestlegungen sind in der Physik wie in allen Wissenschaften notwendig. Sie sind die Grundlage einer unmißverständlichen Ausdrucksweise der Fachleute untereinander, sie bewahren darüber hinaus auch den Lernenden vor Verschwommenheiten und Unklarheiten. Für den Unterricht sind sie somit von größter Bedeutung.

Während es aber der Wissenschaft nur auf gedankliche Sauberkeit sowie klaren und lückenlosen Aufbau ihres Begriffssystems ankommt, hat der Unterricht die zusätzliche Aufgabe, die methodischen Wege zu finden und zu beschreiben, auf denen der Lernende von der vorwissenschaftlichen Begriffswelt in folgerichtiger, nicht sprunghafter Entwicklung zur wissenschaftlichen Begriffswelt geführt wird. Nimmt man auf erstere keine Rücksicht, sondern versucht, sogleich mit strengen Definitionen wissenschaftliche Sauberkeit zu erzwingen, so bleibt im Denken und Vorstellen des Schülers eine unüberbrückte Kluft — hier Sprache und Begriffswelt des täglichen Lebens, hier Sprache und Begriffswelt innerhalb des Physikraumes — die nach kurzer Zeit zum Einsturz der physikalischen Begriffswelt führen muß, weil das Gegengewicht der vorwissenschaftlichen viel zu schwer ist.

[1]) R. Scharf, Der Gasabzug im Chemieunterricht. Ubl. 46, 124, 1940.

Diese kurzen Andeutungen seien vorweggeschickt, um bei der nachfolgenden kritischen Sichtung nicht in den falschen Glauben zu verfallen, daß ein Höchstmaß an begrifflicher Strenge allein für den Unterricht entscheidend sei.

Begriffliche Klarheit ist allerdings zum mindesten zunächst für den Lehrenden Voraussetzung zur sachgemäßen Ausgestaltung des unterrichtlichen Weges, und es hat sich immer gezeigt, daß gerade da, wo sie fehlte, auch der Unterricht bedenkliche Schwächen aufwies.

2) Das Ohmsche Gesetz ist wiederholt Gegenstand von Erörterungen gewesen. In einer kürzlichen Veröffentlichung hat HEUSSEL[1]) das didaktische Schrifttum gesichtet und selbst Stellung genommen. Er kommt dabei u. a. zu folgenden Schlußfolgerungen: „Erst das Ohmsche Gesetz legt es nahe, den auftretenden Quotienten in Voraussicht weiteren häufigen Gebrauchs mit einem besonderen Namen zu versehen. ... Darum ist die natürliche Reihenfolge: erst das Ohmsche Gesetz, dann der Widerstand."

Wäre es wirklich notwendig, den Gründen, die zur Forderung führten, zuzustimmen, so wäre das für den Schulunterricht sehr bedauerlich, denn die vorgeschlagene Einführung des Begriffes Widerstand ist außerordentlich formal, und im Schulunterricht wird mit Recht Anschaulichkeit verlangt. Ich glaube aber, man kann die Angelegenheit auch von einem anderen Standpunkt aus betrachten, ohne sich dabei den Vorwurf eines unsauberen Vorgehens zuziehen zu müssen.

3) Die Begriffe Stromstärke und Widerstand sind zweifelsohne von stärkster Anschauung getragen, und es ist geradezu erstaunlich, daß diese in einer Zeit entwickelt wurde, in der man das Wesen der Elektrizität noch nicht kannte und etwas wirklich Fließendes nicht annehmen konnte. Wieviel stärker ist heute die Anschauung, nachdem man bewegte Elektrizitätskörperchen als Träger der Strömung erkannt hat!

Im Unterricht gehen die Begriffe Stromstärke und Spannung dem des Widerstandes voraus. Wenn ein Wasserstrom eine bestimmte, beschränkte Stromstärke hat, anstatt lawinenartig ins Ungemessene zu wachsen, so kann das entweder daher kommen, daß die Quelle nicht genügend Wasser anliefert oder aber, daß die Leitung ein Anwachsen über einen bestimmten Wert verhindert. Daß nun die elektrische Stromquelle genügend Elektronen anliefert, um den elektrischen Strom zu sehr hohen Stromwerten anschwellen zu lassen, wird durch die Erscheinung des Kurzschlusses bewiesen. Tritt dies Anschwellen bei Benutzung eines geeigneten Drahtes nicht ein, so muß man folgern, daß die strombeschränkende, bremsende Wirkung mithin im Draht liegt. Mit Fug und Recht kann man in Anlehnung an die bekannten ähnlichen Vorgänge in der Mechanik nunmehr aussagen, daß der Strom im Draht einen Widerstand[2]) erfährt, d. h. die Elektronen werden nicht unter der Antriebskraft immer schneller, wie es bei widerstandsloser Bewegung der Fall ist. Statt dessen sagt man kürzer: Der Leitungsdraht hat Widerstand und kennzeichnet damit gleichzeitig, daß man diese Eigenschaft des Drahtes mit dem Worte Widerstand zu bezeichnen wünscht. Die Sprache ist eben ein lebendiges Gebilde und paßt sich den Bedürfnissen an. Um diese Aussage zu machen, braucht man ebensowenig ein Gesetz oder eine ausgedehntere physikalische Messung, wie zur Erkennung anderer Körpereigenschaften. Der Begriff Widerstand hat schon vor den Untersuchungen Ohms bestanden. Wären die ersten Versuche nicht mit metallischen Leitern, sondern mit Gasentladungen gemacht worden, in denen bekanntlich die Stromstärke bis zum Kurzschluß anschwillt, so wäre man allerdings auf diesem Wege schwerlich auf den Begriff Widerstand gekommen.

Man kann auch nicht etwa aus den Begriffen „Leiter" und „Widerstand" einen Widerspruch konstruieren, wie das versucht wurde. Was heißt denn Leiter? Leiten heißt führen. Der Leitungsdraht führt die Elektronen, er ist der Weg, auf dem sie sich bewegen, genau so wie die Straße den Weg der Fahrzeuge bestimmt; auch auf ihm erfahren sie Widerstand, aber einen weitaus geringeren als nebenan auf dem freien Feld; durch diesen geringen Widerstand ist geradezu die Straße

[1]) G. HEUSSEL, Praktische Schulphysik 20, 57, 1940.

[2]) Diese Benennung ist sinnvoll. Das beschränkte Fassungsvermögen eines Gefäßes dagegen als Widerstand gegen Füllung zu bezeichnen, ist von vornherein sinnwidrig.

von der Umgebung unterschieden. Das Flugzeug braucht keine Straßenanlage, da ihm eine solche wegen der Gleichartigkeit des Widerstandes der Luft keinen Vorteil bietet. Man darf in das Wort „Leiter“ also nicht mehr hineingeheimnissen als darin steckt und kommt dann auch nicht auf scheinbare Widersprüche[3]), [4]).

4) Ein Parallelbeispiel: Man schiebt einen Eisenbahnwagen an, er setzt sich langsam in Bewegung; ein leichter Handkarren fährt schneller an. Allein auf Grund dieser Beobachtungen kann die Aussage gemacht werden, daß die Körper eine Eigenschaft haben, auf Grund derer sie sich nicht beliebig schnell in Bewegung setzen lassen. Man nennt diese Eigenschaft träge oder Trägheit. Dazu ist weder Physik überhaupt nötig, noch erst recht die Erkenntnis, daß $P/b = k$ ist, d. h. daß die Maßzahl der Kraft durch die Maßzahl der Beschleunigung ein Festwert ist. Würde die Messung ergeben $P^{10}/b = k$, so würde das nicht im allermindesten die Erkenntnis beeinträchtigen, daß der Körper die Eigenschaft Trägheit hat, d. h. dem Bewegungsantrieb nicht beliebig schnell folgt. Deshalb kann die Gewinnung des obigen gesetzmäßigen Zusammenhanges $P/b = k$ auch keineswegs die Voraussetzung für die Gewinnung des Begriffes Trägheit als Körpereigenschaft sein. Die physikalische Untersuchung allerdings erst ergründet die Bedeutung der Trägheit für die Bewegungsvorgänge und legt den Trägheitsbegriff genauer fest.

5) Nun zurück zum Widerstand! Durch orientierende Versuche ist bekannt:

Je höher die Spannung, um so größer die Stromstärke (bei gleichem Leitungsdraht).

Je geringer die Stromstärke, um so größer der Widerstand des Leitungsdrahtes (bei gleicher Spannung).

Hat man den Begriff Widerstand nunmehr in seiner allgemeinsten Bedeutung als etwas Bewegunghemmendes erfaßt, so läßt sich auch schon aussagen:

Je größer der Widerstand des Drahtes, um so geringer die Stromstärke[5]).

Letzterer Satz enthält keinen Zirkelschluß, sondern ist — wie gesagt — eine be-

[3]) In der Physik und Technik hat man eine erlaubte Sinnerweiterung vorgenommen. Man bezeichnet die Stoffe selbst als Leiter (Kupfer ist ein Leiter) bzw. Nichtleiter.

[4]) Zu diesem Abschnitt einige geschichtliche Bemerkungen: Zunächst unterschied man Leiter und Nichtleiter, ohne den Leitern untereinander bezüglich der Fortführung der Elektrizität irgendwelche Qualitätsunterschiede zuzuweisen. Die Eigenschaften halbleitender Oberflächenschichten führten aber schon Coulomb auf eine Theorie, bei der der Widerstand dieser Schichten gegen die durch anziehende oder abstoßende Kräfte hervorgerufene Elektrizitätsbewegung die Hauptrolle spielt. Im allgemeinen aber benutzte man weiterhin vorwiegend den Begriff „Leitfähigkeit“. Der verschiedene Grad der Leitfähigkeit der Körper war um 1800 bekannt und durch Arbeiten von Davy und anderen (um oder kurz nach 1800) auch die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von Länge und Dicke des Drahtes. Auch die Abnahme der Leitfähigkeit mit Temperaturzunahme war bereits genau beobachtet. Die Vorstellung eines von Strom zu überwindenden Widerstandes ist dabei allezeit vorhanden. Van Marum fand 1787 zum Beispiel die Verschiedenartigkeit von Eisen, Kupfer und anderem und suchte die Ursache darin, daß „das elektrische Fluidum weniger Widerstand im Kupfer als im Messing und in diesem weniger als im Eisen findet . . .“ Ich zitiere weiterhin aus Gehlers physikalischem Handwörterbuch Bd. 6, 1831 (geschrieben ohne Kenntnis der Ohmschen Arbeit): „Soweit selbst der beste Leiter allezeit der Verbreitung der Elektrizität noch einigen Widerstand leistet, trägt er gleichsam noch etwas von isolierenden Eigenschaften an sich, und insofern selbst der vollkommenste Isolator wenigstens nicht auf eine absolute unendliche Weise der Fortpflanzung der Elektrizität Widerstand leistet, besitzt er mindestens noch etwas vom Leitvermögen der sogenannten leitenden Körper.“ „Im allgemeinen scheinen die Gasarten der Elektrizität um so mehr Widerstand zu leisten, in welchem ihre Dichtigkeit zunimmt.“ „Bei den vollkommenen Leitern muß ein Widerstand angenommen werden, welchen die materiellen Teilchen selbst den elektrischen Flüssigkeiten in ihrer Fortbewegung zum Behuf ihrer Ausgleichung mit ihren Gegensätzen entgegenstellen.“ Das Ohmsche Gesetz selbst fand nur zögernd Eingang. „Neuerdings hat man angefangen, die Wichtigkeit des durch Ohm aufgestellten Gesetzes gebührend anzuerkennen . . .“ (Ebenda Bd. 11, 1845.) „Außer diesen allgemeinen Bestimmungen bemühten sich die Physiker andauernd, die Gesetze der elektrischen Leitung und, was damit innig verbunden ist, des dieselbe hindernden Widerstandes genauer aufzuführen.“ Die Zitate zeigen eindeutig, daß der „Widerstand“ jederzeit eine durchaus anschauliche Note getragen hat.

[5]) Wovon die Größe des Widerstandes abhängt, ist dabei noch nicht festgelegt; man kann die Abhängigkeit von Länge und Querschnitt aus der mechanischen Analogie (Wasserstrom) jedoch schon vermuten.

rechtigte Anwendung des inzwischen gewonnenen Begriffes zu einer Aussage, wie sie in entsprechender Form auch auf anderen Gebieten vielfach vorkommt (z. B.: Je größer die Masse eines Körpers, um so geringer seine Beschleunigung usw.). Wollte man Derartiges als unerlaubt betrachten, so würde man die Verständigungsmöglichkeit überhaupt unterbinden, zumindestens aber ganz ungemein erschweren.

6) Ich halte Festlegungen der Richtung des funktionalen Zusammenhanges, der durch „je — desto"-Sätze ausgedrückt wird, für äußerst wichtig. Sie vermitteln eine unmittelbare Schau der Zusammenhänge und bieten die Grundlage für ein Vertrautwerden mit den physikalischen Erscheinungen, während demgegenüber das quantitativ formulierte Gesetz vom Lernenden allzuleicht als Rechenregel gehandhabt wird. Fragt man ihn, nachdem ihm zuvor das formulierte Ohmsche Gesetz beigebracht wurde: „Wie verhält sich die Stromstärke, wenn die Spannung wächst", so ist sicher, daß er sich erst die Formel vergegenwärtigt und daraus auf Grund seiner elementar mathematischen Kenntnisse folgert, daß die Stromstärke größer wird, wenn die Spannung größer wird. Die unmittelbare Einsicht in den Vorgang ist ihm durch die Kenntnis der Formel eher verwehrt als erleichtert; das ändert sich erst bei langer Übung durch dauernden Gebrauch, wie sie der Physiker oder Techniker erwirbt. Jedenfalls halte ich die anschauliche Einführung des Begriffes Widerstand nicht nur für einwandfrei, sondern für den Unterricht unentbehrlich.

Selbstverständlich wird man nicht bei dem gewonnenen Ergebnis stehenbleiben, sondern die Zusammenhänge anschließend quantitativ klären müssen. Da noch kein Maß des Widerstandes festgelegt ist, bleibt nichts anderes übrig, als den Zusammenhang von Stromstärke und Spannung zu untersuchen. Man findet bei gleichem Leitungsdraht (unter den üblichen Vorsichtsmaßregeln) $U/J = k$; das ist das Ohmsche Gesetz, welches bekanntlich Proportionalität zwischen Strom und Spannung aussagt.

Ohm selbst hat sich auf dem Wege zu seinem Gesetz sehr stark von der Anschauung leiten lassen. Die Analogie zum Wasserstrom wurde weitgehend herangezogen (z. B. Spannungsdifferenz = Gefälle).

Die Aufstellung des Ohmschen Gesetzes ist vom Begriff „Widerstand" zunächst (auch historisch) völlig unabhängig. Es hätte vielleicht die Form haben können $U^{c_1} = a \cdot J^{c_2} + b \cdot J$ oder sonstwie. Es wäre in dem Falle unmöglich gewesen, aus diesem Gesetz den Widerstand auf einfache Art und Weise festzulegen, der Begriff Widerstand würde dann ohne genauere physikalische Festlegung weiterbestehen oder willkürlich definiert werden müssen.

Da das Strom-Spannungsgesetz aber nun glücklicherweise so einfach ist, liegt es nahe, es zur genaueren Festlegung des Widerstandes zu benutzen. „Wie für die Geschwindigkeit kein eigenes Grundmaß aufgestellt zu werden braucht, wenn Raum- und Zeitmaß gegeben sind, so braucht auch kein eigenes Grundmaß für den galvanischen Leitungswiderstand aufgestellt zu werden, wenn Maße für die elektromotorische Kraft und für die Stromintensität gegeben sind. Man kann dann nämlich denjenigen Widerstand zur Maßeinheit nehmen, welchen ein geschlossener Leiter besitzt, in welchem die Maßeinheit der elektromotorischen Kraft die Maßeinheit der Stromintensität hervorbringt." (W. Weber, Pogg. Ann. Bd. 82, 1851.)

Man erkennt also, daß k als Maß der Eigenschaft Widerstand gelten kann. Es ist geschickt und hat sich bewährt, so vorzugehen. Der Widerstand ist dann gekennzeichnet durch eine Maßzahl — die Proportionalitätskonstante — und eine Einheit (Volt/Ampere = Ohm). Er stellt in der Gleichung eine physikalische Größe vor (laut Normblatt 1313 gekennzeichnet als symbolisches Produkt aus Maßzahl und Einheit). Nunmehr ist der Begriff auch physikalisch exakt erfaßt.

Wenn dagegen ein Anhänger des formalen Definitionsverfahrens glaubt, auf die vorhergehende anschauliche Begriffsbildung verzichten zu können, so irrt er. Wie bringt er es denn fertig, den kalten und nichtssagenden Proportionalitätsfaktor überhaupt mit dem von stärkster Anschauung getragenen Wort Widerstand zu benennen, wenn er nicht vorher schon eine Anschauung vom Wesen des Widerstandes hat?

(Das Parallelbeispiel verläuft nicht anders. Durch Messung ergibt sich $P/b = m$; die Größe m ist ein brauchbares Maß für die Eigenschaft des Körpers, die man zuvor

Trägheit genannt hat. Nunmehr wird auch die physikalische Größe m als Trägheit oder Masse bezeichnet. Auch hier wäre das unmöglich, wenn zuvor nicht schon die Anschauung vorgearbeitet hätte.)

Der Weg der echten wissenschaftlichen Forschung ist nie anders gewesen. Vor quantitativen Formulierungen standen erschaute Begriffe, und es ist gerade die Stärke des arischen Forschers, aus dieser Schau der Zusammenhänge heraus zu schaffen.

8· Wie sehr die mechanischen Vorstellungen übrigens berechtigt sind, beweist z. B. folgende Darstellung aus dem wissenschaftlichen Schrifttum: „Das Ohmsche Gesetz gehört im Grunde genommen mehr in die Mechanik als in die Elektrizitätslehre hinein. Es gilt nur dann, wenn die Zahl der frei beweglichen geladenen Teilchen pro Kubikzentimeter wie es in einem elektrischen Leiter der Fall ist, sich nicht mit der Stromdichte ändert. Wenn in einem Leiter die Stromdichte zunimmt, so kann das nur dadurch geschehen, daß die Geschwindigkeit der freien Elektrizitätsträger (Ionen oder Elektronen) zunimmt, und zwar ist die Stromstärke der Geschwindigkeit einfach proportional. Der Reibungswiderstand, den die Elektrizitätsträger sowohl in den flüssigen wie auch in den festen metallischen Leitern finden, folgt nun mit sehr großer Genauigkeit dem aus der Mechanik bekannten POISEUILLEschen Gesetz: er ist der Geschwindigkeit der Teilchen genau proportional. Folglich muß die elektrische Feldstärke oder das elektrische Potentialgefälle, und damit die Kraft auf die geladenen Teilchen, welche dem Reibungswiderstand das Gleichgewicht hält, ebenfalls der Geschwindigkeit, d. h. der Stromstärke, proportional sein." (G. MIE: Handbuch der Experimentalphysik, Bd. XI, 1, S. 73, 1932.)

9) Es scheint mir angebracht, das heute im Schulunterricht übliche experimentelle Vorgehen einmal eingehender zu beleuchten. Bei dem Versuch der experimentellen Ableitung des Gesetzes erlebt nämlich der Ahnungslose eine große Enttäuschung. Er spannt einen Eisendraht aus oder nimmt eine Glühlampe und findet, daß die Stromstärke sich keineswegs verdoppelt, wenn die Spannung verdoppelt wird. Der gewiegte Physiker nimmt deshalb einen Konstantandraht und — wenn seine Meßgeräte nicht allzu genau zeigen — erhält er wirklich Verdopplung der Stromstärke bei Verdopplung der Spannung. Der gläubige Schüler soll nun laut Autorität des Lehrers davon überzeugt sein, daß das Gesetz allgemeine Gültigkeit hat, obgleich es beim Eisendraht, der Glühlampe, dem Heizwiderstand des Bügeleisens oder Tauchsieders glatt versagt und nur bei dem aus unerfindlichen Gründen gewählten Konstantandraht einigermaßen gilt. Dem Schüler ist bei der Sache gar nicht wohl und dem Lehrer meist auch nicht. Ihr Gefühl trügt sie nicht. Der experimentelle Beweis ist nämlich erschlichen.

Betrachten wir die Sache einmal unvoreingenommen: Die Abhängigkeit zweier Größen E und J voneinander soll untersucht werden. Dann müssen alle anderen Veränderlichen währenddessen konstant gehalten werden. Das ist eine Grundweisheit bei allen Messungen. Zu diesen Veränderlichen gehört die Temperatur. Ohne diese Vorbedingung zu beachten, darf man den Versuch, das Gesetz zu finden, gar nicht wagen, wenn man keinen grundsätzlichen Fehler begehen will.

Man untersuche deshalb die Abhängigkeit U von J ruhig zunächst mit dem Eisendraht (0,3 mm Ø). Das Ergebnis ist in Kennlinie I Abbildung 1 eingetragen. Bläst man während des Versuches mit dem Fön den Draht an, so steigt die Stromstärke. Die Temperaturveränderung, die durch den Strom selbst verursacht wird, ist mithin tatsächlich von Einfluß: Kennlinie II ist aufgenommen, während der Draht durch Anblasen gekühlt wurde.

Nunmehr macht man die Kühlung vollständiger, indem man den Draht in eine mit destilliertem Wasser gefüllte Röhre bringt (U-Rohr, der Versuch ist höchst einfach) und erhält Kennlinie III (Abbildung 1). Je besser also der Bedingung der Temperaturkonstanz genügt wird, um so mehr nähert sich die Kurve einer Geraden. Man kann daraus mit Recht folgern, daß bei genauer Temperaturkonstanz das Gesetz lautet: $U/J = \text{konst.}$

Ganz entsprechend geht man ja in der Physik in vielen anderen Fällen vor, z. B.: Ein auf dem Asphalt der Straße gleitender Körper verliert schnell seine Geschwindigkeit, auf Eis dagegen gleitet er sehr weit; oder ein Rad mit großer

Achsreibung kommt schneller zum Stillstand; je besser es geschmiert ist, um so länger läuft es. Je geringer also die Reibung, um so geringer der Geschwindigkeitsverlust. Daraus entnimmt man das Grenzgesetz: Ein Körper behält seine Geschwindigkeit bei, wenn er sich reibungs- und kräftefrei bewegt. Oder ein anderes Beispiel: Eine Feder folgt dem Fallgesetz um so besser, je luftverdünnter der Fallraum ist; daraus folgt: Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell.

Nun erkennt man ein Weiteres. Die Aussage: Spannung und Strom sind bei gleichem Leitungsdraht einander proportional, ist unvollständig, es fehlt der Zusatz: „bei unveränderter Temperatur des Leiters“. (Genau so unvollständig ist: „Alle Körper fallen gleich schnell“. Vergessen ist der Zusatz: „im luftleeren Raum“.) Wenn man diesen Zusatz der Kürze halber auch nicht immer macht, so muß man sich seiner doch wenigstens bewußt sein. Das Ohmsche Gesetz gilt — wie man dann sieht — aber nicht für einen engeren Bereich. Das ist eine grobe Verkennung der Sachlage. Daß es bei jedem metallischen Leiter für den ganzen Bereich der Stromstärke gilt — d. h. für alle Stromdichten — ist eine der wesentlichsten wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Stromleitung in Metallen[6]) und durch sorgfältigste Versuche, angefangen von MAXWELL bis zur heutigen Zeit, erwiesen[7]). Allerdings erfordert die Konstanthaltung der Temperatur bei diesen Versuchen eine erhebliche Experimentierkunst.

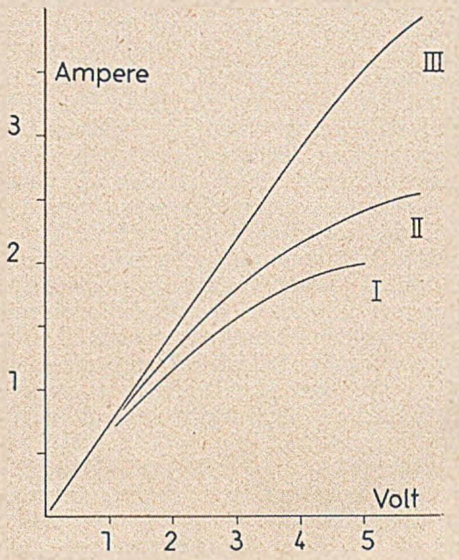


Abb. 1. Abhängigkeit zwischen Strom und Spannung für einen Eisendraht. Kennlinie I in Luft; II bei Kühlung durch Anblasen mit dem Fön; III bei Kühlung mit destilliertem Wasser. Je besser die Temperaturkonstanz, um so mehr nähert sich die Kennlinie einer Geraden.

Bei jeder Temperatur ergibt die Stromspannungsabhängigkeit also eine Gerade. (Das Geradenbüschel geht durch den Nullpunkt des Achsenkreuzes.) Das berechtigt dazu, die Berechnung des Widerstandes R_T bei der betreffenden Temperatur in jedem Fall ohne weiteres durch $U/J = R_T$ vorzunehmen. Diese Definitionsgleichung darf mithin beliebig für jeden Punkt des Geradenbüschels angewandt werden, mithin auch dann, wenn die Temperatur sich während der Messung geändert hat, man also von einer Geraden auf die andere übergegangen ist.

Anders das Ohmsche Gesetz: Wird für Unverändertheit der Temperatur nicht gesorgt, so läßt es sich nicht anwenden, genau so wenig, wie das Fallgesetz auf einen in Luft fallenden Körper. In gewissen Fällen ist die Abweichung aber so gering, daß man sie praktisch vernachlässigen und mit der Annäherung zufrieden sein kann; so z. B. bei ausgesuchten Meßwiderständen innerhalb der vorgeschriebenen Strombelastungsgrenzen — genau wie die Abweichung vom Fallgesetz bei der fallenden Bleikugel innerhalb einer gewissen Geschwindigkeitsgrenze zu vernachlässigen ist.

Das praktische Anwendungsgebiet des Ohmschen Gesetzes ist also ein überaus beschränktes. In fast allen praktischen Fällen kann von Proportionalität zwischen Strom und Spannung keine Rede sein (z. B. Glühlampen).

Dagegen ist die Definitionsgleichung $R = U/J$ unbeschränkt anwendbar und wird in Physik und Technik auch überaus häufig benutzt, um eine der Größen aus

6) Grundsätzlich ungültig ist das Ohmsche Gesetz in Leitern, bei denen sich mit der Stromdichte die Trägerzahl ändert (wie z. B. bei den selbständigen Gasentladungen: Lichtbogen, Glimmentladung usw.). Man hält aber nach dem Prinzip der Kontinuität die Definition des Widerstandes auch jetzt noch unter den notwendigen Einschränkungen bei.

7) Neuere Versuche haben eine winzige Abweichung nachgewiesen.

den beiden anderen zu berechnen. Viele meinen dabei — getäuscht durch die äußere Ähnlichkeit — das Ohmsche Gesetz anzuwenden; daher wohl auch der Glaube an seine umfassende Rolle in der Elektrotechnik.

Daß Ohmsches Gesetz und Definitionsgleichung also als etwas Verschiedenes zu gelten haben, geht aus den vorstehenden Ausführungen hervor; das ist auch an vielen anderen Stellen klar ausgesprochen. Ich nenne G. MIE: Handbuch der Experimentalphysik, Bd. XI, 1, S. 71, R. W. POHL und ebenfalls die genannte Veröffentlichung von G. HEUSSEL. In der Praxis wird — wie gesagt — aber der Unterschied kaum gemacht. Die Definitionsgleichung wird unbesehen als Ohmsches Gesetz bezeichnet. Ich glaube, es geht dort auch nicht anders. Zwischen Wissenschaft und Praxis steht nun der Schulunterricht. Den Unterschied zwischen Ohmschem Gesetz und Definitionsgleichung dem Schüler der Mittelstufe klarzumachen, ist von vornherein aussichtslos. POSKE hat sehr wohl gewußt, warum er ihn verwischte, und ein Teil der heutigen Lehrbücher folgt seinem Beispiel nicht ohne Grund.

Man hat zu bedenken, daß die 5. Klasse die Aufgabe hat, den Schüler mit den elektrischen Grunderscheinungen bekannt zu machen und in Vorgänge und Gesetze des Stromkreises einzuführen. Auf dieser Klassenstufe hat der Schüler für Definitionsstrenge und letzte Sauberkeit des Entwicklungsweges noch keinerlei Verständnis, sondern er will einen möglichst anschaulichen und unmittelbaren Einblick gewinnen. Damit steht er auf einem sehr gesunden Standpunkt den Naturerscheinungen gegenüber.

Wenn sich schon P. VOLKMANN und POSKE[8]), um nur das ältere Schrifttum herauszugreifen, nicht darüber einig werden konnten, ob bei der üblichen unterrichtlichen Einführung des Widerstandsbegriffes eine gedankliche Unsauberkeit oder ein Zirkelschluß vorhanden sei, so muß doch sehr bezweifelt werden, ob in der eventuellen Vermeidung dieses Zirkelschlusses überhaupt ein unterrichtlicher Vorteil erblickt werden kann. Im Vordergrund steht vielmehr die Frage: Wie werden dem Schüler die Zusammenhänge zwischen Strom — Spannung — Widerstand am besten klar?

Nun soll damit das bisherige unterrichtliche Vorgehen nicht unbedingt verewigt werden. Es ist sehr wohl möglich, die Bezeichnung „Ohmsches Gesetz" enger zu fassen. Der unterrichtliche Weg läßt sich dann zusammenfassend so skizzieren: Der Begriff Widerstand wird anschaulich eingeführt. Nachdem man das Ohmsche Gesetz abgeleitet hat (aber experimentell richtig), wird damit die Einheit des Widerstandes festgelegt. Es wird ferner vereinbart, daß der Widerstand stets aus der „Strom-Spannungs-Widerstands-Formel" $U/J = R$ berechnet wird. Alles Weitere geht wie üblich.

Festgehalten aber muß auf jeden Fall der Grundsatz werden: Erst anschauliche Einführung des Widerstandsbegriffes und Erfassung der Zusammenhänge — dann Ohmsches Gesetz.

Bemerkung

zu den Ausführungen von TIEDEMANN (Heft 6, S. 135).

Zu den Ausführungen von TIEDEMANN möchte ich bemerken, daß eine Umkehrung der Stromrichtung unter gleichzeitiger Änderung von Feldrichtungen usw. selbstverständlich jederzeit möglich ist. Ich glaube nicht, daß es darüber einen Zweifel gibt, zumal das erwähnte Lehrbuch von R. W. POHL, das in vielen Dingen die Schulphysik grundlegend beeinflußt hat, ein Beispiel dafür gibt. Nicht mit Rücksicht auf Wissenschaft und Praxis habe ich zum Schluß meiner kurzen Ausführungen die Notwendigkeit der vorläufigen Beibehaltung der festgelegten Richtung im Schulunterricht — gegen meinen eigenen Wunsch — festgestellt, sondern aus der Erkenntnis heraus, daß Einheitlichkeit herrschen muß und die Schule in diesen Dingen schwerlich einen Sonderweg gehen kann. O. BRANDT.

[8]) Vergleiche G. HEUSSEL a. a. O.

Bücherbesprechungen.

Geppert, Harald, und Siegfried Koller, Erbmathematik, Theorie der Vererbung in Bevölkerung und Sippe. 228 S. Quelle & Meyer, Leipzig 1938. Geb. 18 RM.

Unter den mannigfachen Neuerscheinungen über mathematische Erblichkeitslehre steht dieses gründliche Werk an erster Stelle. Es begnügt sich nicht damit, eine Einführung in die mathematischen Grundlagen, in den Wahrscheinlichkeitscharakter der Vererbung zu geben, sondern es sucht und findet neue biologische und mathematische Forschungsmethoden, um so einen besseren Einblick in die Dynamik der Bevölkerungsgestaltung zu ermöglichen.

Dabei bildet biologisch einen wesentlichen Anteil die Erfassung der Blutgruppen und mathematisch die sehr praktische Erweiterung der Sprache des Kalküls, wie sie bislang in der Literatur nicht bekannt sind. So nur ist es möglich, die erbliche Struktur der Bevölkerung im allgemeinen, der Auslese und Sippe im besonderen zu verfolgen und die Lebensbilanzen zahlenmäßig zu erfassen, so nur ist es möglich, das heutige Ziel der Bevölkerungspolitik mathematisch zu begründen.

Düsseldorf. G. Wolff.

Hölder, Helmut, Grenzfragen naturwissenschaftlicher Forschung. Ein Beitrag zur Grenzüberschreitung empirischer Methodik, gestützt auf Goethes Naturforschung und einige Beispiele aus der Gegenwart. 46 Seiten. Verlag F. Enke, Stuttgart 1941. 16. Heft der Tübinger naturwissenschaftlichen Abhandlungen.

Die kleine Abhandlung berührt eine brennende Frage im augenblicklichen Zustand unserer biologischen Publikationen, nämlich jene nach der Grenzüberschreitung empirischer Methodik von der intuitiv-hypothetischen Seite her. Daß eine solche Überschreitung notwendig und fruchtbringend sein kann, beweist Hölder am Beispiel von Goethes Forschungsweise. Auf festem Grund steht dann auch seine vorsichtige und feinfühlende Begründung für eine Kritik an den Schriften und der Arbeitsweise Dacqués, die wir wohl anerkennen können. Auch seine Stellungnahme zu Wegeners Kontinentalverschiebungslehre, die sich als treffliches Beispiel für die Wirksamkeit von Hölders Formulierungen erweist, ist gerecht.

Dr. Dittrich, Bayreuth.

Pilgrim, E., Chemie überall, Chemie. 290 S. Leipzig und Berlin, (Teubner) 1940. Geb. 7,50 RM.

„Das Buch soll auf viele Fragen des täglichen Lebens, die das Gebiet der Chemie berühren, Antwort geben." Inhaltsübersicht: Chemie rund um die Morgenstunde. Frühstück, vom Waschen und Putzen, Metalle im Haushalt, Nahrungsstoffe, Mineralstoffe, Vitamine, Nahrungsmittel und Gewürze, Alkoholische Genußmittel, Stoffwechsel, Leuchtgas, Zellstoff, Gerberei, Tinten, Kunststoffe, Farbstoffe, Heilmittel, Riechstoffe, Glas, Porzellan und Tonwaren, Klebemittel, Film und Phototechnik, Verwertung des Mülls, Chemische Kampfstoffe. Die Art der Darbietung ist erzählend, die chemische Formelsprache wird fast nicht benutzt. Es geht dem Verfasser in seinen Darlegungen vor allem um das Sachlich-Gegenständliche des chemischen Schaffens. Der Leser findet in dem Buch eine Unmenge Angaben über technische Erzeugnisse und Verfahren, er wird unterrichtet über physiologisch-chemische Fragen, wie auch über die Anwendung der chemischen Erkenntnisse im Haushalt. Dabei sind durchweg die neuesten Ergebnisse berücksichtigt. Der Verfasser wendet sich an einen weitgezogenen Leserkreis und will auch für den Laien verständlich sein. Ob das bei Lesern, denen jede chemische Schulung fehlt, möglich ist, muß bezweifelt werden. Die Atomlehre ist kaum auf einer knappen Seite dem Unkundigen näher zu bringen. Nicht eingehend erläuterte Begriffe wie „hochmolekulare Fettsäuren", „hydrierte Naphthaline", „Rösten", „Reduktion", „Alkohole", „Aldehyd- und Ketongruppe", „Reihe der Paraffine", „homologe Reihe", „Silikatgemisch", „organische Chlor- und Bromverbindungen", „Chlorarsenverbindungen", um nur einige herauszugreifen, sagen schließlich nur dem etwas, der schon einige chemische Vorkenntnisse mitbringt, dem wirklichen Laien müssen sie unverständlich bleiben.

Daß in einer so vielseitigen Darstellung auch hier und da kleine Fehler unterlaufen, ist wohl nicht zu vermeiden. S. 6 u. Stearin statt Tristearin, S. 13 u. im Harn soll nach dem Verf. nicht Harnstoff, sondern Harnsäure enthalten sein, S. 13 u. Harnstoff wird aus $CO_2 + NH_3$ und nicht aus „Kohlenoxyd" und NH_3 gewonnen, S. 51 u. Soda ist nicht in allen Seifen enthalten, S. 63 M. Magnesia ist MgO nicht $Mg(OH)_2$, S. 65 metallisches Eisen kommt doch gelegentlich auf der Erde vor, zum Beispiel im Basalt vom Bühl bei Kassel (bis 1 kg), im Basalt der Insel Disko, Grönland (größter bekannter Block 25 t), S. 66 o. Rost muß als Eisenhydroxyd, nicht als „Eisenoxyd" bezeichnet werden, S. 93 Definition der Härte: 1° d. H. entspricht 1 mg CaO oder der äquivalenten Menge MgO, nicht „1 g CaO oder MgO", S. 93 M. Magnesiumbikarbonat, S. 93 die Angabe, daß Permutit ein Wasserreinigungsmittel ist, das im Überschuß angewendet werden kann, ist mißverständlich, S. 239 u. „Glas ist hergestellt aus Quarzsand, Kohle, Pottasche, Kalk", heute für Massenware Natrongläser, S. 267 Grünkreuzkampfstoffe sollen „nicht" durch ihren Geruch auffallen, einige Zeilen später ist der Geruch als Warnmittel angegeben.

Dem interessierten Schüler kann das Buch zur Lektüre empfohlen werden. Es ist geeignet, ihm mancherlei Anregungen zu geben und ihm vielerlei Fragen zu beantworten, die der Unterricht nur streifen kann. FLÖRKE.

Hahn, Amandus, Grundzüge der Lehre vom Stoffwechsel und der Ernährung. 68 S. mit 1 Abb. und 14 Tabellen. Stuttgart, Ferdinand Enke. Geh. 4,— RM.

Dieser kurze Abriß der Stoffwechsellehre beschränkt sich im wesentlichen auf die Darstellung des Nahrungsbedarfs und der Nahrungsauswahl. Ein verhältnismäßig großer Raum ist den Vitaminen gewidmet. Das Heft kann wegen seiner Tabellen und seiner Versuchsbeschreibungen als eine brauchbare Ergänzung der bekannten Lehrbücher der Physiologie verwendet werden.

Hamburg-Volksdorf. FRANCK.

Remy, Heinrich, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 1. Band, zweite, neubearbeitete Auflage. XXII u. 806 S. mit 102 Abb. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.

Das breit angelegte Werk, das nicht zur Einführung in die Chemie bestimmt ist, sondern bei einer vertieften Ausbildung als Werkzeug dienen soll, ist schon in seiner ersten Auflage auch als zuverlässiges Nachschlagebuch des beruflich tätigen Chemikers bewertet worden. Es zeichnet sich bekanntlich durch eine sehr ausführliche Behandlung der chemischen Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen aus und ergänzt diese Abschnitte durch eine gründliche Darstellung der Lehre vom Stoffaufbau, d. h. des Periodischen Systems, der Bohrschen Theorie, der Valenzlehre, des Kristallbaus, der Koordinationslehre. Hoffentlich können Autor und Verlag auch bald den zweiten Band herausbringen, der die Elemente der Nebengruppen des Periodischen Systems und die Radioaktivität zum Gegenstand haben wird.

Hamburg-Volksdorf. FRANCK.

Georges-Schnaubert, Wörterbuch der Kraftfahrt. Quelle & Meyer, Leipzig 1938. 398 S.

Dieses als Nachschlagewerk gedachte, unter Mitarbeit eines Offiziers der Panzertruppe verfaßte Buch wird nicht nur allen Kraftfahrern willkommen sein, die sich über Mängel am Fahrzeug oder unbekannte Begriffe aufklären wollen, sondern auch dem Lehrer der Physik wertvolle Dienste leisten können. Es ist mit vielen, sehr anschaulichen Abbildungen ausgestattet und sehr übersichtlich gestaltet. HAHN.

Schaffer, Dr. F. X., Lehrbuch der Geologie. III. Teil: Geologische Länderkunde. [Regionale Geologie. Zehnte u. elfte (Schlußlieferung) Lieferung.] F. Deuticke, Wien 1940 u. 1941. Geh. RM. 6,— u. RM. 10,—.

Diese beiden Lieferungen bilden den Schluß des verdienstvollen Werkes, in dem der Verf. sich bemüht hat, ein anschauliches und sachlich begründetes Bild der geologischen Landschaften der Erde in knappster Form zu zeichnen. Sie enthalten den letzten Großabschnitt „Der Nearktische Kontinent“ (S. 867—1037) mit den Unterabschnitten Grönland, das nearktische Epeirogon und seine Faltenzonen und Mittelamerika. Auch in diesen beiden Lieferungen sind zahlreiche Abbildungen und geologische Skizzen und Profile als wertvolle Stützen für das Verständnis des Textes eingeschaltet. Der Verf. hat auch in den vorliegenden Lieferungen Stellung zu allen Fragen, die noch strittig sind und der letzten Klärung harren, genommen, manchmal nur durch ein Fragezeichen. Zusammenfassend sei noch mitgeteilt, daß der Verf. folgende Großformen unterscheidet: 1. Pazifisches Gebiet, 2. Australisches Epeirogon, 3. Antarktisches Epeirogon, 4. Afrasisches Epeirogon, 5. Südatlantik, 6. Südamerika, 7. Archeuropa, 8. Uralische Rinne, 9. Kaledonisches Orogon, 10. Eurafrische Geosynklinale, 11. Asiatischer Bau, 12. Nordatlantisches Gebiet und 13. Nearktischer Kontinent. Die Schlußlieferung enthält ein Ortsverzeichnis (S. 1038—1111). Wir danken dem Verf. für den nun vollständig gewordenen dritten Teil seines Lehrbuches der Geologie, von dessen erstem und zweitem Teil bereits die dritten Auflagen vorliegen.

Frankfurt a. d. O. F. KNIERIEM.

Beringer, Carl Christoph, Paläobiologie. Bewegung, Umwelt und Gestalt fossiler Tiere. 60 Abb., 61 S. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1939. Geh. RM. 4,40.

Das inhaltlich reich mit trefflichen Abbildungen ausgestattete Büchlein soll eine Übersicht über die Paläobiologie für Geologen, Mineralogen, Biologen usw. geben. Der Einteilungsgrundsatz ist ein ökologischer — damit ist eine weise Beschränkung auf charakteristische Formen gegeben, der stammesgeschichtliche Aufbau ist dem geschulten Leser sowieso geläufig —; dementsprechend teilt der Verf. nach Bewegungsarten und ihnen gemäßen Lebensformen im marinen und festländischen Raum ein. Im marinen Raum bleibt er bei der üblichen Einteilung in Benthos, Plankton und Nekton, im festländischen Raum unterscheidet er die an den Boden gebundenen von den fliegenden Tieren.

Das Büchlein gibt einen genügend umfassenden Überblick über die Paläo-Ökologie, der bisher fehlte, in ungemein gründlicher, alle Umweltbeziehungen nach Möglichkeit erfassender Darstellungsweise. DITTRICH.

Graf, Ulrich, Darstellende Geometrie. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Quelle & Meyer, Leipzig 1940. 204 S. Geb. 4,— RM.

Die erste Auflage dieses schönen Werkchens wurde in dieser Zeitschrift 1938, S. 333 besprochen. In der neuen Auflage ist vieles noch lebensvoller gestaltet, die Zahl der Abbildungen und der behandelten Gegenstände ist beträchtlich vermehrt, viele Abbildungen sind noch günstiger angelegt und durchgeführt und auch der Text hat viele Erweiterungen erfahren. Nach wie vor ist das Buch wärmstens zu empfehlen.

Dresden. KERST.

Klute, F., Handbuch der geographischen Wissenschaft. Potsdam, Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion m. b. H. — Deutsches Reich, erster Halbband von B. Brandt, W. Volz, K. Brüning, W. Hartke und A. Burchard. 370 S. mit 251 Abb. und 20 Tafeln.

Dieser Band umfaßt die erste Hälfte der Darstellung des Deutschen Reiches, und zwar mitten in die gewaltigen Schritte, die zur Schaffung und Sicherung des Großdeutschen Reiches führen. Zunächst behandelt B. BRANDT als Einleitung Europa als Erdteil (S. 1—60), in dem der bekannte Sachstoff geschickt zusammengestellt wird. Über manche Fragen, so zum Beispiel „Die Neuordnung Europas durch das Diktat der Siegerstaaten nach dem Weltkrieg", die mit wenigen nichtssagenden Zeilen abgetan wird, hätte man gern einige grundsätzliche Ausführungen gehabt. Die allgemeine Grundlegung für die Betrachtung des Deutschen Reiches wird von W. VOLZ (S. 61—181) gegeben. Sie geschieht noch nach dem staatlichen Rahmen des Deutschen Reiches vor der Heimkehr der Ostmark. Besonders wertvoll in diesem Gesamtabschnitt sind die Abschnitte, in denen sich der Verf. mit dem deutschen Osten und seinen Fragen beschäftigt. In einem weiteren Abschnitt (S. 182—185) „Die Landschaften des Deutschen Reiches und die Freie Stadt Danzig" (Zustand vor Beginn des Krieges) gibt W. VOLZ einen Aufriß für die Gliederung, die folgende Großabschnitte vorsieht: A. Das Tiefland des Nordens, B. Das Mittelgebirgsland und C. Das Hochgebirge. Auch diese Gliederung hat an den Randgebieten zum Teil nur noch historische Bedeutung, deshalb soll auf Einzelheiten hier nicht eingegangen werden. Im vorliegenden Bande werden von Sachkennern die Teile des Tieflandes des Nordens behandelt, und zwar das Niedersächsische Land, Schleswig-Holstein und Hamburg, Mecklenburg von K. BRÜNING, Pommern, die Freie Stadt Danzig, Ostpreußen und das Memelland von W. HARTKE, Brandenburg von A. BURCHARD (†). Ein umfangreiches Schrifttumsverzeichnis (S. 362—369) beschließt den Band, der genau wie die übrigen Bände mit vorzüglichen Abbildungen und Tafeln ausgestattet ist.

Frankfurt a. d. O. FR. KNIERIEM.

J. J. von Littrow, Die Wunder des Himmels. Zehnte Auflage, zugleich Jubiläumsausgabe, vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. FRIEDRICH BECKER, Observator der Universitätssternwarte zu Bonn. VIII + 579 S. mit 277 Abb. und einer farbigen Tafel. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn und Berlin. Geb. RM. 8,80.

Diese 1938 erschienene 10. Auflage des berühmten Werkes ist insofern eine Jubiläumsausgabe, als sie der ersten Auflage nach rund hundert Jahren folgt. Prof. Dr. BECKER hat es ausgezeichnet verstanden, den allgemein verständlichen, fesselnden Ton beizubehalten, der dem Buch in hundert Jahren zahllose Freunde gewann. Es darf auch in dieser neuen Fassung als eine Glanzleistung deutscher Arbeit bezeichnet werden, indem es strengste Wissenschaftlichkeit mit Allgemeinverständlichkeit in mustergültiger Weise vereinigt. Alle Abschnitte sind auf den neuesten Stand der Wissenschaft gebracht durch Ergänzungen, Streichungen und Umgestaltungen. Vor allem mußten der 2. Abschnitt, Die Physik der Gestirne und der Bau des Weltalls, und der 4. Abschnitt, Die Hilfsmittel der Astronomie, völlig neu geschrieben werden. Die reiche Ausstattung mit guten Bildern ist erneuert und vielfältig ergänzt worden. Auch in dieser neuen Ausgabe entspricht die Darstellung dem Grundgedanken LITTROWS, daß „die eigentliche Schönheit der Astronomie ... weder in gedankenlosem Anstaunen des Himmels noch in trockenem, chronikenmäßigem Aufzählen seiner Wunder, sondern daß sie in dem Nachdenken über diese Wunder besteht". So bleibt „Littrow" auch fernerhin ein Stolz deutschen Buchschaffens.

Dresden. KERST.

Mahler, G., und K., Physikalische Formelsammlung. Siebente, verbesserte Auflage. 152 S. mit 69 Fig. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1941 (Sammlung Göschen Bd. 136). Geb. RM. 1,62.

Die seit langem beliebte Formelsammlung ist den Fortschritten der Wissenschaft angepaßt. Bei den Bezeichnungen sind die Vorschriften des Normenausschusses berücksichtigt, vermeidbare Fremdwörter sind verdeutscht, die Zahlenwerte von Konstanten verbessert und einige Abschnitte eingefügt worden.

Dresden. KERST.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Pierersche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür.

Abhandlungen.

Rubingläser und Kolloidlehre.

Von BERNHARD MÜLLER in Markt-Oberdorf †.

Rubingläser bewundern wir wegen ihrer kräftig leuchtenden roten Farben an Kirchenfenstern und farbigen Verglasungen an Profanbauten. Auch aus wertvolleren Vasen, Schalen und Trinkgefäßen aus Glas blinkt oft prächtiges Rubinrot.

Kupferrubinglas war schon den Römern bekannt. Das echte oder Goldrubinglas wurde am Anfang des 17. Jahrhunderts von LIBAVIUS und NERI entdeckt und von KUNKEL im Jahre 1679 eingehend beschrieben. Dazu gesellt sich neuerdings das Selen-Rubinglas mit seinem eigenartigen Rosalinrot.

Die Rubingläser haben das Gemeinsame, daß das geschmolzene und das schnell abgekühlte Glas die gewünschte Farbe noch nicht aufweist, daß vielmehr das Rubinrot erst beim wiederholten Anwärmen des Glases auf dunkle Rotglut, beim sogenannten Anlaufenlassen sich entwickelt.

Über das Wesen der Rubinfärbung haben erst die Untersuchungen von SIEDENTOPF und ZSIGMONDY um die Jahrhundertwende Aufklärung verschafft. Schon FARADAY, dem wir äußerst gründliche, unverständlicherweise über 40 Jahre lang vollständig in Vergessenheit geratene Untersuchungen über kolloide Goldpräparate verdanken, schloß, daß die rote Farbe des Rubinglases von allerfeinst ausgeschiedenen Goldteilchen herrühre, da man einen hellen Lichtkegel erhält, wenn man mittels einer Sammellinse ein vollkommen durchsichtiges Rubinglas mit Sonnenstrahlen beleuchtet, ähnlich wie durch einen seitlich einfallenden Sonnenstrahl die Staubteilchen in der Luft oder im Wasser zum Vorschein kommen. Man bezeichnet den Lichtkegel, den man in sonst klar erscheinender Substanz durch einseitige Beleuchtung mit einem Scheinwerfer erhält, dem Erforscher feinster Trübungen zu Ehren Tyndallkegel, die Erscheinung selbst als Tyndalltrübung. SIEDENTOPF und ZSIGMONDY untersuchten mit ihrem Ultramikroskop, also unter Anwendung seitlicher Belichtung, kolloide Goldlösung und Goldrubinglas. Es zeigte sich, daß in beiden Fällen leuchtende Sternchen auf dunklem Untergrunde, das sind die Goldpartikelchen, erschienen. Im Rubinglas ist also kolloides Gold enthalten. Im geschmolzenen Glase sind die gelösten Goldteilchen so klein, daß sie, was allgemein für echte Lösungen gilt, weder durch das Mikroskop noch durch das Ultramikroskop erkennbar sind. Kühlt man das Glas schnell ab, so bilden sich zwar Keime elementaren Goldes, diese bleiben aber infolge der größer werdenden inneren Reibung des Glases immer noch amikroskopisch, d. h. sie können nicht einmal im Ultramikroskop sichtbar gemacht werden. Der größte Teil des Goldes bildet eine übersättigte Lösung. Erwärmt man nun das Glas wieder bis zum Erweichen, so daß die innere Reibung herabgemindert wird, so scheidet sich das gelöste Gold nach und nach an den Goldkeimen ab, so daß diese submikroskopisch werden, d. h. so groß sind, daß sie im Ultramikroskop erscheinen, und die rote Farbe tritt auf. Die Teilchen haben jetzt die Größe des kolloiden Gebietes (0,1 μ—1 $\mu\mu$). Ist der Schmelzprozeß, die Abkühlung und das Anlaufenlassen (Wiederanwärmen) nicht richtig geleitet, so treten die Goldteilchen zu noch größeren zusammenhängenden Komplexen zusammen, welche oft schon mit unbewaffnetem Auge zu sehen sind, und das Glas erscheint trübe, „lebrig". Wir haben jetzt den Übergang vom kolloiden Gebiet zu den Suspensionen.

Die Rubingläser sind ein Beispiel dafür, daß nicht nur kompliziert zusammengesetzte Stoffe wie Leim (gr. colla), sondern auch Metalle, also Elemente, Kolloide bilden können, ferner dafür, daß für diese die Größenordnung der Teilchen maßgebend ist, weshalb man besser von einem kolloiden Zustand der Materie spricht.

Das Auftreten der prachtvoll roten Färbung der Rubingläser beim Anlaufenlassen zeigt besonders anschaulich, wie man von der echten Lösung ausgehend durch Wachsenlassen der Teilchen eine kolloide Lösung erhalten kann. Dieses ist der Fall bei der praktischen Anwendung von Rubinglaszapfen oder -stangen, die farblos (Kristallglas-) bis gelblich oder nur schwach rosa gefärbt in den Handel kommen, zur Herstellung von Überfanggläsern, bei denen das ungefärbte Grundglas mit einer Schicht farbigen Glases, in unserem Fall Rubinglas, überzogen ist. Damit vom Glaszapfen sich die benötigte Menge Glas abtrennen und zur Überfangschicht ausbreiten läßt, muß er bis zum Zähflüssigwerden erhitzt werden, und hierbei erscheint die tiefrote Farbe. Auch bei Arbeiten von Glasbläsern an der Lampe, welche gelegentlich in Schulen und auf Jahrmärkten bei Herstellung von Christbaumschmuck, zierlichen Glasvasen usw. ihre Kunst zeigen, kann man des öfteren das Anlaufen von Rubinglas verfolgen.

Der umgekehrte Vorgang, also das Wiederverschwinden des kolloiden Zustandes, zeigt folgender Versuch: Ein Splitter eines Kupferrubinglases, z. B. von einer roten Glasscheibe, wird in einer Glasröhre erhitzt und beim Erweichen mit dieser zu einem dünnen Faden ausgezogen. Die rote Farbe verschwindet, d. h. die ursprünglich kolloiden Kupferteilchen sind derart klein zerfallen, daß sie keine kräftige Färbung mehr hervorrufen können.

Wird derselbe Versuch mit einem Goldrubinsplitter von einem geschliffenen Weinglase oder einem angelassenen Goldrubinglaszapfen angestellt, so verschwindet die rote Färbung nicht. Gold löst sich bei dieser Temperatur nicht so leicht molekular. Auf diese Weise läßt sich Gold- und Kupferrubinglas unterscheiden. (Ein ziemlich wenig bekannter Nachweis.)

Auf eine Eigentümlichkeit der farbigen Kolloide, die gerade bei den Rubingläsern besonders auffallend ist, sei noch hingewiesen, daß nämlich die Farbkraft oder Farbintensität im kolloiden Zerteilungsgrad der Substanz am größten ist, daß die Farbkraft ihr Maximum im kolloiden Gebiet hat. $^1/_{100000}$ Gold des Gewichtes von dem Glassatze, d. h. dem Gemenge der Rohmaterialien, färbt schön rosa, $^1/_{50000}$ intensiv rot. Mit dem tiefen Rot der kolloiden Goldlösung vergleiche man die schwach-gelbe Farbe einer Goldsalzlösung, also einer echten oder molekularen Lösung!

Ein weiteres Beispiel für die Färbung von Gläsern durch kolloide Metalle bildet der „Silberrubin", das „Kunst- oder Silbergelb der Alten", das uns an den durchsichtigen, prächtig gelbleuchtenden Kirchenfenstern und an feurig-goldgelben Weingläsern entzückt. Es verdankt seine Wirkung kolloidem Silber. Im Gegensatz zum leichtflüssigen Bleiglas lassen sich Alkalikalkgläser durch Silber in der Masse nicht gleichmäßig färben, da dieses die hohen Hitzegrade, welche diese Glasgattungen beanspruchen, nicht verträgt und sich zumeist metallisch ausscheidet. Man wendet daher hier nicht das Anlaufverfahren, sondern die sogenannte Gelbätze oder Lasur zum Färben der Oberfläche des Glases an. Es handelt sich hierbei aber auch nicht um ein Aufschmelzen einer Silberverbindung, sondern um ein oberflächliches Eindringen derselben in das Glas mit Zerfall zu kolloidem Silber und dadurch bedingte Gelbfärbung.

Dieses technische Verfahren läßt sich leicht in folgendem, meines Wissens in keinem Experimentierbuche beschriebenen Schau- oder Übungsversuche nachmachen, der also auch im Unterricht die Erzeugung von kolloidem Silber im Glase und hiermit die Gelbfärbung desselben zeigen läßt: 10 g eines indifferenten weißen Pulvers, z. B. ausgeglühten und fein geriebenen Kaolins, werden je nach der Glassorte mit 1—2 g Silberchlorid gut vermengt und mit Wasser und einer geringen Menge Gummiarabicumlösung zu einem dünnen malfähigen Brei verrührt. Mit diesem wird das Innere eines Reagierglases (R.-Gl.) ausgegossen. Nach dem Trocknen erhitzt man das R.-Gl. langsam und gleichmäßig auf beginnende dunkle Rotglut, so lange nämlich, bis sich das Glas schön gelb färbt, was noch deutlicher in der Durchsicht sich zeigt, wenn nach dem Erkalten des Glases die aufgetragene Mischung abgewaschen wird. Je nach der Zeitdauer und Höhe der einwirkenden Hitze und namentlich je nach dem Silbergehalt der aufgetragenen Mischung erhält man verschiedene Farbtöne von Gelbgrün bis zum tiefen Rotbraun. Somit ermöglicht dieser Versuch auch im chemischen Unterricht einmal Glas mit einem Metall kolloid zu färben und zweitens mit einem und demselben Elemente verschiedene Färbungen hervorzurufen, die Mannigfaltigkeit der Färbung gerade im kolloiden Gebiet zu zeigen. Statt innen kann das R.-Gl. auch außen mit dem Chlorsilber-Kaolin-Gemenge überstrichen werden. In diesem Falle kommt es aber zuweilen vor, daß sich infolge Einwirkung reduzierender Flammengase stellenweise metallisch glänzendes Silber auf dem Glase abscheidet. Das kolloide gelb färbende Silber erhält man aber auch bei dieser Anordnung. Praktischerweise läßt man beim Aufstreichen der Mischung einen schmalen Längsstreifen des Glases frei, um durch denselben im Verlaufe des Versuches das Auftreten und Fortschreiten der Gelbfärbung des Glases beobachten zu können. Während in der Technik als indifferentes Pulver ausgeglühte gelbe Erde, Ton oder Eisenoxyd verwendet wird, empfiehlt sich beim Unterrichtsversuch weißer Kaolin, welcher das Auftreten der gelben Färbung besser beobachten läßt. Statt Chlorsilber kann auch Silberoxyd oder Schwefelsilber genommen werden.

Bei chemischen Arbeiten kann ab und zu, wenn auch nicht so klar und durchsichtig wie bei dem beschriebenen Versuch, unbeabsichtigt dieselbe durch kolloides Silber bewirkte Gelbfärbung des R.-Gl. auftreten, wenn darin eine Silberverbindung auf Rotglut erhitzt wird.

Über die Anfänge der darstellenden Geometrie.

Von Georg Wolff in Düsseldorf.

Wenn man die bisherigen Schilderungen[1]) der Geschichte der darstellenden Geometrie im engeren Sinne, also der Entwicklung der Orthogonalprojektion, vergleicht, so findet man, daß sie alle von dem berühmten römischen Baumeister Vitruv ausgehen, der im ersten Jahrhundert v. Ztw. lebte, und der ein weitverbreitetes Werk, „De Architectura"[2]) schrieb. Im zweiten Kapitel des ersten Buches spricht Vitruv von den damals üblichen Darstellungsmethoden, und er nennt: den Grundriß (Ichnographia), den Aufriß (Orthographia) und die Perspektive (Scenographia). Leider sind uns römische Belege der drei Projektionsarten nicht überkommen. Aber Chr. Wiener[1]) berichtet auf S. 6 (Bd. I) von Aufrißzeichnungen des ägyptischen Tempels zu Deudera, die in ein quadratisches Netz eingetragen waren. Sie stammen aus dem 1. Jahrh. v. Ztw.

Vorgeschichte.

In Wirklichkeit können wir noch viel weiter zurückgehen. Es ist ein großes Verdienst der Jetztzeit, uns gezeigt zu haben, daß nicht die hohe Gelehrsamkeit allein die Kultur vorgetrieben hat, sondern daß der praktische Sinn, den die Angewandten Wissenschaften besitzen, das seine auch getan hat. Aus diesem Gesichtspunkt heraus pflegen wir heute auch die Vorgeschichte und die sehr stark vernachlässigte Geschichte der Angewandten Mathematik. Allerdings muß es bedauert werden, daß die meisten Arbeiten, die die Mathematik in der Vorgeschichte behandeln, erst mit der Ornamentik anfangen, also mit einer Zeit, die bereits eine Geometrisierung der Kunst erstrebt hat. Von einzelnen Beispielen[3]) abgesehen, beginnt der geometrische Formwille erst in der Mittelsteinzeit (10000 bis 5000). Die Frage ist nun: Wie bildete sich das geometrische Vorstellungsvermögen vorher heran? Mit Rücksicht auf den vorgeschriebenen Raum seien aus der Fülle der Höhlenzeichnungen zwei Beispiele herausgegriffen.

In unserer mathematischen Sprache gesprochen, ist der Elefant (Abb. 1) in Aufrißprojektion dargestellt, wobei es sich natürlich der frühen Kulturzeit entsprechend (100000 bis 10000 v. Ztw.) nicht um eine exakte Konstruktion, sondern um eine freiere Gestaltung handelt. Wir sehen nur zwei Beine, weil die dahinterliegenden verdeckt sind, wir sehen deutlich die Umrißlinien des ganzen Körpers.

---

[1]) Chr. Wiener, Lehrbuch der darstellenden Geometrie I, S. 5. B. G. Teubner, Leipzig. — Theodor Schmid, Darstellende Geometrie I, 220. Walter de Gruyter u. Co., Berlin 1919.

[2]) Neuere Ausgabe von J. Prestel, Straßburg 1914. Der Bildverlag in Essen hat vor zwei Jahren eine illustrierte Ausgabe verlegt.

[3]) Die ernsthafte Arbeit von Kurt Vogel, Die Mathematik in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. 13. Semesterbericht des Math. Seminars in Münster i. Westf. 1938/39. Außerdem geben folgende Werke Anregung: W. Otto, Handbuch der Archäologie, C. H. Beck, München, S. 1937/38, u. A. Scharff, Grundzüge der ägyptischen Vorgeschichte. J. C. Hinrichs, Leipzig 1927.

Vergleichen wir damit Abb. 2, so liegt hier eine Schrägprojektion vor. Abgesehen davon, daß die „Ausmalung" in diesem Falle etwas gründlicher vorgenommen worden ist, was schon darauf hinweist, daß der Zeichner gut beobachtet hat, sehen wir jetzt alle vier Beine, die zwei Hörner und eine stärkere Herausarbeitung des räumlich erscheinenden Körpers.

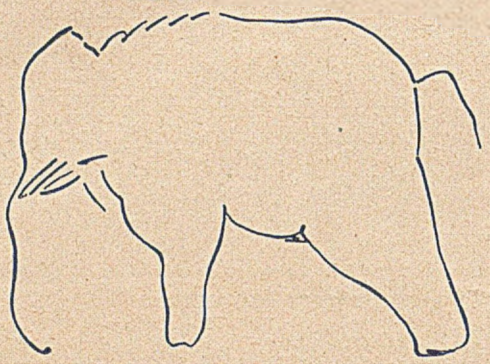


Abb. 1. Elefantenzeichnung aus der Höhle Castillo in Nordspanien (Kantabrien, Prov. Santander).

Der Fortschritt der Darstellungsart der Abb. 2 gegenüber der Abb. 1 ist deutlich zu erkennen. Bei der Sichtung des Steinzeitmaterials findet man zwischen den angedeuteten Stufen auch noch Zwischendarstellungen. So zeigt der bekannte Bison aus der Dordogne nur zwei Beine, aber beide Hörner, er ist also nicht durch die Beobachtung, sondern als Erinnerungsbild entstanden. Es liegt eine gemischte Projektionsgestaltung vor.

Bei der weiteren Sichtung des vorgeschichtlichen Bildmaterials erkennt man bald den künstlerischen Einschlag in dem Bestreben, die Tierwelt nicht in Ruhe, sondern in Bewegung darzubieten. Die nächsten Entwicklungsstufen sind gekennzeichnet durch die Stichworte: Darstellung des Menschen, Herstellung und Bemalung keramischer Gefäße, Gefühl für Symmetrie und damit Entwicklung der axialen und sogar der zentrischen Symmetrie. Mit dem Eintritt in die Bronzezeit (2000—1000 v. Ztw.) und die Eisenzeit (1000—500 v. Ztw.) folgt die Darstellung des Wagens (Abb. 3) und damit eine Verquickung des Sehens in Frontalstellung und in Bodensicht oder mit anderen Worten des Aufrisses und des Grundrisses.

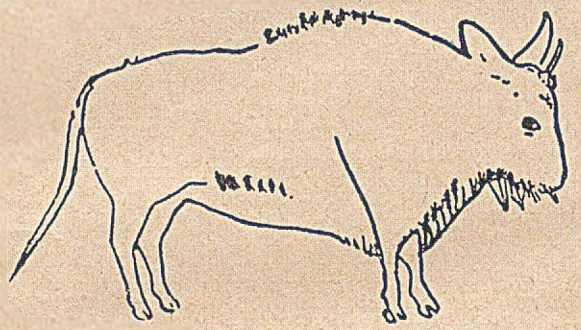


Abb. 2. Zeichnung eines Bison aus der Höhle Altamira in Nordspanien, Prov. Santander.

Wir sehen also einwandfrei, daß die Grundrißprojektion erst viel später auftritt als die Aufrißprojektion. Diese Tatsache ist von hoher pädagogischer Bedeutung. Will der Unterricht sich in natürlichen Bahnen bewegen, so muß er sich dem biogenetischen Grundgesetz beugen. Es darf demnach der Unterricht der

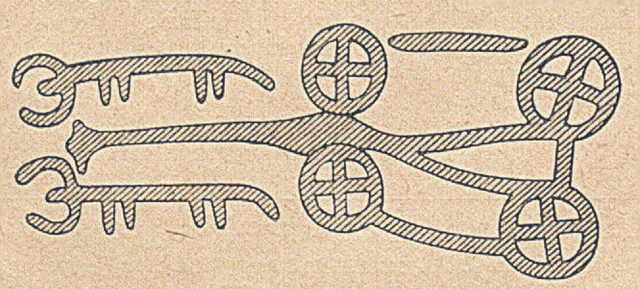


Abb. 3. Darstellung eines Wagens mit zwei Ochsen aus der Bronzezeit. Felszeichnung aus Rished in Schweden.

darstellenden Geometrie nicht mit dem Grundriß, sondern er muß mit dem leichter erfaßbaren Aufriß beginnen[4]).

Ägypten.

Eine ganz entsprechende Entwicklung kann man in Ägypten verfolgen. Eine besonders gründliche Untersuchung der Mittelsteinzeit (10000 bis 5000 v. Ztw.) und der Jungsteinzeit (5000 bis 2000 v. Ztw.) der ägyptischen Archäologie, die auch dem Mathematiker Anregungen für Ornamente und andere Studien geben kann, hat der bekannte Forscher Flinders Petrie in The Making of Egypt, London, The Sheldon Press 1939, durchgeführt.

Knüpfen wir nun in Ägypten an die Zeit an, die der Abb. 3 entspricht. Historisch interessiert uns also die Zeit des sogenannten Neuen Reiches (1555—712), in welcher Bilder von der Art der Abb. 4 entstanden sind. Es stellt einen rechteckig geformten Teich dar, um welchen Dattelpalmen stehen. Wir sehen den Teich von der Längsseite. Zwei kleinere Palmen stehen vor dem Teich, drei größere stehen dahinter.

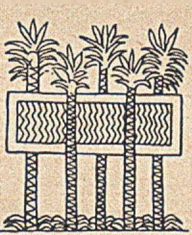


Abb. 4. Ein von Dattelpalmen umgebener Teich. Ägypten, Neues Reich.

In der Sprache der Projektionslehre bedeutet also diese künstlerische Darstellung: die Bäume sind im Aufriß, der Teich ist im Grundriß dargestellt. Man wußte noch nicht, wie man die beiden Sehbilder miteinander zu verknüpfen hatte.

Ein weiteres Beispiel finden wir in einer Werkzeichnung[5]). Es kam darauf an, nach einer Zeichnung einen Altar herzustellen. Erhalten ist noch der Aufriß und der Seitenriß (Abb. 5) auf Papyrus, und zwar sind beide in rote Gitternetze eingezeichnet, die darauf hinweisen, daß sie zeichnerisch zusammenhängend hergestellt sind, so daß der Schreiner wirklich nach ihr arbeiten konnte.

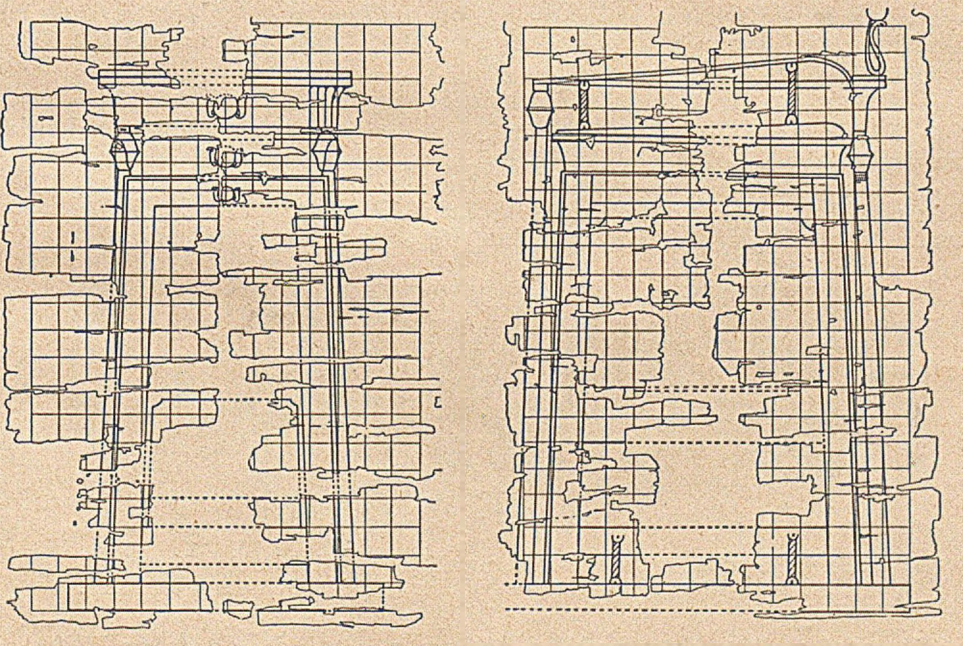


Abb. 5. Aufriß und Seitenriß eines tragbaren Altars. Ägypten, Neues Reich. (1555—1350 v. Ztw.)

[4]) Vgl. hierzu Ubl. 1937, S. 335/336. Besprechung des Buches von Balser.

[5]) Aufsatz von Flinders Petrie, Ancient Egypt (British School of Archaeology in Egypt). Macmillan and Co., London 1926, S. 24. — Clarke-Engelbach, Ancient Egyptian Masonry, Oxford University Press, 1930.

Nachdem wir oben bereits auf die Werkzeichnung hinwiesen, die CHR. WIENER erwähnt, und die etwa 1400 Jahre jünger ist als die der Abb. 5, erhellt nunmehr, daß die Methode der Orthogonalprojektion in Ägypten vom Handwerker bestimmt von etwa 1500 v. Ztw. ab gepflegt worden ist. Man darf wohl auch annehmen, daß diese Zeichnungen maßstäblich hergestellt worden sind.

Nicht immer haben die Werkpläne auf Papyrus, diesen seltenen, teueren und daher wertvollen Papierstoff, gezeichnet werden können, vor allem dann nicht, wenn es sich um Architekturentwürfe handelte. Über eine solche Zeichnung berichtet der berühmte deutsche Ägyptologe LUDWIG BORCHARDT in Bd. 34 der Ztschr. f. ägypt. Sprache und Altertumskunde S. 69ff., die deshalb so bemerkenswert ist, als wir hier nicht nur den Aufriß, sondern auch den Grundriß vorliegen haben.

Es handelt sich um den Isistempel auf der bekannten Nilinsel Philae. Zu diesem Tempel führt ein turmartiges Haupttor, das Pylon genannt wird. Als BORCHARDT den Ostturm dieses Pylons kunsthistorisch untersuchte, fand er in die Mauer eingeritzt Linien und Teile von konzentrischen Kreisen, von denen sich herausstellte, daß die Nordostecke den Aufriß, die Südostecke den Grundriß einer Säule, insbesondere des Schaftes und des Kapitells, enthielt.

BORCHARDT sagt dazu S. 71 unten: „Daß er dies oben auf dem Pylon tat, mag darin seinen Grund haben, daß er von dort aus seinen Bauplatz am besten übersehen konnte, wie die Plattform des Pylons noch heute wieder ein beliebter Platz für uns war, um von dort die lässigen Arbeiter bei den Ausgrabungen zu kontrollieren.

Diese uns hier entgegentretende Art des Einritzens von Zeichnungen in natürlicher Größe war dem ägyptischen Baumeister etwas ganz Alltägliches. Hat er doch alle seine Tempelgrundrisse, wie die Ausgrabungen in Philae deutlich zeigen, vor dem Beginn des Baues in Naturgröße auf dem Pflaster, da wo die Mauer hinkommen sollte, aufgerissen, so daß es uns heute möglich ist, mit absoluter Sicherheit Grundrisse von Tempeln festzustellen, von denen kein Stein mehr sich auf den Fundamenten befindet.“

BORCHARDT hat diese Architektenzeichnung auf 150 v. Ztw. datiert.

Die Mastaba- und Pyramidenbauten des alten und des mittleren Reiches wurden im Neuen Reich (1555 bis 712) nicht mehr fortgesetzt. Die Könige suchten sich jetzt abgelegene Gegenden für ihre einfacher gehaltenen Grabstätten aus. In dem Königstal bei Theben fand man den Grundriß des Grabes von Ramses IX. (um 1050 v. Ztw.) eingeritzt in Kalkstein (Abb. 6). Man nimmt an, daß diese Maßstab-

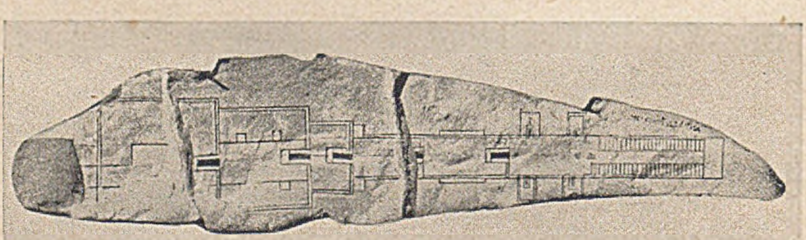


Abb. 6. Grundriß des Grabes von Ramses IX. Auf Kalkstein (etwa 70 cm lang) im Tal der Könige bei Theben gefunden. Jetzt im Museum in Kairo.

zeichnung dem Baumeister und den Polieren während des Baues zur Verfügung gestanden hat. Der Grundplan ist außerordentlich gut durchgeführt. Die Randlinien sind in rot eingezeichnet, dazwischen die Fläche ist in weiß angelegt. Die Türpfosten und die Schwellen der Türe sind gelb hervorgehoben.

Nun besitzt die ägyptologische Abteilung unserer Berliner Museen unter P 11775 noch Reste einer Zeichnung einer Sphinx (Abb. 7), und zwar den größten

Teil des Aufrisses A, den ganzen Grundriß B und den Beginn des Seitenrisses C. Der andere Teil dieses interessanten Papyrus ist leider verloren gegangen[6]).

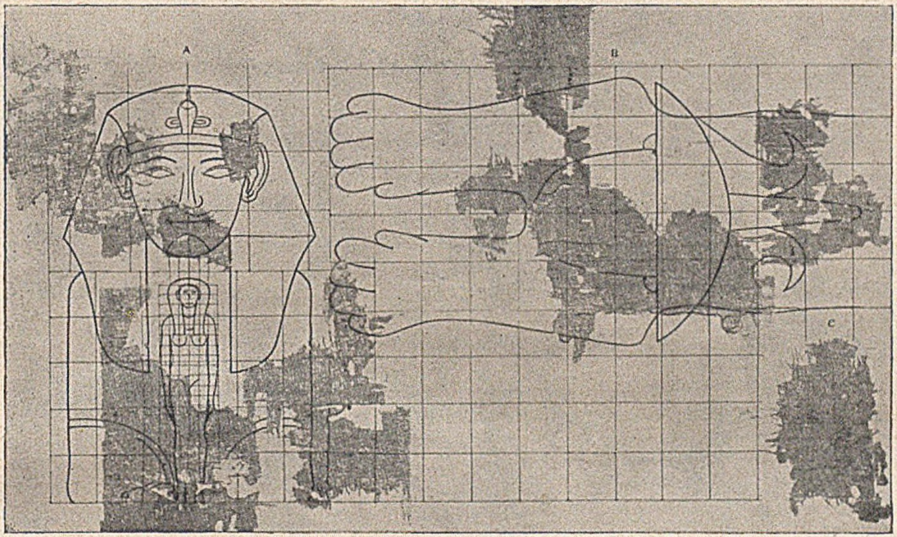


Abb. 7. Die Zeichnung einer Sphinx in Aufriß, Grundriß und einem Teil des Seitenrisses aus der ptolemäischen Zeit in Ägypten. (323—221 v. Ztw.)

Wir sehen, daß die Risse in Quadratnetze eingezeichnet sind. Die größte Einheit hat das Quadrat am Königskopf, die kleinste bei der Konstruktion der Göttin unter dem Kinn des Königskopfes. Hingegen ist für die Darstellung des Körpers des ruhenden Löwen die gleiche Quadrateinheit gewählt worden.

Um einen Begriff von den fehlenden Teilen zu bekommen, wird uns die Abb. 8 gute Dienste tun können, die eine andere Sphinx mit einem anderen Königskopf darstellt. Wir erkennen, daß der Aufriß der Tatzen des Löwen fehlt; da wir wissen, daß der bei C beginnende Seitenriß Spuren der Darstellung der Tatze enthält, so muß er an dieser Stelle angesetzt und sich nach rechts angeschlossen haben.

Abb. 8. Eine Sphinx aus Ägypten.

Was soll nun diese geheimnisvolle Rißdarstellung der ägyptischen Sphinx? Sie zeigt insofern die große Anschauungskraft der Ägypter, als die Bildhauer diese drei Bilder benutzten, um sich daraus die Sphinx zu meißeln, eine Leistung, die größte Beachtung verdient. Man hat nämlich sorgfältig geglättete Steinblöcke gefunden, auf denen die Quadratnetze verzeichnet waren, in die Risse nach Art der Abb. 7 aufgenommen worden sind. Man fand außerdem darin die Umrisse der drei Seitenansichten des betreffenden Körpers, der plastisch gestaltet werden sollte. Es war nun die Aufgabe des Künstlers, aus dieser Werkstattzeichnung ohne vorgesetztes Modell die Plastik zu schaffen.

Die Kunsthistoriker haben diese Zeichnung der ptolemäischen Zeit (323 bis 221 v. Ztw.) zugewiesen. Aber wir wissen, daß diese Wächter der Palasteingänge

[6]) Borchardt, Sphinxzeichnung eines ägyptischen Bildhauers. Amtliche Berichte aus den Kgl. Kunsthandlungen. 39. Jahrg., 1917/18, Sp. 105 f. Ebenso die gleichen Berichte 1908/09, Spalte 39—44, Aufsatz von Ranke und Spalte 197f., Aufsatz von Erman.

schon um 4000[7]) v. Ztw. hergestellt worden sind. Leider wissen wir nicht, welche Vorlagen damals die Künstler benutzt haben. Aber bei der Eigenentwicklung Ägyptens und bei der konservativen Art des stolzen Volkes lassen sich hier wie auch an obigen Beispielen Vermutungen äußern, die natürlich keinen apodiktischen Wert besitzen.

Zusammenfassung: Die Anfänge der Projektionsdarstellungen liegen in der Steinzeit. Sie beginnen mit dem Sehen eines Körpers in einer Ebene, und zwar im Aufriß. Später tritt die Grundrißprojektion hinzu.

Bei den Ägyptern kommt zu den zwei Projektionsebenen noch der Seitenriß. Sie arbeiten in ihren Werkzeichnungen mit allen drei Rissen.

Weitere Beispiele ägyptischer Werkzeichnungen.

1. Heinrich Schäfer, Von ägyptischer Kunst. 3. Aufl. J. C. Hinrich, Leipzig 1930. An vielen künstlerischen Zeichnungen, die in diesem Buch abgebildet sind, erkennt man deutlich die Aufrißdarstellung z. B. S. 109, Abb. 37; S. 130, Abb. 83; S. 139, Abb. 96, 98; S. 139 Grundriß von unten usw.
2. Manche Darstellung in reiner oder gemischter Projektionsart findet man in: Clarke-Engelbach, Ancient Egyptian Masonry, Oxford University Press, 1930. Wir nennen: Fig. 51, Fig. 52, Fig. 55, Fig. 57, Fig. 58, Fig. 59, Fig. 60 und Fig. 49.
3. S. Petrie, A Season in Egypt, Tafel 25. Aufriß eines Lilienkapitells.
4. L. Borchardt, Zur Geschichte des Luksortempels. Ztschr. f. ägypt. Sprache u. Altertumskunde, Bd. 34, 1896, S. 122ff. Die Grundrißauftragung für den Maurer ist bis in die 4. Dynastie, also etwa 2600 v. Ztw., zu verfolgen. Zusammenstellung solcher Zeichnungen S. 123 vorletzter Absatz.
5. Brugsch, Über die Weisheit der alten Ägypter. Deutsche Revue, 7. Jahrg. 1882, S. 67.
6. Borcharet, Längen und Richtungen der vier Grundkanten der großen Pyramide von Giseh. Berlin 1926.

Die Verarbeitung des Materials, das in der genannten Literatur zu finden ist, soll einem größeren Aufsatz vorbehalten sein.

Aus der Farbenlehre.

Von Erich Krumm in Offenburg.

Von verschiedenen Seiten her kann ein Zugang zum Verständnis farbiger Lichterscheinungen gesucht und gefunden werden. Maler, Physiologen, Physiker werden vom gleichen Gebiet und gleichen Erscheinungen verschiedene Darstellungen geben. Allerlei hübsche Querverbindungen sind dabei möglich. Im folgenden seien von physikalischer Seite aus einige Erscheinungen in inhaltlicher, experimenteller und methodischer Hinsicht dargestellt. Dieser Stoff eignet sich für den Unterricht, für Schülerübungen und für Arbeitsgemeinschaften.

1. Absorption.

a) Objektive Vorführung. Aufbau nach Abb. 1.

Am bequemsten arbeitet man mit einem großen, geradsichtigen Prisma. Vorbeigehendes Licht wird abgefangen durch ein Stück Pappe mit geeignetem Ausschnitt oder indem man das Prisma in ein Loch eines Autoschlauchstückes einklemmt. Mit der Projektionslinse 5 wird zunächst der Spalt 4 scharf eingestellt und dann wird das Prisma an seinen Platz gerückt. Bei Verwendung eines einfachen Prismas rückt man dieses in seiner Minimumstellung etwas nach der „spitzen Kante" zur Seite, daß man durch Reflexion des Lichtstrahls (ohne Dispersion) auf der „stumpfen Kante" den Spalt scharf einstellen kann. Ist das geschehen, dann kommt das Prisma wieder an seinen Platz vor die Linse, wo es alle Lichtstrahlen fassen kann. Der Spalt wird in wenigen Millimetern Breite in dünnes Blech eingeschnitten. Durch

[7]) Die Sphinx bei den Pyramiden von Giseh gehört dieser Zeit an. Sie ist 57 m lang und 20 m hoch.

Verkantung um eine lotrechte Achse, das heißt Schrägstellung, kann die Spaltbreite in mäßigen Grenzen verringert werden. Der Kondensator ist nur etwa zu zwei Dritteln vom Blech mit Spalt bedeckt. Die zu untersuchenden Farbgläser, Cellophanstücke, „Hauchbilder" usw. befestigt man mittels Wäscheklammer so am Spaltblech, daß noch ein Stückchen des Spaltes unbedeckt bleibt. Mit gefärbten Flüssigkeiten ($KMnO_4$, Chlorophyll, Methylviolett, Indigo, Pikrinsäure, Anilinblau usw.) in Glaströgen zu experimentieren, ist natürlich interessant, lohnt aber die Mühe und Schmiererei nicht.

Auf der Projektionswand erscheint dann: I. die mit bloßem Auge sichtbare Farbsumme, II. die spektrale Zerlegung dieser Farbsumme, III. das Spektrum des weißen, von der Projektionslampe ausgesandten Lichtes. Das letztere bieten wir dem Auge zum Vergleich mit Vorteil gleichzeitig dar, weil unser Auge für objektive Farbbeurteilung wenig tüchtig ist. Wenn es bei dunkeln Gläsern zu hell ist, macht man das freibleibende untere Stück des Spaltes schmaler oder bedeckt nach erster Beobachtung den ganzen Spalt durch die Farbscheibe. Man stelle sich einen geeigneten Satz von absorbierenden Farbscheiben zusammen. Diese hübschen farbigen Darbietungen sind zwar sehr ansprechend und eindringlich. Man muß aber Auge und Schüler zur genauesten Beobachtung zwingen. Das geschieht durch die:

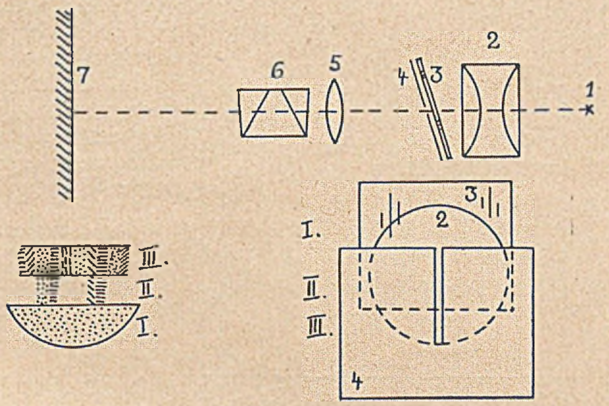


Abb. 1. 1 Lampe; 2 Kondensator; 3 Farbscheibe; 4 Blech mit Spalt; 5 Projektionslinse; 6 (geradsichtiges) Prisma; 7 Projektionswand.

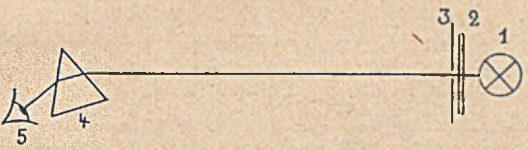


Abb. 2. 1 Mattierte Glühbirne; 2 Farbscheibe; 3 Spalt, in dunkle Pappe geschnitten; 4 Prisma; 5 Auge.

b) Subjektive Vorführung. Aufbau nach Abb. 2 und 3. Auch hier bedecke man zum Vergleich den Spalt nur zu einem Teil.

Methodisch wichtig ist folgendes: Zuerst wird das Spektrum des weißen Lichtes mit möglichst vielen Farbstiften in getreuester Wiedergabe auf weißem Papier nachgemalt. Die Absorptionsspektren der Farbscheiben werden danach an die richtige Stelle darunter gezeichnet (Abb. 4). Vertikale Linien in den einzelnen Farben ermöglichen die Orientierung. Es können nur gleiche Farben untereinander stehen oder Farben fehlen. Wo keine Farbe durchgelassen wird, bleibt das Papier weiß. Besser ist es allerdings: man zeichnet das Weißspektrum über das ganze Papier und dunkelt nach Maßgabe der Absorption mit weichstem Schwarzstift die Farbspektren ab. Auch auf mattschwarzem Papier läßt sich mit guten Farbstiften zeichnen. Erfahrungsgemäß machen die Schüler diese halb spielerische „Erholungsarbeit" recht gerne.

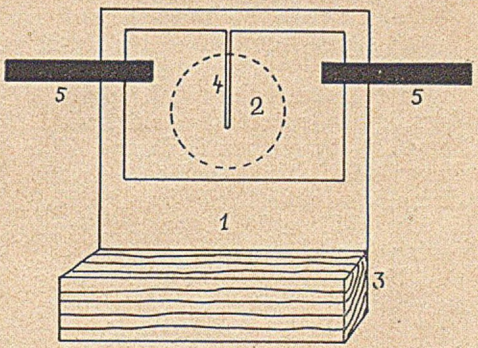


Abb. 3. 1 Pappeständer mit 2 Öffnung und 3 Fuß; 4 Spalt in schwarzem Karton; 5 Wäscheklammern.

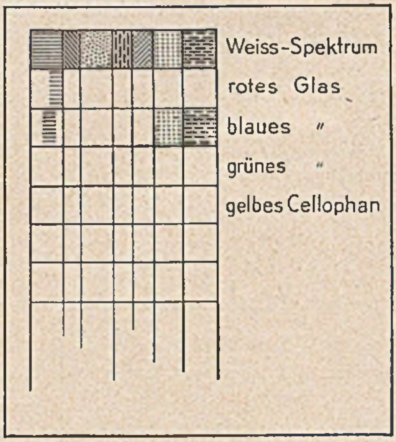


Abb. 4. Die nachgezeichneten Absorptionsspektren.

Ergebnis: Es gibt Ein- und Mehrfarbscheiben. Einfarbscheiben lassen vom ganzen Weißspektrum, also von allen Regenbogenfarben, nur ein mehr oder weniger breites Band einer einzigen Farbe durch und absorbieren alles andere Licht. Mehrfarbscheiben lassen nebeneinander oder getrennt liegende Bänder von Farben durch. Die dem „unbewaffneten" Auge erscheinende (also unzerlegte) Farbe ist die Summe der einzelnen durchgelassenen „Lichter".

2. Subtraktionsfarben.

Versuchsaufbauten wie zuvor. Lege zwei oder mehr Farbscheiben übereinander und beobachte und zeichne die erscheinenden Lichter (Farben)!

Ergebnis. Die von mehreren Scheiben durchgelassene Farbe ist die ihnen gemeinsame durchgelassene Farbe. Zum Beispiel eine Gelbscheibe läßt gelb und grün durch, eine Blauscheibe grün und blau. Beiden gemeinsam ist grün. Also „dieses" Gelb und „dieses" Blau ergeben „Grün" als Subtraktionsfarbe.

Verschiedene Einfarbscheiben lassen kein Licht durch. Blicke durch Gelb- und Blau-Einfarbscheibe nach hellsten Gegenständen! „Dieses" Gelb und „dieses" Blau ergeben nicht Grün!

Aus den vorhandenen farbigen Cellophanblättern wähle man die zu Subtraktionsfarbversuchen geeigneten aus. Nach Art der Diapositive fasse man sie so zwischen Glasplatten, daß sie sich teilweise überdecken. Dann kann man durch Verschieben dieser Farbscheiben nacheinander die Einzelfarben und die Subtraktionsfarbe zeigen. Oder man lege zwei etwa 10 mm breite Farbblätter der Länge nach zum Teil übereinander und fasse sie zwischen Glasplatten. Bringt man diese Streifen quer zum Spalt, dann stehen in spektraler Zerlegung die einzelnen Farbanteile und die Subtraktionsfarbe übereinander. Prisma weg: Erscheinung der Farbsummen für das unbewaffnete Auge.

3. Emission.

a) Objektive Vorführung nach Abb. 5.

An Stelle des durch Glühbirne und Kondensator erleuchteten Spaltes kann man auch unmittelbar und in einfacher Weise eine Einfadenlampe benützen, deren Faden (wie auch der Spalt) durch die Projektionslinse auf der Projektionswand ohne Prisma scharf abgebildet wird. Vor Glüh- bzw. Einfadenlampe liegt ein veränderlicher Widerstand, so daß die Helligkeit von dunkelster Rotglut bis zur hellsten Weißglut gesteigert werden kann.

b) Subjektive Vorführung nach Abb. 2, jedoch ohne Farbscheibe. Statt der Glühlampe kann man auch eine Einfadenlampe verwenden, die von allen Schülern ringsum mittels Prismen betrachtet wird.

Bis zu mäßiger Temperatur kann man auch einen elektrisch geheizten Draht verwenden.

Noch einfacher, freilich auch weniger eindrucksvoll und nur bis zu

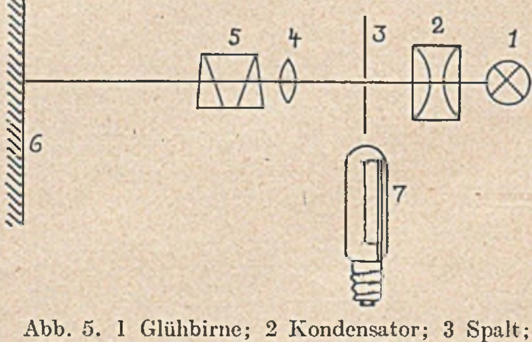


Abb. 5. 1 Glühbirne; 2 Kondensator; 3 Spalt; 4 Projektionslinse; 5 (geradsichtiges) Prisma; 6 Projektionswand; 7 Einfadenlampe.

mäßiger Temperatur reichend ist es, wenn man einen dünnen (Fe-)Draht quer durch die nichtleuchtende Bunsenflamme legt und durch ein Prisma mit horizontalen Kanten beobachtet. Wenn die Flamme bei der Beobachtung von grün und blau stört, schiebt man sie kurz nach der Seite. Die Farbänderungen beim raschen Abkühlen sind sehr eindringlich!

Methodisches: Beobachte und zeichne (wie zuvor) zunächst das Spektrum des Glühfadens bei höchster Temperatur! Verringere dann den Strom stufenweise und zeichne jedesmal das neue Spektrum, bei heller Rotglut, bei mittlerer Rotglut, bei dunkler Rotglut, an der Grenze der Lichtaussendung! Schalte dazwischen immer wieder vollen Strom zum Vergleich der Spektren ein!

Ergebnis. Bei dunkler Rotglut wird fast ausschließlich rotes Licht, sehr wenig gelbes, noch weniger grünes ausgesandt. Bei steigender Temperatur treten die „violettseitigen" Farben neu und stärker hervor, während die „rotseitigen" Farben bleiben.

4. Reflexion.

a) Objektiv. Mit einem kräftigen, lichtstarken Projektionsapparat werfen wir bei breitem Spalt ein möglichst lichthelles, horizontales Spektrum auf die gut reflektierende weiße Projektionswand. In dies Spektrum bringen wir Farbpapiere hinein. Satte, kräftige Farben sind zu bevorzugen. Glanzpapier eignet sich wegen seiner Glanzreflexion weniger. Farbige, matte Plakatpappe hingegen empfiehlt sich sehr. Wir bieten dem Auge wieder Kontrast, indem wir in das obere Drittel zum Beispiel einen roten, in das untere Drittel einen blauen Papierstreifen hineinhalten, während im mittleren Drittel das übliche Spektrum von der weißen Wand leuchtet.

Den besten Eindruck erhält man dann, wenn man 5—7 cm breite Farbpapierstreifen in horizontaler Lage untereinander auf ein großes Stück Pappe aufklebt. Die Anordnung sei so, daß möglichst verschiedenartige Farben benachbart sind. Die Streifen liegen quer durch die Farben des Spektrums. Man vergleiche die reflektierten Farben untereinander und mit den Farben eines zum Vergleich hingehaltenen weißen Pappstreifens.

Man führe ein Stück Pappe, auf die man in wahlloser Anordnung farbige Papierstücke aufgeklebt hat, durch das Spektrum. Führe ebenso bekannte, vorher und nachher im hellen Tageslicht gezeigte sattfarbige Bilder durch das Spektrum und beobachte aufmerksam den Farbwandel!

Ergebnis. Farbpapiere und dergleichen reflektieren vom gesamten auffallenden Licht in der Hauptsache nur ihre Farbe. Benachbarte Farben sind weniger, weiter entfernte Farben sind stärker geschwächt, absorbiert.

Behänge die Wände des möglichst gut verdunkelten Physiksaales mit bunten Bildern, Tafeln, Farbpapieren, Stoffen und stelle solche rings auf dem Experimentiertisch auf! Eine oder mehrere kräftige Na-Flammen stellen wir dadurch her, daß wir die Bunsenflamme kochsalzwassergetränkte Asbestpappe bestreichen lassen. Bei guter Zimmer- oder Scheinwerferbeleuchtung erscheinen uns die Farben ganz natürlich. Licht aus! Die eben noch so „lebensfrohen" Farben sind verschwunden. Zimmer, Farben, die menschliche Haut erscheinen in einer recht beängstigenden „Leichenfarbe". Untersuche im einzelnen die Helligkeitswerte der einzelnen Farben bei Glühlampen- und bei Na-Beleuchtung! Beleuchte die Farbpapiere mit einfarbigem Licht (aus Projektionsapparat mit Einfarbscheibe), mit zweifarbigem Licht, gleichzeitig mit Na-Licht und andersfarbigem Licht aus Projektionslampe mit Einfarbscheibe! Schalte dazwischen immer wieder einen kräftigen Scheinwerfer (100-Watt-Lampe mit Reflektor) an! Beleuchte die Farbpapiere mit allerlei Mehrfarbenscheiben! Ergebnis! Erklärung!

Ergebnis. Bei Na-Beleuchtung leuchtet (reflektiert) von allen Farben nur ihr „Gelbanteil". Nur die beleuchtende Farbe kann reflektiert werden.

Wie traurig, öde wäre eine einfarbige Welt! „Es freue sich, wer da atmet im rosigen Licht!" Wie „farbig" wäre sie erst, wenn das Licht nicht eine Oktave, sondern wie der Schall etwa zehn Oktaven umfassen würde!

b) Subjektiv. Auf Pappe oder ein Reißbrett wird schwarzer Samt aufgesteckt (Abb. 6). In einen grellfarbigen Wollfaden macht man in etwa 20 mm Entfernung zwei Knoten und spannt diesen Faden dann auf dem Samt aus. Ein in der Verlängerung in gleicher Weise ausgespannter weißer Wollfaden bietet dem Auge Vergleichsmöglichkeit. Am hellerleuchteten Fenster, am besten im Sonnenlicht, betrachtet man aus etwa ½ bis 1 m Entfernung die Wollfäden mit „prismenbewaffnetem“ Auge. (Prismenkanten parallel dem Wollfaden!) Zeichne wie oben in richtiger Anordnung untereinander die reflektierten Lichter! Statt der Wollfäden kann man auch schmale Farbpapierstreifen verwenden.

Ergebnis wie oben.

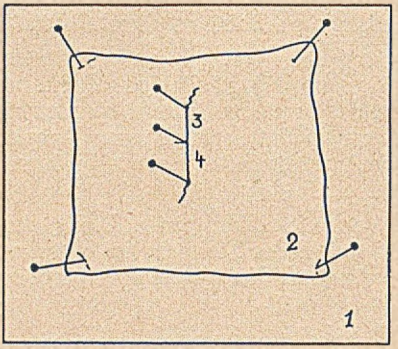


Abb. 6. 1 Pappe oder Reißbrett; 2 schwarzer Samt; 3 farbiger Wollfaden; 4 weißer Wollfaden.

5. Additionsfarben,

objektiv. Aufbau nach Abb. 7.

Die „Keilprojektionslinsen“ holen wir aus einem alten Stereoskop. Die Entfernung der Öffnungen der Doppellochblende 4 sei gerade so groß, daß die Projektionsbilder sich zum Teil überschneiden 7. Die Lichtquelle muß so eingestellt werden, daß die beiden Linsen nur Licht aus „ihrer“ Lochblende erhalten. Untersuche so die Zusammensetzung der Farben der Ein- und Mehrfarbenscheiben!

Ergebnis:

Es treten neue „Additions“-Farben auf.

Über andere Farbmischungen siehe unten.

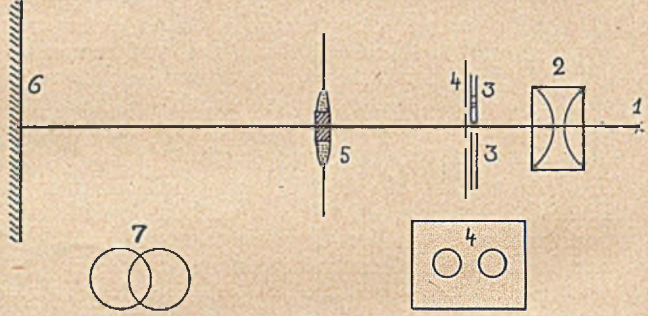


Abb. 7. 1 Projektionslampe; 2 Kondensator; 3 Farbscheiben; 4 Doppellochblende; 5 Keillinsen; 6 Projektionswand; 7 überschneidende Farbkreise.

6. Die Zusammensetzung der Spektralfarben zu Weiß

kann auf recht verschiedene Weise geschehen.

a) Der Farbkreisel ist wenig überzeugend. Bei Tageslicht erhält man nicht Weiß, sondern ein schmutziges Grau mit irgendwelchen Farbtönen. Beleuchtet man „zur Hebung der Wirkung“ den Farbkreisel im dunkeln Zimmer mittels Glühlampe, dann gewinnt der Versuch nicht gerade sehr an Überzeugungskraft. Mit dem Farbkreiselversuch möchte man doch nachweisen, daß alle Spektralfarben zusammen, in rascher Folge dem Auge dargeboten, Weiß ergeben. Auf der Farbscheibe ist aber nicht eine einzige reine Spektralfarbe. Man untersuche einmal einige dieser Farben nach 4b! Verwunderlich ist dann nicht, daß es nicht Weiß ergibt, sondern höchstens, daß trotzdem ein so farbloses Grau auftritt!

b) Mit zwei gleichen Prismen, die mit umgekehrten Kanten aufgestellt werden, ist der Versuch restlos überzeugend und einwandfrei. Das erste Prisma entwirft auf der Wand ein Spektrum. Stellt man das zweite in den Strahlengang, dann erscheint in geradliniger Verlängerung der Lichtstrahlen ein rein weißes Bild des (breiten) Spaltes. Beide Prismen zusammen wirken wie eine planparallele Platte. Geringes Verkanten eines Prismas bringt auch die letzten Reste von farbigen Säumen zum Verschwinden. Der Versuch kann objektiv und subjektiv gemacht werden. Man vergesse nicht die beiden Kontrollversuche: 1. Aufstellung des zweiten Prismas mit gleicher, brechender Kante. Ergebnis: vergrößerte Dispersion. 2. Gekreuzte Stellung des zweiten Prismas unter Verwendung einer Lochblende statt Spalt. Ergebnis: senkrechte Dispersion, ohne daß neue Farben auftreten.

c) Durch eine große Linse kann man alle Farben des Spektrums sammeln. Aber dabei treten farbige Ränder auf, die sehr stören und dem Versuch seine Überzeugungskraft nehmen. Mit dem Aufbau nach Abb. 8 kommt man zum Ziel. Mit der Linse 4 entwirft man über das Prisma 6 ein Spektrum auf einen Schirm, der

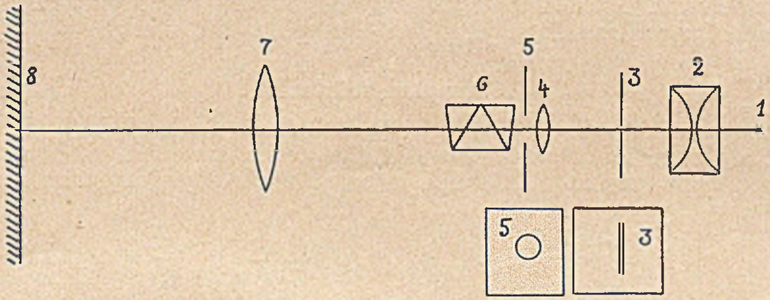


Abb. 8. 1 Projektionslampe; 2 Kondensator; 3 Spalt; 4 Projektionslinse; 5 Kreislochblende; 6 (geradsichtiges) Prisma; 7 große Linse; 8 Projektionswand.

am Ort der Linse 7 steht. Das Spektrum sei nur so groß, daß es die Linse 7 fassen kann. Alsdann projiziert man mit der Linse 7, die gegen den Schirm ausgetauscht wird, die Kreisblende 5 scharf an die Projektionswand. Die einzelnen Entfernungen sind auszuprobieren (und zu notieren!). Obwohl die ganze Linse 7 nur farbige Lichter erhält, ist trotzdem das Bild der Lochblende völlig farbfrei, weiß und bei richtiger Einstellung ohne farbige Ränder.

d) Durch schräge Projektion und Beobachtung kann man ebenfalls die Farben zusammenfassen (Abb. 9). Man entwirft auf die schräge Wand ein schmales Spektrum und betrachtet dieses aus einer Entfernung von mehreren Metern unter möglichst streifendem Lichtaustritt. Wenn der Gesichtswinkel klein genug ist, fallen alle Farben fast an die gleiche Stelle der Retina und das Auge sieht von dort aus Weiß, während es in größerer Entfernung von der Wand alle Farben erkennt. (Nach einer brieflichen Mitteilung von Herrn Dr. Erich Meyer, Bremen.)

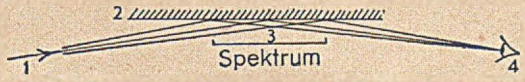


Abb. 9. 1 Lichtstrahlen vom Projektionsapparat; 2 Projektionswand; 3 Breite des Spektrums; 4 Auge.

Diese Art von Beobachtung führt allerdings zu den für Lehrer weniger erfreulichen, für die Schüler aber desto beliebteren „Schülerwanderungen" im Dunkeln! Man umgeht diese unangenehme und zeitraubende Störung durch den Aufbau Abb. 10. Auf dem Drehschemel 2 oder auch einfach auf einem Tisch steht eine völlig ebene Projektionsfläche 1, auf die ein beliebig breites, lichtstarkes Spektrum entworfen wird. Durch Schwenken dieser Projektionsfläche kommt jedes Schülerauge 3 in geeignete Stellung, daß ihm das ganze Spektrum nur noch als helle Linie erscheint.

e) Durch einen Drehspiegel erledigt man die ganze Angelegenheit am allereinfachsten. Die farbigen Lichtstrahlen werden nach dem Prisma erst über einen Drehspiegel zur Projektionswand gelenkt. Bei rasch laufendem Drehspiegel erscheint ein weißes Band da an der Wand, wo der ruhende oder sehr langsam bewegte Drehspiegel ein Spektrum hinwirft. Läßt man das Auge in Drehrichtung rasch über die Wand gleiten, dann sind Farben zu

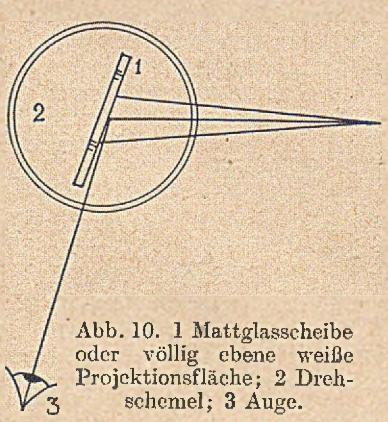


Abb. 10. 1 Mattglasscheibe oder völlig ebene weiße Projektionsfläche; 2 Drehschemel; 3 Auge.

erkennen, läuft es aber entgegen der Drehrichtung, dann treten keine Farben auf. Man vergesse nicht den Kontrollversuch, indem man das Spektrum in seiner Querrichtung, also von unten nach oben, mit liegendem Drehspiegel über die Wand zieht, wobei alle Farben unverändert erhalten bleiben. Bei kleinem Gerät und geeignetem Aufbau kann man auch den Drehspiegel ersparen und den ganzen Projektionsapparat vertikal bzw. horizontal bewegen. Die neue optische Bank der Phywe eignet sich dazu ganz besonders gut. In dieser Aufmachung ist der Versuch am einfachsten, klarsten und eindringlichsten. Über Farbmischungen und Komplementärfarben mittels eines besonderen Drehspiegels erfolgt später Mitteilung.

7. Komplementärfarben.

Aufbau nach Abb. 11, ähnlich dem Aufbau nach Abb. 8. Hinter der großen Projektionslinse 7, auf die das Spektrum geworfen wird und die es ganz fassen kann, nimmt man durch einen schmalen Spiegelstreifen eine einzige

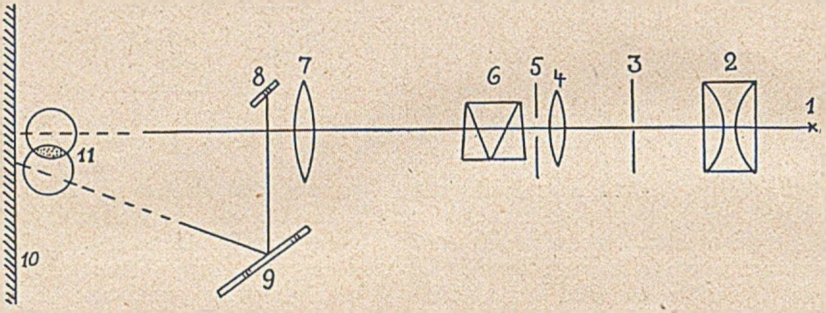


Abb. 11. 1 Projektionslampe; 2 Kondensator; 3 Spalt; 4 Projektionslinse; 5 Kreislochblende; 6 (geradsichtiges) Prisma; 7 große Projektionslinse; 8 kleiner Spiegelstreifen; 9 großer Spiegel; 10 Projektionswand; 11 die sich zum Teil überdeckenden Farbkreise.

Farbe heraus und wirft sie über einen größeren Spiegel 9 so auf die Projektionswand, daß die beiden komplementärfarbigen Kreise sich zum Teil überdecken. Zur Erleichterung der Spiegeleinstellung schaffen wir uns das Gerät der Abb. 12. Eine Holzleiste 1 sitzt beweglich auf einem L-förmigen Draht 2 und trägt einen aufgekitteten Spiegelstreifen 3. Der Draht sitzt unten in einem Bohrloch einer Leiste 4. Durch diese Aufstellung ist der Spiegel 3 seitlich und lotrecht verstellbar. Der große Spiegel 5 sitzt in einem Sägeschnitt der Holzleiste 6, die mittels einer Schraube 7 auf der Leiste 4 schwenkbar befestigt ist. Zieht man nun die Leiste 4, die durch zwei seitliche Leisten geführt wird, hinter der Linse durch das Spektrum, dann wird jeweils nur eine Farbe ausgeblendet und alle übrigen durch die Linse gesammelt. Diese beiden Farben sind Komplementärfarben und ergänzen sich an der Überdeckungsstelle zu Weiß. Daß das Weiß nicht ganz klar ist, hängt von der Lichtabsorption in den Spiegeln und vom größeren Lichtweg ab.

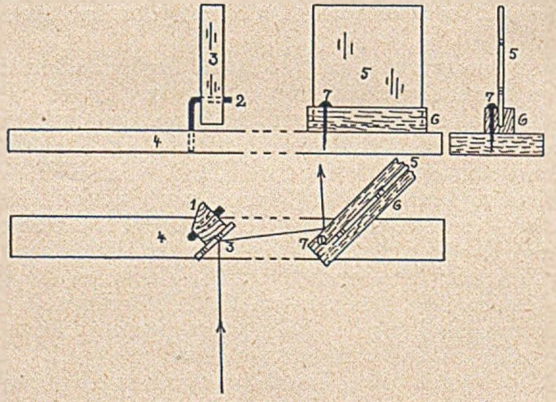


Abb. 12. Erklärung im Text.

Das Farbspiel ist außerordentlich hübsch. Man beachte, daß in einem Kreis Farben auftreten, die im Spektrum nicht vorkommen: „Mischfarben“, z. B.: Purpur, ein eigentümliches Grün usw.

8. Spektralanalyse.

a) Objektiv. Der Aufbau geschieht nach Abb. 1. Der veränderliche Spalt bedeckt den ganzen Kondensator. Zur Erzielung größerer Helligkeit rückt man aber den Spalt vom Kondensator etwas ab. Daß das Spektrum dadurch schmäler wird, stört keineswegs. Einen außerordentlich guten und brauchbaren Spalt veränderlicher Breite, der sogar zu Versuchen über FRAUNHOFERschen Spalt dient, baut man nach Abb. 13. Die beiden auf das Grundbrett 1 mit gut geglätteten Rändern aufgeschraubten Metallstücke 2 seien etwa 4 mm dick. Ihre Entfernung etwa 5 mm. Durch Verkantung um eine lotrechte Achse kann man jede gewünschte Spaltbreite erhalten.

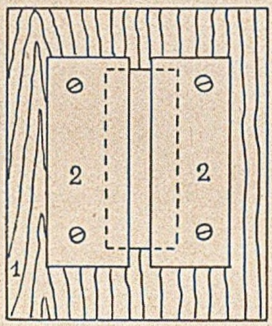


Abb. 13. 1 Grundbrett mit Ausschnitt; 2 Metallstücke.

Als Elektroden der Bogenlampe benützt man mit Metallsalzen gefüllte Bogenlampenkohlen. Man kann auch selbst die untere +-Kohle anbohren und ein Metallsalz einfüllen. Statt Kohlen kann man auch unmittelbar Metallstäbe (Eisen, Zink, Kupfer, Messing[!], Aluminium usw.) als Elektroden verwenden. Stromstärke möglichst groß, etwa 20—30 Amp. Aber auch 3—5 Amp. genügen schon, und man kommt dann mit kleineren Geräten und geringerer Wärme- und Rauchentwicklung aus. Die emittierten Linien stehen auf einem etwa einen Meter langen Spektrum in Bleistiftdicke.

Man vergesse nicht, vor und nach diesen Versuchen die nichtleuchtende (!) Bunsenflamme vorzuführen. Der Schüler erhält dann einen Begriff davon, was alles nach einer halben Stunde des Bogenlampenbetriebes in der Luft „herumfährt“.

Diese sattfarbigen Vorführungen zählen wohl mit zu den schönsten des ganzen Schulphysikbetriebes.

Über die „Umkehr der Na-Linie“ siehe „Prakt. Schulphysik“ 1939, 4, Seite 95.

b) Subjektiv. Aufbau nach Abb. 2. An die Stelle der Glühlampe aber tritt der Bunsenbrenner. Der Spalt sei sehr eng. Zwecks größerer Dispersion nehme man zwei Prismen.

Beobachte und zeichne nach Abb. 3 die einzelnen Spektren
1. Leuchtgasflamme,
2. Bunsenflamme!

Halte je einen Streifen Filtrierpapier, der in wäßrige Lösung der Chloride von Na, Li, Sr, Rb, Ni, Cn, Ca usw. getaucht ist, in die Bunsenflamme!

Beobachtung und Zeichnung macht erfahrungsgemäß den Schülern viel Spaß.

Die Umkehrung der Na-Linie kann man — freilich nicht in spektraler Zerlegung — so andeuten. Auf einer fein ausgezogenen und dann abgebrochenen Glasrohrspitze sitzt eine kleine Leuchtgasflamme von etwa 10 mm Höhe. Sie ist durch das erwärmte Glas gelb gefärbt. Hält man sie vor eine durch Na (wie oben) kräftig gelb gefärbte Bunsenflamme, dann erscheint sie mit einem schwarzen Saume umgeben. Vor der Leuchtgasflamme ist die kleine Flamme nicht zu sehen, weil das Auge den Ausfall nur einer — gelben — Linie aus dem ganzen Spektrum natürlich nicht wahrnehmen kann.

9. Physiologie der Retina.

Hier können sich viele eindrucksvolle Versuche anschließen. Einige seien nur kurz angedeutet.

a) Dauer des Lichteindruckes. Blitz; Platten der Influenzmaschine beim Funken; Schnellzug, Auto beim Blitz; rasche Bewegung einer Taschenlampe in der Hand; Kino; Kino-Effekt; Kurven beim Oszillographen usw. Projiziere einen Scherenschnitt an die schwarze Tafel und schlage mit einem weißen Pappestreifen durch den Strahlengang!

b) Schwarzweiße Nachbilder.

c) Farbige Nachbilder. Komplementärfarben.

d) Farbempfindlichkeitszonen der Retina. Bewege, seitlich von hinten kommend, Farbpapiere nach vorn und achte auf die Farbempfindung! Zeichne die Zonen!

e) Farbdrucke.

f) Farbempfindung bei verschiedener Lichtstärke. Mache den Spalt beim Spektrum immer schmäler und betrachte das Spektrum! Straße, Zimmer, Schaufenster, Bilder bei Tag, bei Nacht, bei Mondschein!

Durch solche Versuche sind recht erhebliche Einblicke in die Natur gewonnen. Der Schüler ist bei objektiven und subjektiven Versuchen sehr stark als aufmerksamer Beobachter beteiligt.

Hitzespaltung des Schwefeltrioxyds.

Von Wilhelm Flörke in Gießen.

Für das Verständnis des Kontaktverfahrens ist es von grundlegender Bedeutung, daß nicht nur die Bildung, sondern auch die Zerlegung des Schwefeltrioxyds gezeigt wird.

Es läßt sich schon bei der Synthese unschwer zeigen, daß die Schwefeltrioxydbildung nachläßt, wenn man den Platinkontakt zu stark erhitzt, weil dann das Trioxyd wieder zerfällt. Man kann das zum Beispiel so machen, daß man in eine geräumige Flasche etwas schweflige Säure eingießt und durch Umschütteln dafür sorgt, daß die Flasche sich mit einem Gemisch aus Luft und Schwefeldioxyd anfüllt. Taucht man dann eine durch elektrischen Strom auf hellste Glut erhitzte Platindrahtwendel ein, so ist von einer Schwefeltrioxydbildung fast nichts zu merken. Ermäßigt man die Temperatur durch Abschwächen des Stromes so weit, daß die Wendel gerade nicht mehr glüht, dann bilden sich dichte weiße Nebel.

Die Platinwendel formt man aus 0,3 mm starkem Platindraht und lötet sie mit Goldlot (Dentallot) an zwei starke Messingdrähte, die in einem auf die Flasche passenden Kork stecken. Brennt die Wendel einmal durch, wenn man die Stromstärke unvorsichtigerweise zu hoch wählt, so verdrillt man einfach die Enden. Man braucht ungefähr 15 cm Draht, der rund 0,2 g wiegt. Die erforderliche Stromstärke beträgt etwa 4 A.

Daß Schwefeltrioxyd bei hoher Temperatur aber auch tatsächlich in Schwefeldioxyd und Sauerstoff zerlegt wird, läßt sich durch folgenden Versuch bequem zeigen:

In ein Siedekölbchen von 50 ccm Rauminhalt füllt man zu einem Drittel rauchende Schwefelsäure mit 40 % SO_3-Gehalt, wobei man vermeidet, den Hals zu benetzen. Ehe man den Kork aufsetzt, schiebt man einen starken Bausch Glaswolle so weit in den Hals, daß er sich nachher dicht unter dem Kork befindet. Er soll verhindern, daß der Kork zu stark zerstört wird und Teile davon in die Säure fallen. Das Seitenrohr des Kölbchens verbindet man mit Hilfe eines ganz kurzen Schlauchstückes mit einem engen Quarzrohr, so daß Glas an Quarz stößt. In das Quarzrohr bringt man eine Flocke Platinasbest. Ich benutze ein Rohr aus undurchsichtigem Quarz von 20 cm Länge und 9 mm äußerem Durchmesser. Innen ist dieses Rohr 5—6 mm weit. Da der Zerfall des Schwefeltrioxyds erst bei über 1000° vollständig wird, muß man möglichst hoch erhitzen. Zu diesem Zweck legt man das Quarzrohr in ein Heizöfchen[1]) aus Eisenblech, das innen mit Asbest ausgekleidet ist. Auch kann man das Rohr zwischen zwei Diatomitsteinen anordnen. Es wird mittels eines Teclubreitbrenners erhitzt. Die so erreichbare Temperatur beträgt etwa 1100°. Das freie Ende des Quarzrohrs wird durch ein kurzes Schlauchstück mit einer niedrigen Waschflasche verbunden, die fast ganz mit Fuchsinlösung gefüllt ist. Daran schließt sich eine zweite Waschflasche, die etwa 3 cm hoch verdünnte Natronlauge enthält, um das dem Sauerstoff noch beigemengte SO_2 zu absorbieren.

Wenn das Quarzrohr auf höchste Glut gebracht ist, was in 2—3 Minuten der Fall ist, erwärmt man die rauchende Schwefelsäure, um das SO_3 auszutreiben. Das

---

[1]) Die Herstellung eines solchen Ofens ist beschrieben in Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unt. 45, 1932, 162/63.

Erhitzen wird so geregelt, daß ein lebhafter Gasstrom die Waschflaschen durchstreicht. Ist die Fuchsinlösung gebleicht, so erwärmt man noch so lange weiter, bis ein glimmender Span, den man an das Ableitungsrohr der zweiten Waschflasche bringt, etwas stärker aufglüht. Jetzt unterbricht man das Erwärmen der rauchenden Schwefelsäure und schneidet, sobald keine Gasblasen mehr die Waschflasche durchperlen, die Schlauchverbindung zwischen Quarzrohr und erster Waschflasche mit bereitgelegter Schere durch, um ein Zurücksteigen der Flüssigkeit zu verhindern. Die Flüssigkeit in der ersten Waschflasche riecht stark nach Schwefeldioxyd, in der zweiten Flasche kommt ein glimmender Span zum Entflammen. Damit und durch die Entfärbung des Fuchsins sind die Zerfallsprodukte des SO_3 deutlich nachgewiesen.

Macht man den Versuch ohne Platinasbest, so gelingt die Spaltung nicht oder nur sehr unvollkommen. Wir erkennen daraus einerseits, daß die Zerfallsgeschwindigkeit bei der Versuchstemperatur noch nicht groß genug ist, und andererseits erhalten wir das wichtige Ergebnis, daß derselbe Katalysator auch die Gegenreaktionen beschleunigt.

Johannes Keplers Weltharmonik.

Von Kuno Fladt in Tübingen.

1. Im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayrischen Akademie der Wissenschaften erscheinen seit 1937, kaum unterbrochen durch den Krieg, die Gesammelten Werke unseres größten schwäbischen Naturforschers Johannes Kepler. Den Hauptteil der damit verbundenen Arbeit leistet, nachdem der ursprüngliche Spiritus Rector des ganzen Unternehmens, Geheimrat von Dyck-München, gestorben ist, ebenfalls ein Schwabe, Professor Dr. Max Caspar. Als erstes der Keplerschen Werke erschien 1937 deren III. Band, die Astronomia Nova, im Jahre 1938 folgten Band I, enthaltend das Mysterium cosmographicum und die Schrift De stelle nova, und Band II, Astronomiae pars optica. Vor kurzem wurde Band VI, die Harmonice mundi, fertiggestellt. Die Keplerschen Werke sind alle in der Originalsprache, seine wissenschaftlichen Hauptwerke also lateinisch abgedruckt. Da aber das Lateinische nicht mehr wie einst die Sprache der Gelehrten ist, und da überdies der Inhalt der Keplerschen Hauptwerke nicht nur die Gelehrten, insonderheit die von der mathematisch-astronomischen Zunft, etwas angeht, sondern eigentlich jeden, der mit einer „Weltanschauung“ zu tun hat, so wollte Max Caspar allen diesen das Eindringen in Keplers Gedankenwelt dadurch erleichtern, daß er die Hauptwerke, bisher das Mysterium cosmographicum (1923 und 1936), die Nova Astronomia (1929) und vor Jahresfrist die Harmonice mundi (1939) ins Deutsche übertrug. Alle drei Übersetzungen, dazu zwei Bände „Johannes Kepler in seinen Briefen“ (1930) erschienen im Verlage R. Oldenbourg-München (während die gesammelten Werke im Verlage C. H. Beck-München herauskommen).

2. Das Urteil der Nachwelt hat die Neue Astronomie zu dem Hauptwerk Keplers erklärt, und mit Recht. Denn mit ihr findet das Ringen des menschlichen Geistes um die Gesetze, denen die Bewegungen der Planeten, d. h. der Mitglieder unseres Sonnensystems, gehorchen, seinen siegreichen Abschluß. Über die damit verknüpften Probleme und deren Gestalter Claudius Ptolemäus, Nikolaus Koppernikus, Tycho Brahe und Johannes Kepler gewesen sind, habe ich im Nationalsozialistischen Lehrerbund im Jahre 1937 u. a. auch in Tübingen vorgetragen. Hier genügt es, an die beiden ersten Planetengesetze Keplers zu erinnern, das Gesetz der Bahnform: „Die Planetenbahnen sind Ellipsen mit der Sonne als dem einen Brennpunkt“, und den Geschwindigkeitssatz: „Der Fahrstrahl von der Sonne nach dem Planeten beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächen“. Außerdem muß ich noch darauf hinweisen, daß Kepler in seinem Mysterium cosmographicum, gedruckt 1596 in Tübingen, die Entfernungen der Planeten von der Sonne in eigentümlicher Weise mit den Radien der Kugeln in Verbindung gebracht hat, die man den fünf regelmäßigen sogenannten Platonischen Körpern ein- und umbeschreiben kann, wobei die Reihenfolge dieser Körper von Kepler so gewählt wird, daß die Kugelradien tatsächlich mit den damals bekannten Werten der Planetenentfernungen von der Sonne annähernd übereinstimmten.

3. Nach dieser notwendigen Einleitung wende ich mich nun zu demjenigen Werk, das Kepler selbst für sein Hauptwerk gehalten hat, das er mit der Begeisterung seines Herzens geschrieben hat, zu der Harmonice mundi, der Weltharmonik, und schicke voraus, daß der Zweck meiner Zeilen erreicht wäre, wenn möglichst viele die deutsche Übersetzung Caspars selbst zur Hand nehmen und sich darin vertiefen würden. Freilich, es ist nicht ganz leicht, sich in die Gedankengänge Keplers einzulesen. Während in seinen früheren Werken die fachwissenschaftlichen Dinge durchaus die Hauptsache sind, bildet die Weltharmonik eine große Synthese der gesamten fachwissenschaftlichen, philosophischen und religiösen Anschauungen

KEPLERS. Damit gibt sie uns ein Bild der „Weltanschauung" eines ganz großen Deutschen in einer der bewegtesten und düstersten Zeiten deutscher Geschichte. MAX CASPAR hat in einer Einleitung die Entstehungsgeschichte und den Aufbau der Weltharmonik ausführlich beschrieben und die Bedeutung und Stellung des Werkes eingehend beurteilt, und er hat so alles getan, um das Einlesen zu erleichtern. Ich kann und will hier nur die allerwesentlichsten Dinge zur Sprache bringen.

Während durch die Astronomia nova das Problem der einzelnen Planetenbahn vollständig erledigt war, fehlte noch ein sichtbares Zeichen für den Zusammenhang aller Planeten. KEPLER war der erste, der die Sonne als den Sitz der Kraft, als die anima motrix oder vis motrix betrachtete, welche „die Welt im Innersten zusammenhält", d. h. die Entfernungen der Planeten von der Sonne regelt. Er war aber auch gleich seinen großen Vorgängern, den Griechen, überzeugt, daß sich diese Tatsache in eine rein geistige, d. h. mathematische Beziehung umsetzen lassen müsse. Die Planetenentfernungen von der Sonne müssen irgendeinem Gesetz gehorchen. Dieses sein drittes Planetengesetz, fand er am 15. Mai 1618. Man kann es am einfachsten so aussprechen: Nimm die dritte Potenz der großen Halbachse a einer Planetenbahn, $a \cdot a \cdot a = a^3$, und dividiere sie durch die zweite Potenz seiner Umlaufszeit T, $T \cdot T = T^2$, und dann — staune, denn du erhältst bei jedem Planeten dieselbe Zahl. Dies ist das unsichtbare Band zwischen den Planeten. Deshalb ist letzten Endes das koppernikanische System das wahre und nicht das ptolemäische.

Das dritte KEPLERsche Gesetz ist gleichsam der strahlendste Edelstein seiner Weltharmonik (V. Buch, 3. Kapitel). Aber man darf ihn nicht aus dem ganzen Geschmeide dies Werkes herauslösen, etwa, weil die andern Edelsteine nicht mehr „modern" sind. Denn es ist wohl ein unerläßlicher Ring in der Kette der KEPLERschen Erkenntnisse, aber KEPLER ist ein in „Ganzheiten" Denkender, dem es durchaus auf die ganze Kette ankommt.

4. Die Grundlage der Weltharmonik bilden die Harmonien. Eine alte Überlieferung schreibt dem PYTHAGORAS und seinen Schülern die Auffindung des Zusammenhangs zwischen Tönen und Zahlen zu. Harmonien, konsonante Töne setzen sich — das ist der Kern dieser Entdeckung — in rein geistige Beziehungen, d. h. wiederum in Verhältnisse zwischen einfachen ganzen Zahlen um (Oktav $^1/_2$, Quint $^2/_3$, Quart $^3/_4$, große Terz $^4/_5$, kleine Terz $^5/_6$, kleine Sext $^5/_8$, große Sext $^3/_5$). Und da Töne durch regelmäßige Bewegungen erzeugt werden, so, schlossen die Pythagoreer umgekehrt, treten dort Töne auf, wo wohlabgestimmte Bewegungen sich zeigen. Und wo wäre eine bessere Gelegenheit dazu als bei den Sternen? So entstand die Idee der Shpärenharmonie. Sie greift KEPLER auf, aber nicht so, wie die Nachfolger der Pythagoreer, PLATO und seine Schüler: „Ich will nichts auf Grund von Zahlenmystik zu tun haben", sagt er, d. h. nichts mit geheimnisvollen Zahlenspielereien, die mit der Erfahrung gar nicht übereinstimmen.

KEPLER holt sich die Begründung vielmehr aus der Geometrie, und zwar bei den regelmäßigen Vielecken. Denkt man sich in einen Kreis ein regelmäßiges Vieleck gezeichnet, so schneiden seine Seite und die verschiedenen Diagonalen je einen bestimmten Bruchteil vom Kreise ab. Diese Verhältnisse, die ja unmittelbar in Seitenverhältnisse übergehen, wenn man den Kreisumfang in eine Seite, d. h. eine Gerade ausstreckt, faßt KEPLER ins Auge. Aber welche Vielecke kommen nun in Betracht, wo es doch deren unendlich viele gibt? Zunächst begründet er seine Überzeugung, daß es nur solche sein können, die mit Zirkel und Lineal konstruierbar sind. Aber auch dann gibt es noch vielzuviele Möglichkeiten. Nach langem Suchen kommt ihm der Gedanke, daß ein brauchbares, „weltbildendes" Verhältnis nur dann entsteht, wenn die beiden bei der Teilung entstehenden Kreisteile sowohl unter sich als je mit dem ganzen Kreise Verhältnisse bilden, die zu einem konstruierbaren regulären Vieleck gehören. Auf diese höchst merkwürdige Weise kommt KEPLER genau zu den oben angegebenen sieben Tonverhältnissen, aus denen er noch die Intervalle $^8/_9$ und $^9/_{10}$ des großen und kleinen Ganztons, $^{15}/_{16}$ des Halbtons und $^{24}/_{25}$ der sogenannten Diesis ableitet. Damit baut er in ganz natürlicher Weise die diatonische und die chromatische Tonleiter auf einen gegebenen Grundton auf.

5. Aber nicht nur in der Musik treten diese Harmonien auf, sondern in vielerlei anderen Erscheinungen der Natur, z. B. bei den Planetengeschwindigkeiten und bei den Planetenaspekten, also nicht bloß in der Astronomie, sondern auch in ihrer dunklen Schwester, der Astrologie. Der Glaube an den Einfluß der Himmelserscheinungen auf das irdische Geschehen war in jener Zeit, selbst unter den Hochgebildeten, so stark vertreten, daß sich auch KEPLER nicht davon freihalten konnte. Aber er stand ihm durchaus kritisch gegenüber. Erfahrungstatsache ist ihm jedoch eine Einwirkung der sogenannten Aspekte, d. h. der Stellungen der Gestirne zueinander auf das Wetter und die menschliche Seele. Hier nun, glaubt er, greifen die Harmonien ein. Wenn die Strahlen zweier Planeten Winkel miteinander bilden, die jenen Zahlenverhältnissen entsprechen, dann wird die Seele, die nach der platonischen Lehre von der Anamnesis, der „Wiedererinnerung", die geometrischen Urbilder in sich trägt, erregt. „Der Himmel gibt dem Menschen nicht sein Gehaben, sein Tun, nicht Glück, Kinder, Reichtum, Gatten; er formt aber alles, was dem Menschen begegnet", so ist KEPLERS Meinung.

Dies ist KEPLERS ursprüngliche geometrische Begründung der Aspekte. In der endgültigen Fassung der Weltharmonik wich er davon ab, weil er in Widerspruch mit der Erfahrung geriet, und fand eine andere, nach seiner Meinung mit der Erfahrung übereinstimmende geometrische Begründung.

6. Nach diesen Vorbetrachtungen sei nun der Aufbau der Weltharmonie kurz skizziert. Die Einführung der Harmonien erfolgt in den ersten zwei Kapiteln des III. Buches, also gerade in der Mitte des Werkes. Buch I und II enthalten die geometrische Begründung, die weiteren Kapitel des III. Buches, das IV. und V. Buch stellen die Gebiete dar, in denen sich die Harmonien verwirklichen. Dabei wächst der Stoff unter den Händen seines Schöpfers: Band I und II bieten gerade dem Mathematiker eine Fülle weiterer Gedanken. Sie enthalten u. a. eine gründliche Darstellung des berühmten X. Buches der Elemente des Euklid, und die KEPLERsche Entdeckung zweier sogenannter Sternpolyeder.

Band III enthält die Theorie der Harmonien im Anschluß an die Musik und zugleich eine Theorie der Musik, von der H. TREDE 1936 urteilt: „Man kann ohne Übertreibung sagen, daß KEPLER hier nichts Geringeres geschaffen hat, als, jedenfalls im Umriß, die Grundlage für alle neuere objektive Musikbetrachtung. Er ist hierin auch seinen italienischen Vorgängern und Zeitgenossen nicht nur ebenbürtig, sondern in vieler Hinsicht überlegen und steht ihnen, ungeachtet mannigfacher Beziehungen, vollkommen selbständig gegenüber."

Im IV. Buch folgt KEPLERS grundlegende Seelen- und Erkenntnislehre und die Aspektenlehre. Hier lernt man den ganzen Menschen KEPLER kennen. In der Aspektenlehre weicht er nun von der ursprünglich (s. o.) angenommenen Übereinstimmung zwischen den sieben Urharmonien und den Planetenaspekten ab. Wiederum aber sucht er die Begründung in der Geometrie, und sie gelingt ihm auf diejenige Weise, die ihn im II. Buch auf die Sternpolyeder geführt hatte.

7. Nun aber kommt der Höhepunkt des Werkes, der gewaltige Schlußsatz der Symphonie, das V. Buch. Hier handelt es sich für KEPLER nicht mehr um menschliche Belange wie bei den Aspekten, sondern um das Höchste, um die Taten Gottes selbst, um die Verwirklichung der Harmonien durch Gott selbst in den Bewegungen der Planeten. Er ist überzeugt, „daß der himmlische Werkmeister die harmonischen Proportionen, die sich aus den ebenen regulären Figuren ergeben, mit den fünf räumlichen regulären Figuren, den regulären Körpern verbunden hat, um aus den beiden Figurenklassen ein einziges vollkommenes Urbild des Himmels zu formen." Die Harmonien bestimmen die Exzentrizitäten und Umlaufszeiten der Planetenbahnen, die regulären Körper aber, wie in seinem Jugendwerk, dem Mysterium cosmographicum (s. o.), die Abstände der Planeten von der Sonne.

Die Harmonien stellt er in erster Linie bei den beiden extremen Winkelgeschwindigkeiten eines Planeten in der kleinsten und größten Entfernung von der Sonne fest. Hierdurch sind nichts anderes als die Stufen der Tonleiter dargestellt, wenn man die extremen Geschwindigkeiten durch Teilung mit einer geeigneten Potenz von zwei gewissermaßen auf eine einzige Oktave reduziert, und die zwischen den extremen Geschwindigkeiten verschiedener Planeten bestehenden Harmonien zeigen, daß zu gewissen, allerdings durch lange Zeiträume getrennten Zeitpunkten Gesamtharmonien aller sechs Planeten oder auch von fünf oder weniger Planeten auftreten können. „Also sind die Himmelsbewegungen nichts anderes als eine fortwährende, mehrstimmige Musik (durch den Verstand, nicht das Ohr faßbar)".

Aber KEPLER will nicht bloß aus der Erfahrung feststellen, daß diese Sphärenharmonie existiert, er will sie vielmehr a priori herleiten, d. h. zeigen, warum sie so ist, wie sie ist. Und dies Kapitel, das neunte des V. Buches, ist nun der Gipfel des ganzen Werkes: er gleicht einer Vision und „ist das Allerseltsamste, was man sich denken kann" (CASPAR). Es ist unmöglich, seinen Inhalt hier zu schildern: man muß, wenn man KEPLER ganz kennen lernen will, dieses Kapitel selbst lesen.

Bei der dann folgenden Prüfung seiner Theorie an der Erfahrung leitet KEPLER aus den Harmonien die Exzentrizitäten der Planetenbahnen ab. Damit sieht KEPLER als Fünfzigjähriger das Werk als vollendet an, das er sich einst als Fünfundzwanzigjähriger vorgenommen hatte. In einem ergreifenden Gebete sagt er Gott dem Schöpfer Dank für die Freude, die er ihm an den Werken seiner Hände bereitet hat.

8. Über die Aufnahme von KEPLERS Werk unter seinen Zeitgenossen erfahren wir nicht allzuviel, denn die politischen Ereignisse waren der Beschäftigung mit der Sphärenharmonie nicht günstig. Und später werden die Urteile nicht besser. Denn die Ansicht des Mechanismus, der das ganze Naturgeschehen als ein Spiel blinder Kräfte betrachtete, ist das gerade Gegenteil der „Weltanschauung", die KEPLER vertrat, und den Fachgelehrten war es in erster Linie um die „brauchbaren" Ergebnisse von KEPLERS Lebensarbeit, die Planetengesetze, zu tun und nicht um seine Weltansicht.

Und unser Urteil? Natürlich muß man KEPLER aus seiner Zeit heraus verstehen. Die Probleme der Renaissance waren auch die seinigen. Das Schönheitsideal der Renaissance sucht und findet er im Sonnensystem. Freilich wenn man den Wust von astrologischen, theosophischen, spiritistischen und anderen Schriften der damaligen Zeit, die um so mehr Leser fanden, je verschwommener sie waren (ist das heute anders?), mit KEPLERS Werk vergleicht, dann ist es freilich als einsamer Berggipfel über jenem Schrifttum.

Aber wie sollen wir Heutigen uns dazu stellen? Zunächst haben die besonderen Leistungen KEPLERS in den einzelnen Teilen der Weltharmonik auf dem Gebiet der Mathematik, Musik, Philosophie und Astronomie auch heute noch in großem Umfang Geltung. Freilich, spätere Entdeckungen haben einige grundlegende Voraussetzungen in KEPLERS System hinfällig gemacht: Es gibt nicht nur sechs Planeten, ihre Zahl hat sich, besonders wenn man an die kleinen Planeten denkt, in die Tausende vermehrt. C. F. GAUSS hat gezeigt, daß es mehr konstruierbare Vielecke gibt, als die Griechen und KEPLER kannten. Damit ist KEPLERS Theorie sozusagen der Boden weggenommen. Aber KEPLER wäre der erste gewesen, der sie umgestoßen hätte, wären ihm diese Tatsachen bekannt gewesen.

Aber diese Mängel und jene Einzelleistungen sind gar nicht die Hauptsache: der Geist, aus dem das Werk geboren ist, ist stärker als alle Konstruktionen dieses Geistes. Dieser Geist „gilt" heute noch, und ihn wollen wir ja kennen lernen, indem wir uns in KEPLERS Weltharmonik vertiefen. Die KEPLERsche organische Weltanschauung ist es, die uns gerade heute den größten Dienst erweisen kann. MAX CASPAR sagt am Schluß seiner Würdigung des Werkes: „Das ist eine Weltbetrachtung, in sich geschlossen und fest gegründet, die der Naturwissenschaft einen hohen Sinn und Zweck vorzeigt, die eine objektive Seinsordnung anerkennt, die den Menschen in die ihm zukommende Vorrangstellung einweist und ihm ein transzendentes höchstes Ziel steckt. Die Natur erkennen heißt für KEPLER Gottes Gedanken nachdenken, die in der Natur lebendig sind. Die Naturwissenschaft wird nicht um ihrer selbst willen getrieben, sie hat auch nicht nur die Aufgabe, den Menschen zum Herrn über die in ihr waltenden Kräfte zu machen. Ihre Aufgabe besteht vielmehr darin, ihn zur Erkenntnis und Liebe Gottes zu führen. Eine solche Zielsetzung kann allein den letzten Forderungen des menschlichen Geistes in der Betrachtung der Natur Genüge tun".

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Zwei neue Unterrichtsfilme:

F 231: Bau eines Flugzeuges
F 232: Segelflieger auf der Wasserkuppe

Von MARTIN WINKLER in Berlin.

Vor einiger Zeit wandte sich die „Abteilung Luftfahrt bei der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht" an die „Reichsanstalt für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht" mit dem Vorschlag, in gemeinsamer Arbeit Filme für den Luftfahrtunterricht herzustellen. Zwar lagen schon einige Filme vor, die der Pflege des Luftfahrtgedankens in der Schule beste Hilfe leisten. Es sind dies die Filme:

F 153: Flugmodellbau,
F 170: Verkehrsflugzeug im Flughafen Berlin,
F 240: Der Schwirrflug der Kolibris,
C 1: Entstehung von Wirbeln bei Wasserströmungen,
C 242: Luftströmung um Körper.

Aber diese Filme waren doch nicht ausreichend, wie besonders aus den vielen Anfragen und Wünschen der verschiedenen Schulen zu erkennen war. Die Reichsanstalt für Film und Bild griff daher den Vorschlag der Abteilung Luftfahrt sofort auf. Die Zusammenarbeit auf diesem Gebiet zeitigt jetzt ihre ersten Früchte in den beiden Filmen: F 231: Bau eines Flugzeuges, und F 232: Segelflieger auf der Wasserkuppe. Weitere Filme befinden sich in Arbeit.

F 231: Bau eines Flugzeuges.

An der Luftfahrt ist so vieles interessant und unsere Jugend tritt täglich an ihre Lehrer heran mit immer neuen Fragen nach dem Fluggerät, seinen Eigenschaften, nach Konstruktion und Bau usw. Gern würde der Lehrer mit seinen Schülern Flugzeugwerften, Fliegerhorste, Segelflugschulen u. a. besichtigen — aber die verschiedensten Hindernisse stellen sich solchen Vorhaben entgegen.

Ein großer Teil unserer Schüler ist bei Flugmodellbau und Segelflug mit der Holzbauweise bekannt und vertraut geworden. Um so mehr verlangt nun die Jugend danach, Einblick in die für den Metallflugzeugbau maßgebenden Fertigungsverfahren zu erhalten. Außerdem möchte unsere Jugend mit dem neuzeitlichen Fluggerät bekannt werden, am liebsten möchte sie natürlich alle Einzelheiten an den Flugzeugen unserer Luftwaffe kennenlernen. Andererseits unterliegen gerade die Kriegsflugzeuge bis zu einem gewissen Grade strengen Bestimmungen betr. Geheimhaltung.

Diese Gedankengänge waren maßgebend, als die Reichsanstalt für Film und Bild in Zusammenarbeit mit der Abteilung Luftfahrt die Herstellung eines Filmes in Angriff nahm, der den Bau eines Flugzeuges zeigen sollte. Für den Film mußte also ein Flugzeugtyp ausgesucht werden, der mindestens folgende Bedingungen erfüllte: a) Ganzmetallflugzeug, b) modern, c) keinen Geheimhaltungsbestimmungen unterworfen. Erwünscht war weiterhin, daß das betreffende Flugzeug in seinen wesentlichen Teilen innerhalb ein und desselben Flugzeugwerkes erstellt wird, so daß die Fertigung bequem von Anfang bis zum Schluß verfolgt werden kann. Es sei hier bemerkt, daß heutzutage die einzelnen Werke häufig nur Einzelteile bauen — in einem anderen Betriebe werden diese Einzelteile dann zum fertigen Flugzeug zusammengesetzt. Außerdem war für den Unterrichtsfilm ein Flugzeug erwünscht, das einen einfachen Aufbau aufweist.

Als ein Flugzeug, das all diesen Bedingungen und Wünschen entspricht, wurde das von den Bayrischen Flugzeugwerken gebaute Flugzeug Bf 108 ermittelt, das den Namen „Taifun" bekommen hat. Dieses Flugzeug wird als Ganzmetallflugzeug gebaut. Für unsere Zwecke war es dazu besonders erfreulich, daß der Rumpf in der modernen Schalenbauweise ausgeführt wird, d. h. ohne Rippen und Spanten, wobei die Außenhaut mit als Kräfte aufnehmender Teil in Rechnung gesetzt ist. Bei der Konstruktion der Bf 108 wurden die neuesten Erkenntnisse der aerodynamischen Forschung mit verwertet. Es entstand so ein verhältnismäßig schnelles Sport- und Reiseflugzeug mit einer Höchstgeschwindigkeit von 305 km/h.

Im Gegensatz zu der erwünschten hohen Fluggeschwindigkeit ist für alle Flugzeugtypen wesentlich, daß die Landegeschwindigkeit klein gehalten wird, weil es sonst bei der Landung leicht zu Überschlägen kommen kann. Mit der Landegeschwindigkeit kann aber eine Grenze nicht unterschritten werden, die nämlich durch die Tatsache gegeben ist, daß bei dieser geringen Geschwindigkeit der von den Flügeln erzeugte Auftrieb gerade noch ausreichen muß, um das Flugzeug zu tragen. Bei den meisten Flugzeugen ist diese Geschwindigkeit zugleich insofern kritisch, als dann mit so hohem Anstellwinkel geflogen wird, daß die Strömung nahe am Abreißen ist — das Flugzeug kann dann also leicht ins Trudeln kommen. Bei Sportflugzeugen („Kadett", Stieglitz",, usw.) ist noch mit normalen Mitteln eine tragbare Geringstgeschwindigkeit zu erzielen (etwa 70 bis 90 km/h), bei den modernen schnellen Flugzeugen ist aber die Verwendung besonderer auftriebsteigernder Einrichtungen nötig, um bei der verhältnismäßig stärkeren Verringerung der Geschwindigkeit noch genügend Auftrieb zum Tragen des Fluggewichtes zu erhalten. Alle modernen Flugzeuge sind daher mit Landeklappen (oder Spreizklappen usw.) ausgerüstet. Die Anwendung des wirkungsvollen Schlitzflügels bereitet allerdings konstruktive Schwierigkeiten, die bisher nur von wenigen Firmen überwunden wurden: von Fieseler bei seinem originellen Storch und von den Bayrischen Flugzeugwerken bei der Bf 108 Taifun und der Bf 109, dem deutschen Jagdflugzeug. Bei der „Taifun" gelang es durch Verwendung von Landeklappe und Schlitzflügel, trotz der hohen Fluggeschwindigkeit von 300 km/h eine Landegeschwindigkeit von nur 80 km/h zu erzielen. Der Schlitzflügel bringt noch einen weiteren Vorteil mit sich: er verhindert das Abreißen der Strömung — die „Taifun" kann also nicht ins Trudeln kommen. Aus diesem Grunde brauchen, entgegen der sonst für Sportflugzeuge allgemein gültigen Vorschrift, keine Fallschirme mitgeführt zu werden.

Unsere Jugend wird sich für den Film über den Bau der Bf 108 um so mehr begeistern, wenn sie hört, daß das deutsche Jagdflugzeug, die Bf 109, im Sinne der Weiterentwicklung aus der Bf 108 entstanden ist. Der Rumpf der Bf 109 ist schmaler, er bietet nur für eine Person Platz (die Bf 108 hat vier Plätze). In die Bf 109 wird ein bedeutend stärkerer Motor eingebaut und damit eine ganz beträchtlich höhere Geschwindigkeit erreicht. Im konstruktiven Aufbau und in der Fertigung unterscheiden sich beide Flugzeuge nur wenig. Die Ähnlichkeit beider Flugzeuge kommt noch darin zum Ausdruck, daß bei der Jagdfliegerschulung der Flugschüler erst mit der „Taifun“ genügend Flugerfahrung gesammelt haben muß, ehe ihm die Bf 109 anvertraut wird.

Der Film zeigt den Bau der Bf 108 von der Anlieferung der Rohmaterialien und bei anderen Firmen gefertigter Einzelteile über die Bearbeitung des Materials, den Zusammenbau usw. bis zum fertigen Flugzeug. Ganz deutlich kommen zum Ausdruck die Arbeitsverfahren, die für den Metallflugzeugbau und besonders für die Schalenbauweise kennzeichnend sind. Der Film gewährt außerdem Einblick in die Größe und Kompliziertheit einer modernen Flugzeugwerft, er zeigt die verschiedenen Handwerker bei der Arbeit und läßt die Sorgfalt der Konstruktion und Planung erkennen, die beim Bau, bei der Fertigung reibungslose Zusammenarbeit aller Beteiligten gewährleistet. Aufgabe des Lehrers bleibt es, im ergänzenden Vortrag über die Menschen und Einrichtungen zu berichten, die in Forschung, Konstruktionsbüros, Prüflaboratorien usw. unerläßliche Vor- und Nebenarbeiten leisten.

Der Film wird im Luftfahrtunterricht eine spürbare Lücke ausfüllen. Auf der Oberschule der höheren Schule soll er im Zusammenhang mit dem Unterricht über Flugphysik und über Statik und Festigkeitslehre gezeigt werden. Auch ohne solchen fachwissenschaftlichen Zusammenhang wird der Film in anderen Fächern, in der Mittelstufe, auf Volks- und Mittelschule wertvolle Dienste leisten, indem er der Jugend ein anschauliches Bild von der Waffenschmiede der deutschen Luftwaffe gibt und begeisternd wirkt.

F 232: Segelflieger auf der Wasserkuppe.

So wie der Film „Bau eines Flugzeuges“ einen Eindruck von der Tätigkeit in einer Flugzeugwerft vermittelt, da sich nur selten Gelegenheit zum Besuch eines solchen Werkes bietet, so soll der Film „Segelflieger auf der Wasserkuppe“ all denen einen Einblick in das Leben und Treiben in einer Segelflugschule und in den Gang der Segelflugausbildung geben, die sich nicht durch eigene Beobachtungen davon Kenntnis verschaffen können.

Der Film „Segelflieger auf der Wasserkuppe“ wurde unter Verwendung einzelner vorhandener Filmstreifen und einer Reihe Neuaufnahmen so zusammengestellt, daß er ein getreues und anschauliches Bild des Ganges der Segelflugausbildung vermittelt. Die verfügbare Länge des Films gestattete freilich nicht, die ersten Vorübungen zu zeigen. Hierüber kann sich der Lehrer an Hand des zu dem Film gehörenden Beiheftes unterrichten und seinen Schülern vortragen — daß so ähnlich wie bei den im Film gezeigten Starts das Gummiseil nur schwach ausgezogen wird, so daß das Flugzeug nur über den Boden gleitet (sog. Rutscher) oder nur Flüge von einigen Metern Länge ausführt (sog. Sprünge). Diese Vorschulung erfolgt auch zumeist nicht auf den Segelflugschulen, sondern in der Wochenendschulung des heimatlichen NSFK.-Sturmes bzw. der zugehörigen HJ.-Einheit. Erst wenn sich der Anfänger in dieser Wochenendschulung bewährt und sich unermüdlich und kameradschaftlich gezeigt hat, wird er zur Weiterschulung zu einem kostenlosen Lehrgang an eine der vielen deutschen Segelflugschulen kommandiert. Durch die intensivere Schulung innerhalb eines solchen Lehrganges kommt der Schüler natürlich rascher voran und zum Ziel als in der heimatlichen Wochenendschulung. Die Wochenendschulung ist jedoch auch für die ständige Inübunghaltung und Fortbildung unerläßlich. — Die Segelflugschulen liegen in landschaftlich reizvollen Gegenden: bei Rossitten auf der Kurischen Nehrung, bei Leba in Pommern, auf der Nordseeinsel Sylt, in den deutschen Mittelgebirgen und Alpen. Überall wird in der gleichen Art geschult, wie es der Film am Beispiel der Wasserkuppe vor Augen führt.

Im Film sehen wir zunächst Übungs- und Prüfungsflüge zur Gleitflug-A-Prüfung. Dabei handelt es sich um reine Geradeausflüge bis zu etwa 30 Sekunden Dauer. Der Schüler kommt dann zur B-Schulung, er lernt Kurven fliegen. Bei einem dieser Flüge fliegen wir selbst mit, wir sehen den Boden unter uns dahingleiten, wir beobachten den Piloten, die Steuerausschläge, die Kurven und die Landung.

Weiter zeigt uns der Film den Traum aller Gleitflugschüler: einen ersten Segelflug von mehr als 5 Minuten Dauer, die C-Prüfung. Der Unterschied zwischen Gleitflug und Segelflug und die Bedeutung des Aufwindes für das Segeln werden dabei leicht faßlich veranschaulicht. Die weitere Schulung wird gar oft mit Hilfe des Flugzeugschlepps durchgeführt, wobei das Segelflugzeug durch ein Motorflugzeug in größere Höhen geschleppt wird, von wo aus es dann seinen Flug selbständig fortsetzt. Wir beobachten so den Start und Schleppflug und den anschließenden Segelflug eines Doppelsitzers, in den die Steuerorgane doppelt eingebaut sind, so daß der Lehrer mitfliegen und den Schüler während des Fluges berichtigen und unterweisen kann.

Der Film ist so ein lebendiges, leicht faßliches Bild der Gleit- und Segelflugschulung und des Lebens und Treibens im Segelfluglager. In den Aufnahmen kommt auch die Schönheit und Erhabenheit des Segelfluges zum Ausdruck. Wir erkennen, daß beim Segelflug eine Kameradschaft unerläßlich ist, wie sie wohl in gleichem Maße bei keinem anderen Sport nötig ist: damit einer fliegen kann, muß die ganze Gruppe kräftig mit anfassen und schwer mitarbeiten. Daneben sehen wir in dem Film verschiedene der in der Gleit- und Segelflugschulung gebräuchlichen Flugzeugtypen und eindrucksvolle Bilder der erhaben-schönen Rhönlandschaft.

Auch dieser Film wird aufmerksame Zuschauer finden, wenn er im Zusammenhang mit der Flugphysik, mit dem Flugmodellbau oder bei anderer Gelegenheit (Lesestoffe im Deutschen — Rhön, Kurische Nehrung in der Erdkunde usw.) vorgeführt wird. Jüngere wie ältere Schüler und Erwachsene (z. B. bei Elternabenden) werden durch diesen Film für den Segelflug begeistert und gewonnen werden.

Bücherbesprechungen.

Kwasnik, Walter, Der Chemiker als Forscher. Die Grundlagen des chemischen Wissens. 250 S. mit 43 Abb. u. 5 Tafeln. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1941.

Verfasser hat die wichtigsten Fundamente chemischen Gedankengutes in logisch-klarer Entwicklung zusammengestellt. Er behandelt nacheinander Bau und Verhalten der Elemente und Verbindungen, den Verlauf chemischer Reaktionen und ihre energetischen Begleiterscheinungen und gibt so dem Leser einen tiefen Einblick in die bedeutende Arbeit des Chemikers. Durch zahlreiche Beispiele, die der Verfasser oft dem neuesten Schrifttum entnommen hat, wie durch einfache und klare Darstellung des behandelten Stoffes fesselt er die Aufmerksamkeit des Lesers bis zum Schluß. Der heranwachsenden Jugend, besonders ihren Führern und Erziehern, sei das einzigartige Buch als unentbehrlicher Führer in das umfangreiche Gebiet der allgemeinen Chemie und in die vielgestaltige Arbeit des Forschers bestens empfohlen.

Berlin. Dehn.

Jockel, Dr. Rudolf, Leitfaden der Werkstoffkunde. 62 S. mit 50 Textabb. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940.

Da die zweite Auflage der „Chemie des Waffen- und Maschinenwesens" von S. Paarmann die Werkstoffe nicht mehr enthält, hat der Verfasser diese in einem besonderen Heft ergänzend behandelt. Von den drei Abschnitten: Grundforderungen an die Werkstoffe, Herstellung der Werkstoffe und Prüfung der Werkstoffe nimmt der mittlere den größten Raum ein. Durch zahlreiche Abbildungen, Zustandsdiagramme und tabellarische Zusammenstellungen vermittelt er einen guten Überblick über die Eigenschaften der Metalle, der Legierungen und der Kunst- und Preßstoffe. Daß Dichlorbutadien eine etwas andere Zusammensetzung hat als angegeben (S. 45), sei nur nebenbei vermerkt. Die treffliche Zusammenstellung, die sich hauptsächlich an die Lehrkräfte und Schüler der Marineschulen wendet, ist ebenso wertvoll für die Chemielehrer an höheren Schulen und Fachschulen. Dehn.

Schäfer, Dr. Wilhelm, Unsere Pflanzen und Tiere in Sage, Dichtung und Volksglauben. 65 S. Verlag Ferd. Schöningh, Paderborn 1940. Kart. —,75 RM.

Pflanzen und Tiere aus Hof und Garten, Feld und Flur und Wald ziehen in bunter Reihenfolge an uns vorüber. Bekanntlich ist alles Lebendige im Herzen und im Gemüt, im Brauch- und Heiltum, Sage und Dichtung, Glaube und Aberglaube des Deutschen so tief verankert, daß eine Fülle von Literatur diese Tiefe nicht auszuschöpfen vermochte. Die Auswahl für ein kleines Büchlein, das doch gewiß das Beste und Treffendste bringen soll, ist also recht schwer zu finden, zumal die moderne Lebenskunde im Schulunterricht, die diese Quellen besonders stark nutzen will, höchste Ansprüche stellen muß. Diesen Ansprüchen wird Schäfers Auswahl nicht ganz gerecht. Dittrich.

Rassenpolitik im Kriege. Herausgeg. von Dr. Walter Kopp. Eine Gemeinschaftsarbeit aus Forschung und Praxis. 121 S. kart. Verlag M. u. H. Schaper, Hannover 1941.

Das Büchlein enthält die auf der Gautagung des Rassenpolitischen Amtes in Hannover im Oktober 1940 gehaltenen Vorträge, denen ein profunder Aufsatz von Prof. Dr. Gross: „Rassen- und Bevölkerungspolitik im Kampf um die geschichtliche Selbstbehauptung der Völker" vorangestellt ist. An Beiträgen, die das Kernthema der Tagung streifen, seien noch herausgehoben: Hecht: „Deutsche Fremdvolkpolitik"; Rossner: „Rasse als Lebensgesetz"; Peschlow: „Rassenpolitik und Wohnungsbau"; Kopp: „Rassenpolitik — die Aufgabe unserer Zeit!". Aber auch die übrigen Beiträge von Verschuer, Jungnickel, Popp und Brüggemann über ihre Arbeits- und Forschungsgebiete sind ungemein reizvoll und lesenswert. Das Buch verdient unter allen rassenpolitisch Tätigen als Standardwerk gewertet zu werden.

Dittrich.

Weinert, Hans, Entstehung der Menschenrassen. 324 Seiten mit 200 Einzelabbildungen und 7 Rassenkarten. Zweite, veränderte Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1941. Preis geheftet 17,— RM., gebunden 18,80 RM.

Bereits zwei Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches, das seinerzeit in den Ubl. besprochen worden ist, liegt die zweite Auflage vor. Sie ist mehrfach verändert, erweitert und wie zum Beispiel in bezug auf die vorgeschichtlichen Funde auf den neuesten Stand gebracht worden. Im großen und ganzen ist der Inhalt wie auch die Einteilung des Buches unverändert geblieben. Jedem Lehrer, den das Rassenproblem berührt, wird das Buch aufs neue empfohlen.

Meißen. Schuster.

Karrer, Paul, Lehrbuch der organischen Chemie. 6., umgearbeitete und vermehrte Auflage. 989 S. mit 6 Abb. im Text und auf 1 Tafel. Georg Thieme Verlag, Leipzig.

Das Karrersche Buch ist wegen seiner Stoffülle und wegen seiner ausführlichen Darstellungen der genetischen Zusammenhänge organischer Verbindungen ein brauchbares und auch viel gebrauchtes, zuverlässiges Hilfsmittel des Lehrers, der sich über die Entwicklung einzelner Gebiete der organischen Chemie näher unterrichten möchte. Der vorliegenden Auflage ist u. a. auch ein Kapitel über organische Deuteriumverbindungen eingefügt worden. Für kommende Auflagen wäre eine stärkere Berücksichtigung der Theorien der organischen Chemie und die Ergänzung der Literaturangaben durch Hinweise auf wichtige, weiterführende Originalarbeiten wünschenswert.

Hamburg. Franck.

Meyer, Dr. Erich, und Dittrich, Dr. Werner, Die bunte Mappe. Farbiges Leben. — Aus zoologischen Gärten. Textgestaltung und Herausgabe Dr. Meyer und Dr. Dittrich, Bildgestaltung Dr. Meyer und Alfred Börner. Jede Mappe 32 S. Text und 32 Tafeln. Deutscher Volksverlag, München.

Eine Reihe von Bildermappen, hergestellt nach dem Agfacolor-Verfahren in der Größe 19 × 25 cm, wird durch die zwei vorliegenden Mappen „Farbiges Leben" und „Aus zoologischen Gärten" auf das Glänzendste eröffnet. Ein Beitrag von Dr. Walter Raths über das Agfacolor-Verfahren leitet das Textheft der ersten Mappe ein. Man muß wohl zustimmen, wenn gesagt wird: „Die Farbphotographie wird in kurzer Zeit ein nicht mehr wegzudenkendes Erziehungsmittel unserer Zeit sein." Zweck der Mappen ist es, den Begriff „Farbiges Leben" möglichst rein darzustellen, die Vollkommenheit alles Geschaffenen erleben zu lassen. Die Bilder sind kein Ersatz für wirkliches Leben, aber sie sollen sehen lehren. Sie sind in jeder Hinsicht hervorragend. Die Auswahl ist denkbar vielseitig. Jedes Blatt ist mit wirklich künstlerischem Empfinden als Bild gesehen und aufgefaßt worden und mit technischer Vollkommenheit aufgenommen und im Druck wiedergegeben. So ist jede dieser Tafeln nicht nur als ausgezeichnete Wiedergabe eines naturwissenschaftlichen Gegenstandes, sondern weit darüber hinaus als Kunstwerk zu werten. Ein fesselnd und liebenswürdig geschriebener, wissenschaftlich einwandfreier Text, der fast für jedes Blatt Neues zu sagen weiß, knüpft reichlich Querverbindungen zu Geschichte, Vorgeschichte, Erdkunde, Völkerkunde, Geschichte der Pflanzenverbreitung, Sprachwissenschaften, Arzneikunde, Physik, zu Aberglauben und Sage, zu Volksbräuchen, seltsamem Geschehen und vielem anderen mehr. So werden die Belange fast jedes Lehrfaches berührt, und die Blätter werden eine vielseitige Verwendung in der Schule finden. Man wird sie insbesondere auch als Zimmerschmuck in Wechselrahmen im Schulhause wie im Landheim aushängen. Den Lehrern und Schülern, die sich mit Photographieren beschäftigen, werden sie reiche Anregungen geben. Diese wundervollen, auf das Gediegenste ausgestatteten Mappen, die sich auch gut als Ehrengabe für besondere Leistungen eignen, sind wärmstens zu empfehlen.

Dresden. Kerst.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Pierersche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür.

Abhandlungen.

Vom ägyptischen Feldmesser.

Von GEORG WOLFF in Düsseldorf.

1. Wenn auch bisher bei der Erforschung der Kultur eines Volkes neben dem geistigen Können die manuelle Geschicklichkeit gewürdigt worden ist, so muß unter dem Eindruck der Ergebnisse der vorgeschichtlichen Studien heute doch gesagt werden, daß das konkrete Schaffen, so primitiv und nebensächlich die scheinbaren Imponderabilien des Werktätigen anmuten, eine weit größere Beachtung verdient. Es besteht gar kein Zweifel, daß erst die einfachen, konstruktiven Gedanken eines Handwerkers in den Entwicklungsstufen aller Völker vorhanden sein mußten, ehe das abstrakte, das rein geistige Denken entstehen konnte.

Diese Tatsache greift ganz zweifellos auch in die Geschichte der Mathematik ein. Es ist bisher zu viel Wert darauf gelegt worden, was aus den Quellen, also aus Höhepunkten des geistigen Werdens, sich ergab, es wurde zu wenig das Heranreifen der praktischen Mathematik beachtet. Deshalb müssen jetzt erst die Bausteine für die Geschichte der Angewandten Mathematik mehr und mehr zusammengetragen werden. Aus diesen Ideen heraus ist der vorliegende Aufsatz entstanden.

Auch das Studium der Geschichte der mathematischen Wissenschaft in Ägypten ist den Weg gegangen, der soeben gekennzeichnet worden ist. Erst in den letzten Jahren ist die Frage [1]) aufgeworfen worden, ob das mathematische Wissen am Nil vornehmlich praktisch oder vornehmlich wissenschaftlich gewesen ist. Nach dem Studium der Papyri [2]) sind Forscher wie ABEL REY und KURT VOGEL [3]) zu dem Ergebnis gekommen, den Ägyptern wissenschaftliche Betrachtungsweise zuerkennen zu sollen, andere, wie NEUGEBAUER, stehen nicht auf diesem Standpunkt.

2. Es ist schon in allen Quellen darauf hingewiesen worden, daß die Geometrie in Ägypten aus der Betätigung der Feldmesser hervorgegangen ist. Nach unserer Auffassung müssen wir aber wissen, welcher Art ihre Betätigung war, welche

---

[1]) P. LUCKEY, Was ist ägyptische Geometrie? Isis. Bd. XX, 1933, S. 15 ff.

[2]) Die älteste Ausgabe stammt von AUGUST EISENLOHR, Ein mathematisches Handbuch der alten Ägypter. J. C. Hinrichs, Leipzig. 1. Aufl. 1877; 2. Aufl. 1897. — Bessere Bearbeitung: T. ERIC PEET, The Rhind Mathematical Papyrus. Liverpool 1923.— Neueste Ausgabe mit guter Bibliographie unter Führung von R. C. ARCHIBALD (Mitherausgeber sind A. B. CHACE, H. P. MANNING, L. S. BULL): The Rhind Mathematical Papyrus. 2 Bände. Oberlin (Ohio) 1927 und 1929.

Moskauer Papyrus. Deutsche Ausgabe von W. W. STRUVE, Mathematischer Papyrus des staatlichen Museums der schönen Künste in Moskau. Berlin, Jul. Springer 1930.

Es seien auch noch die anderen Quellen genannt:

a) Der Kahun-Papyrus der 12. Dynastie (2000—1790 v. Ztw.). Vgl. hierzu GRIFFITH, Hieratic Papyri from Kahun and Gurob, S. 15—18. Bernard Quaritch, London 1898. Der Papyrus wurde 1888/89 gefunden.

b) Der Berliner Papyrus 6619. Veröffentlicht im Band 38 (1900) der Ztschr. f. ägyptische Sprache und Altertumskunde, S. 135—140 von H. SCHACK-SCHACKENBURG.

c) Zwei Holztafeln des Kairo-Museums Nr. 25367/8, worüber PEET berichtet. Journal of Egyptian Archaeology. Bd. 9, S. 91 ff.

d) Demotischer Papyrus in der Bibliothek des „Exploration Fund" zu London aus der römischen Epoche. Vgl. hierzu FRIEDRICH HULTSCH, Neue Beiträge zur ägyptischen Teilungsrechnung. Bibliotheca Mathematica. 3. Folge, 2. Bd. S. 177—184.

e) Bruchtabellen der Byzantinischen Zeit auf Holztafeln. Siehe: HERBERT THOMPSON, Ancient Egypt (Macmillan, London), 1914, S. 52. Das Original befindet sich in der ägyptischen Sammlung des University College in London.

f) In der gleichen Sammlung befindet sich noch ein Ostrakon mit Bruchtafeln. KURT SETHE, Von Zahlen und Zahlworten bei den alten Ägyptern. K. J. Trübner, 1916. S. 71/72.

g) Ebenfalls bei SETHE, S. 72: Mathematischer Papyrus von Achmim (7.—8. Jahrh. n. Zw.).

h) Papyrus Anastasi I. Vgl. ALAN GARDINER, Egyptian Hieratic Texts. J. C. Hinrichs, Leipzig 1911.

[3]) ABEL REY, La science orientale avant les Grecs. Paris 1930. — K. VOGEL, Grundlagen der ägyptischen Arithmetik. 1929. — O. NEUGEBAUER, Arch. Math. Bd. 13, S. 92 ff.

Methoden der Vermessung sie benutzt haben, welche technischen Hilfsmittel ihnen zur Seite standen.

Wollen wir ihre Arbeit verstehen, so müssen wir ferner wissen, daß die wichtigste wirtschaftliche Quelle am Nil die Landwirtschaft war, daß der Grund und Boden dem Staat gehörte, und daß die Bauern sozusagen Pächter des Königs waren. Sie hatten nicht nur Pacht, sondern auch Steuern zu bezahlen, und es ist bekannt, daß diese Abgabe 20 % des Ertrages erreichen konnte. Aus diesem Grunde mußte die Lage und die Größe jedes Grundstücks genau bekannt sein. Häufig waren durch die Überschwemmungen des Nil die Grenzen der Grundstücke verwischt, und das zeigte sich meistens dann, wenn die Ähre der Gerste oder des Weizens am Reifen war. Dann mußten die entsprechenden Steuerbeamten aufs Feld ziehen, um die Qualität der Ernte festzustellen und die Grenzpfähle (Abb. 1) auf die Richtigkeit ihres Standortes zu prüfen. Ein großer Beamtenapparat existierte dafür. Die Acker-, Scheunen- und Speichervorsteher setzten nach dem Ausfall der Ernte die Naturalienabgabe (Abb. 2) an Korn, Gemüse und ölhaltigen Pflanzen fest, nachdem vorher der dem Steuersystem angehörende Feldmesser (Abb. 3) mit dem Ackerschreiber die Größe des Grundstücks mittels seines Katasterplanes geprüft oder neu festgelegt hatte. Das waren ernste Vorgänge, bei denen durch Urkunde ein Protokoll aufgenommen wurde.

Abb. 1. Ein Bauer weist mit einem Stock auf seinen Grenzstein. Malerei auf Stuck aus einem Grabe in Theben um 1400 v. Ztw. (Wrescinski, Atlas zur altägyptischen Kulturgeschichte, Tafel 424.)

Schon die Tatsache, daß die Maler der damaligen Zeit sich wiederholt mit den Darstellungen der Belange des Finanzamtes befaßt haben, zeigt deutlich, welche Rolle die Grund- und Einkommensteuer im ägyptischen Volksleben gespielt haben. Aus diesen rein materiellen Gesichtspunkten entstand also die Vermessung, die Katasterzeichnung und natürlich auch ein ausgedehntes Abrechnungssystem. Und in der Tat war das kaufmännische Rechnen damals schon gut ausgebildet.

Die Frage nun: Welche Vermessungsmethoden wandte der Feldmesser zur staatlichen Kontrolle der Grundsteuer an?

Wir wissen, daß die Landmesser (Abb. 3) für ihre Arbeiten Meßstricke verwandten, und daß sie deshalb auch Seilspanner oder Harpedonapten genannt wurden. In der ägyptischen Abteilung der Staatlichen Museen in Berlin (Museumsinsel) befindet sich unter Nr. 797 ein solches Meßseil (Abb. 4). Es war anscheinend sehr stark eingebürgert, denn die Hieroglyphe für die Zahl 100 ist ein Stück eines Strickes. Man könnte daraus noch vermuten, daß dieses Ver-

Abb. 2. Abgabe von Getreide.
Der Speichervorsteher sitzt links; ein Sklave bringt Getreide heran; der Schreiber rechts notiert die abgelieferte Menge auf diesem Speicher.

messungsmaß 100 Ellen = 52,3 m lang gewesen ist, eine Einheit, die 1 Khet genannt wurde. Auf den Vermessungsbildern in den reich ausgestatteten Räumen über den Gräbern der Könige und Reichen sehen wir häufig, daß auch Ersatzseile mitgenommen wurden. In der Abb. 3 ist leider das Bild am linken Arm des zweiten Meßgehilfen beschädigt. Wir können nur noch unter dem Arm einige Seilverschnürun-

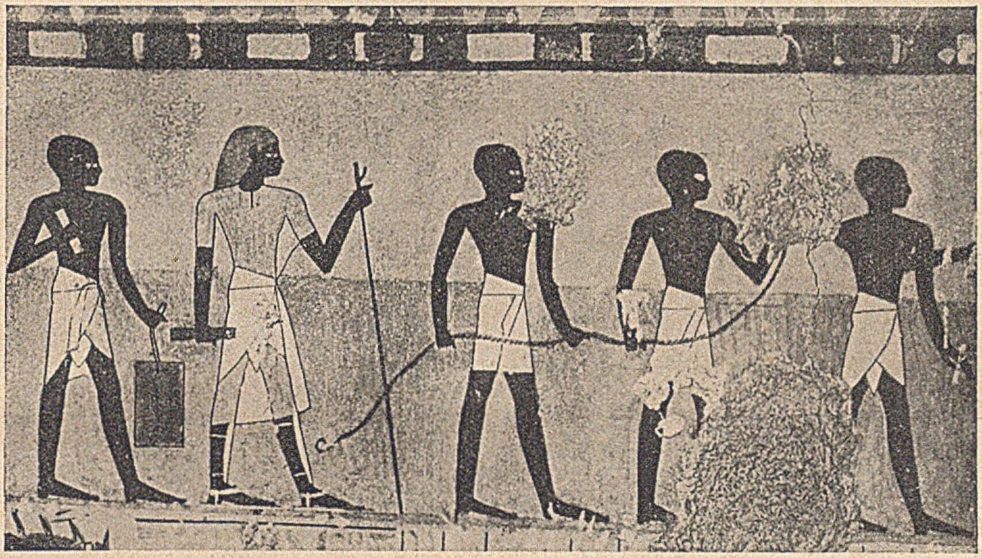


Abb. 3. Feldmessung. Vor einem Ährenfeld steht der Ackervorsteher, der zugleich Landmesser ist, mit seinen Leuten. In der linken Hand hält er einen langen Wanderstab mit einer Astgabel, in der rechten ein amtliches Schriftstück. Hinter ihm der Ackerschreiber mit einem Kasten voll Papyri, in der rechten Hand eine neue Papyrus-Rolle. Vor ihm schreiten zwei Vermessungsgehilfen, die eine Meßschnur tragen. An der Spitze marschiert ein Beamter, der den Weg sucht. Malerei auf Stuck (um 1400 v. Ztw.) aus dem Grabe des Zeserkere-seneb. (Wrescinski, Atlas zur altägyptischen Kulturgeschichte, Tafel 11.)

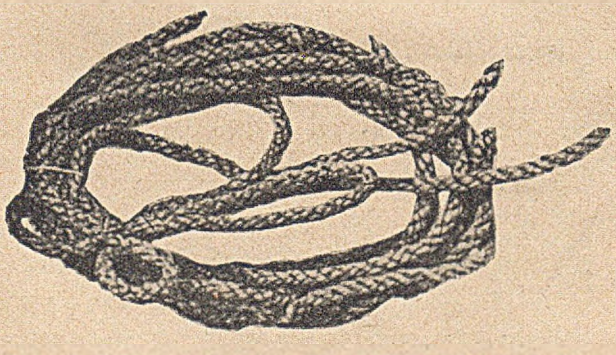


Abb. 4. Meßseil aus Ägypten. (Staatl. Museum in Berlin, Katalog Nr. 797.)

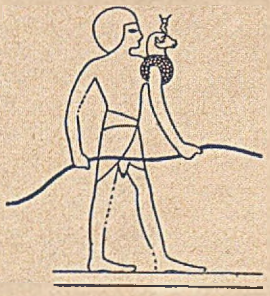


Abb. 5. Feldmessung. Ausschnitt aus einem Grabe in Theben. (Davies, The tomb of Two Officials of Tutmosis IV, Tafel X.)

gen erkennen. Deutlicher sehen wir das Ersatz-Meßseil in der Abb. 5. An diesem Bild fällt noch der Widderkopf am Ende des Strickes auf. Er ist das Symbol dafür, daß die Vermessung unter dem Schutz des Gottes Amon gestanden hat. Es ist zu vermuten, daß auch in Abb. 3 ein Widderkopf vorhanden gewesen ist.

Es gibt auch ägyptische Bilder, die das Seil so zeigen, daß es durch Knoten in gleiche Abstände [4]) geteilt ist. Diese Tatsache hat man als Argument dafür benutzt, daß die Ägypter mit Hilfe des pythagoreischen Lehrsatzes den rechten Winkel im Felde geknüpft hätten. T. ERIC PEET [5]) ist seiner oben genannten Ausgabe des Papyrus Rhind, S. 32, dieser Auffassung entgegengetreten, und der bekannte W. W. STRUVE [5]) schließt sich in seinem Kommentar, S. 182, dieser Auffassung an.

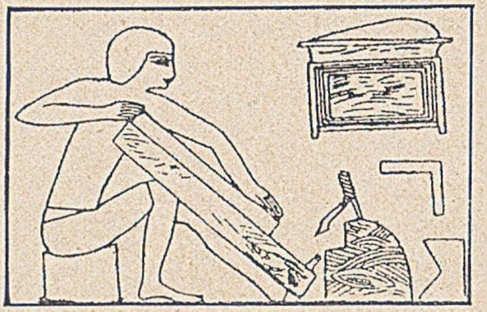


Abb. 6. Aus dem Grabe des Rechmere: Schreiner bei der Arbeit.

Die Frage ist aber nun: Wie haben denn die Ägypter im Felde den rechten Winkel hergestellt? Sie brauchten ihn beim Quadrat, beim Rechteck, beim rechtwinkligen Trapez und beim rechtwinkligen Dreieck, deren Inhalt sie zu berechnen verstanden. Nun ist es zunächst von Interesse, daß der Schreiner den rechten Winkel mittels des Winkelhakens und des Winkelbrettes (Abb. 6) gezeichnet hat. Besonders scheint sich der Winkelhaken eingebürgert zu haben denn er wird in der Form als Schriftzeichen [6]) benutzt und bedeutet: Winkel, Grundstück oder Beamtenschaft, das sind also Bezeichnungen, die den Landmesser angehen.

Es war das Märchen in die Welt gesetzt worden, daß die Ägypter den Inhalt des gleichschenkligen Dreiecks nicht hätten berechnen können, als ob ihnen seine Symmetrie und die Bedeutung der Höhe nicht bekannt gewesen wäre. W. W. STRUVE [7]) trat dieser Ansicht energisch entgegen und meinte, „so stupide" waren sie nun allerdings doch nicht.

Indem wir uns dieser Ansicht anschließen, glauben wir mit FRITZ SCHMIDT [6]), daß sie mit einem Seil leicht spannen konnten, 1. ein gleichschenkliges Dreieck, 2. Halbierung der Basis, 3. die Höhe. Und damit war der Winkel von 90° gefunden.

Einen weiteren Hinweis auf die Herstellung des rechten

Abb. 7.
Ausschnitt aus der Feldmessung aus dem Grabe des Chaemhet (um 1370 v. Ztw.), der Vorsteher der Scheunen von Ober- und Unterägypten zur Zeit des Königs Amenophis III. war.

---

[4]) LUDWIG BORCHARDT, Ztschr. für ägypt. Sprache u. Altertumskunde, Bd. 13, S. 70, COLIN CAMPBELL, Two Theban Princes, S. 86, und CLARKE-ENGELBACH, Ancient Egyptian Masonry (Oxford 1930) S. 65.

[5]) S. 185.

[6]) FRITZ SCHMIDT, Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter. Neustadt an der Haardt. 1935. S. 90ff.

[7]) S. 185. In dem genannten Buch S. 155.

Winkels finden wir in Abb. 7. Der erste Gehilfe trägt in der rechten Hand an Schnüren einen Stein, auf dessen Außenseite das vorhin erwähnte Schriftzeichen des Winkels sich befindet. Ob es sich hier um eine quadratische Platte handelt, die an die Ecken einer rechtwinkligen Figur gesetzt wurde, oder ob damit auf andere Weise ein Winkel von 90° erzeugt wurde, wir wissen es heute nicht. Aber das Schriftzeichen an der Außenwand gibt uns eindeutig den Fingerzeig, wozu das Instrument verwandt wurde. Außerdem erkennen wir noch zwei Fluchtstäbe und bei dem zweiten Landmessergehilfen einen Schlägel, mit dem die Fluchtstäbe eingeschlagen wurden. Unerforscht sind noch die beiden Geräte, die der letzte Mann in seinen Händen hält.

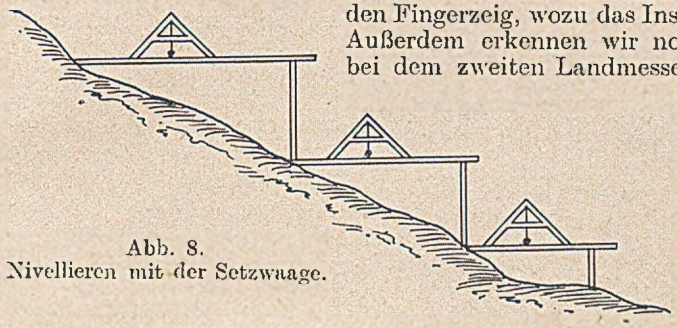


Abb. 8.
Nivellieren mit der Setzwaage.

3. Wir würden aber dem Vermessungsingenieur Ägyptens nicht gerecht, wollten wir ihn nur als Finanzbeamten, als Katastervermesser, als Feldmesser schildern. Nicht minder bedeutungsvoll war seine Tätigkeit als Bauvermesser. Aus Nachmessungen bei den Pyramiden, bei den Tempeln, an den Kanälen wissen wir, daß dieser Bauvermessungsingenieur eine ganz außergewöhnliche Fertigkeit [8]) im Nivellieren gehabt haben muß. Und doch kennen wir nur seine Setzwaage, die in mehreren Exemplaren noch heute existiert [9]). Wir können uns vorstellen, daß damals nach der Methode der Abb. 8 auch nivelliert worden ist, wir können aber kaum glauben, daß dies die einzige Methode war.

Etwas mehr wissen wir von dem Abstrakten der Gebäude. Borchardt [3]) gibt Ausschnitte aus dem Text eines derartigen feierlichen Aktes bei der Festlegung der Grundmauern eines Tempels: „Spannen der Schnur im Tempel zwischen den beiden Fluchtstäben." „Ich halte den Fluchtstab, packe das Ende des Schlägels (Abb. 7) und ergreife die Schnur zusammen mit der Weisheitsgöttin. Ich wende mein Gesicht nach dem Gang der Sterne. Ich richte meine Augen nach dem kleinen Bären. . . . Ich lege die vier Ecken deines Tempels fest."

Es handelt sich also darum, daß die Nord-Süd- und Ost-West-Richtung genau ermittelt wurde. Dazu benutzten sie ein Lot, das an einem Knochen hing, dem man die Form der Hieroglyphe für „Winkel" gegeben hat (Abb. 9). Mittels des Fadens dieses Lotes visierte man den Polarstern an. Damit dieses Visieren möglichst genau wurde, benutzte man die erste und einfachste Form des **Diopters**, die wir kennen, den **Palmstab** [10]) (Abb. 10). Mit Hilfe seines Spaltes und des Fadens am Lotinstrument visierte man nach dem hier vorliegenden ältesten Prinzip von Kimme und Korn den Polarstern ein und ermittelte die gewünschte Nord-Süd-Richtung.

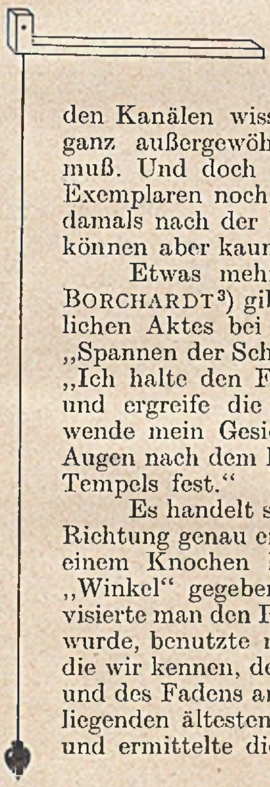


Abb. 9. Eine Lotschnur, Zeiger oder Merhet genannt.

Abb. 10. Der Visierstab, Palmstab genannt. Er wird aus einem Ast einer Dattelpalme hergestellt. Länge: 34 cm.

[8]) Ludwig Borchardt, Längen und Richtungen der vier Grundkanten der großen Pyramide bei Gisch. Berlin 1926. — H. Kaas, Kulturgeschichte des alten Orients. München 1933. S. 294f.

[9]) L. Borchardt, Ein altägyptisches Instrument. Ztschr. f. ägypt. Sprache und Altertumskunde. Bd. 37. S. 10ff.

[10]) In den Staatl. Museen in Berlin befindet sich Lot und Palmstab als Katalog-Nr. 14085 und 14084, letzterer ist 34 cm lang.

Auch die Steigung einer Böschung war den Feldmessern bekannt. Sie wurde aus besonderen Gründen als die Kotangente des Böschungswinkels erklärt — nicht als Tangente — und damit als ein Verhältnis. Bei den meist geböschten Grabbauten wurde dem Maurer in sogenannten Eckmauern die Böschungslinie genau angegeben[11]).

Daß die Ägypter auch außerdem mit dem Verhältnis von Strecken zu arbeiten verstanden, wissen wir nach Diogenes Laertius (I, C. 1) durch die Tatsache, daß THALES VON MILET (624 bis 540) die Höhenmessungen der Pyramiden mittels der Schattenmethode im Pyramidenland selbst gelernt habe.

4. Zum Schluß möchten wir noch darauf hinweisen, daß es damals auch schon Landmesser unter Tag, sogenannte Markscheider, gegeben haben muß. In Abb. 11 sehen wir oben und unten die Aufrisse der Berge und in dem Mittelstück den Grundriß der Stollen. Eine solche Zeichnung ist ohne vorangegangene Ausmessung nicht denkbar.

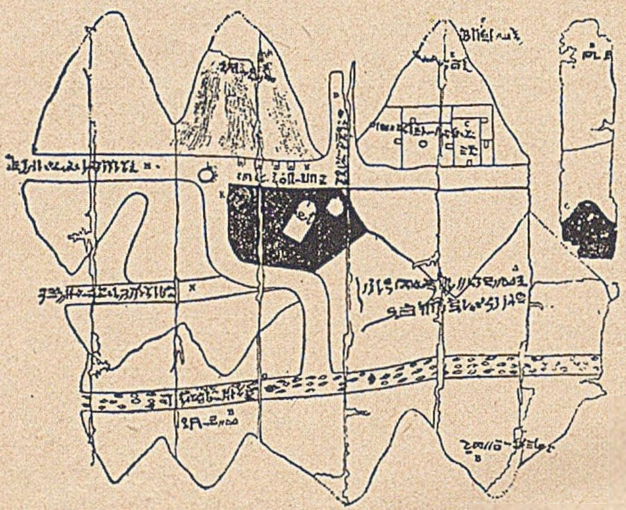


Abb. 11. Karte eines Goldbergwerkes.
Die Berge im Aufriß, die Stollen im Grundriß dargestellt.

Der Satz von Pythagoras, der Höhen- und der Kathetensatz.

Von ERNST MOHR in Breslau.

Wir knüpfen an den bekannten Beweis des Pythagoras an, der in der Abbildung angedeutet ist: Dort ist $CD = CA = CE$, woraus leicht folgt, daß $\triangle BAD \sim \triangle BEA$ oder

(1) $$(AB)^2 = BD \cdot BE$$

bzw. mit den üblichen Bezeichnungen

$$c^2 = (a - b)(a + b) = a^2 - b^2,$$

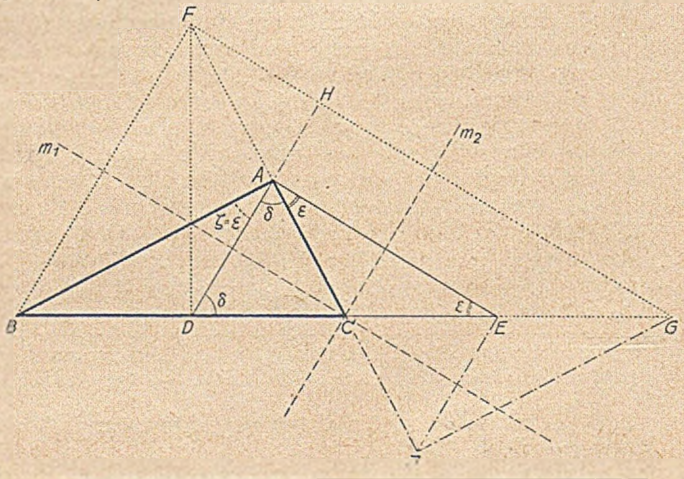
d. h. $$b^2 + c^2 = a^2.$$

Zeichnet man die gestrichelten Symmetrielinien m_1 und m_2 ein, die bzw. AE und AD parallel sind, und spiegelt B an m_1, wodurch man F erhält, sodann F an m_2, wodurch man G erhält, so ist $\triangle BFG$ wieder (bei F) rechtwinklig, und außerdem offenbar $FD = AB$ und $BE = DG$, wodurch (1) übergeht in den Höhensatz

(2) $(FD)^2 = BD \cdot DG$.

„Spiegelt" man weiter die Beziehung (1) an m_1, so entsteht

(3) $(FD)^2 = FA \cdot FJ$.



[11]) Die Deutsche Höhere Schule 1941, S. 261f.

Geht man nun noch von FA über zu FH und von FJ über zu FG, so wird offensichtlich die erste Strecke im selben Verhältnis verkürzt, wie die zweite verlängert, so daß also $FA \cdot FJ = FH \cdot FG$ wird, wodurch (3) in den Kathetensatz für das Dreieck FDG übergeht:

(4) $$(FD)^2 = FH \cdot FG.$$

Assimilation und Dissimilation.

Von Heinrich Menke in Koblenz.

Gerade in der heutigen Zeit muß man an ein Stoffgebiet, das in einer chemisch-biologischen Arbeitsgemeinschaft unserer Oberschulen behandelt werden soll, verschiedene Forderungen stellen. Zunächst muß der zu behandelnde Stoff lebensnahe sein, d. h. er muß dem Schüler Einblick gewähren in die großen Gesetzmäßigkeiten des Lebens, oder er muß ihm Zusammenhänge vermitteln, die vom Standpunkt unseres nationalen und wirtschaftlichen Lebens bedeutungsvoll sind. Dann ist es notwendig, daß der Schüler die ablaufenden Vorgänge auf ihren Chemismus vollständig erkennt, er muß sie formelmäßig erfassen können. Deshalb sind alle Versuche abzulehnen, bei denen es nur auf eine Ablesung ankommt. Endlich muß der Schüler ständig mit dem Stoff handgemein werden, der Schülerversuch steht im Mittelpunkt des Unterrichts. Und wenn ich schließlich noch verlange, daß es nicht immer notwendig ist, den Unterricht in die freie Natur zu verlegen, wenn die Möglichkeit und oft sogar die Notwendigkeit besteht, den Unterricht im Laboratorium abzuhalten, und zwar an einem Material, das sich ohne Schwierigkeiten beschaffen läßt, dann kommt diese Forderung den Belangen vieler in Großstädten gelegenen Schulen entgegen.

Assimilation und Dissimilation sind die beiden Pole, zwischen denen das Leben der Organismen abläuft. Der erste Prozeß speichert Energie auf, der andere macht sie für die Zwecke des Lebens wieder frei. Der quantitative Ablauf dieser beiden Lebensvorgänge läßt sich nun leicht dadurch verfolgen, daß man die Veränderungen feststellt, die die im Wasser gelösten Gase und Salze erfahren, wenn assimilierende oder dissimilierende Organismen in diesem Wasser leben. Es ist mir nicht möglich, alle Einzelheiten der angewandten Methoden zu schildern, ich verweise auf mein Buch: Menke, „Boden und Wasser als Lebensraum von Pflanze, Tier und Mensch.“ Verlag Salle, Frankfurt am Main, 1940. Preis 3,20 RM.

I. Assimilation.

Im Gegensatz zu der im allgemeinen üblichen Behandlung der Assimilation, die mit Erfolg nur in den hellen Sommermonaten mit gutem Pflanzenmaterial, und zwar nur als Demonstrationsversuch durchgeführt werden kann, können die unten angegebenen Versuche von den Schülern selbst und auch in dunklen Wintermonaten ausgeführt werden. Sie lassen sich quantitativ bis in die feinsten Einzelheiten und auf ihre Abhängigkeiten von Außenbedingungen hin verfolgen.

Es ist wohl anzunehmen, daß jede Schule ein größeres mit Pflanzen besetztes Aquarium besitzt. Als Pflanzenmaterial eignen sich nach meinen Erfahrungen am besten Algen, in einem warmen Raum zeigen sie den ganzen Winter über lebhafte Assimilationstätigkeit. Der Schüler bestimmt zunächst den Sauerstoffgehalt des Leitungswassers. Die Methode dieser Bestimmung nach Winkler sei kurz angedeutet: In einen mit Wasser vollständig gefüllten Erlenmeyerkolben von etwa 300 ccm Inhalt bringt man nacheinander eine Lösung von $MnSO_4$ und $NaOH$. Der aus diesen beiden Stoffen entstehende weiße Niederschlag von $Mn(OH)_2$ wird durch den Sauerstoff des Wassers in braunes $Mn(OH)_4$ umgewandelt. Er wird durch konz. HCl zu $MnCl_4$ gelöst, wobei das $MnCl_4$ in $MnCl_2$ und Cl_2 zerfällt. Dieses Cl_2 ist äquivalent dem Sauerstoff des Wassers. Um es maßanalytisch festzustellen, ersetzt man es durch Zugabe von geringen Mengen von KJ in eine äquivalente Menge J_2, dessen Menge durch $\frac{n}{10}$ $Na_2S_2O_3$ maßanalytisch bestimmt wird. Die festgestellte Menge des J_2 ist dem O_2 des Wassers äquivalent. Eine einfache Berechnung ergibt seine Menge.

Nachdem der Schüler den Sauerstoffgehalt des Leitungswassers bestimmt hatte, untersuchte er zunächst an einem sonnenlosen Tage das Wasser des Aquariums. Das Ergebnis war folgendes:

Sauerstoffgehalt des Leitungswassers 3,7 mg im Liter,
„ „ Aquariumswassers 10,3 „ „ „ .

Die Assimilation der Algen hat also an einem sonnenlosen Tage im Januar den Sauerstoffgehalt des Wassers auf das Dreifache vermehrt, indem sie mit Hilfe des Lichts diesen Sauerstoff aus dem CO_2 des Wassers freigemacht hat.

Wie sehr die Intensität des Lichts für den Ablauf des Prozesses von Bedeutung ist, ergab eine Bestimmung, als in demselben Monat das Aquarium einige Stunden in der Sonne gestanden hatte. Der Sauerstoffgehalt war auf 29,8 mg im Liter gestiegen, also fast auf das Achtfache seines ursprünglichen Wertes. Die Abhängigkeit der Assimilation von dem Licht als Energiequelle überhaupt ergab sich für die Schüler, als sie eine Flasche von etwa 3 l Inhalt mit Algen versetzten und diese Flasche vollständig verdunkelten. Sie stellten fest, daß die Menge des Sauerstoffs nicht zugenommen hat.

In entsprechender Weise kann die Abhängigkeit der Assimilation von den einzelnen Strahlenarten des Lichts ermittelt werden. Man läßt den Assimilationsprozeß sich hinter doppelwandigen Glasglocken abspielen, deren Wandraum mit Lösungen von Kupferoxydammoniak oder Kaliumbichromat gefüllt ist.

In den heißen Monaten des Sommers mit seiner großen Lichtfülle greift die Assimilation noch tiefer in den Chemismus des Wassers hinein. Nachdem die Pflanzen das CO_2 des Wassers verbraucht haben, zerfällt das $Ca(HCO_3)_2$, diese Grundlage der Karbonathärte des Wassers, in $CaCO_3$ und CO_2 (biogene Entkalkung). Es ergibt sich dann eine Abnahme der Karbonathärte und ein Ansteigen des Sauerstoffs auf das Vielfache der Sättigung. Ebenso steigt das p_H stark an. Der Schüler kann durch Bestimmung der Gesamthärte den Ablauf des Prozesses leicht verfolgen.

Neben der Zunahme des Sauerstoffs, als dem besten Indikator für den Ablauf der Assimilation, kann man auch die Abnahme der Kohlensäure mit Hilfe von $\frac{n}{10}$ NaOH maßanalytisch leicht ermitteln. Doch sind diese Werte wenig zuverlässig, weil das infolge der Assimilation an CO_2 ungesättigte Wasser begierig CO_2 aus der Luft an sich reißt. Um richtigere Werte zu erhalten, müssen die Untersuchungen in einer geschlossenen Flasche vorgenommen werden.

II. Dissimilation.

Die durch die Assimilation in den Pflanzen aufgespeicherte Energie wird durch dissimilatorische Vorgänge wieder freigemacht. Solche Vorgänge zeigen in reiner Form die Tiere, dann nichtgrüne Pflanzen wie die Fäulnisbakterien.

Man kann die Lebewesen in drei große Gruppen einteilen: 1. die Produzenten, das sind grüne Pflanzen als energiespeichernde Organismen, 2. die Konsumenten, das sind die Tiere, welche die in den Pflanzen erzeugte Energie durch den Prozeß der Atmung wieder freimachen, und 3. die Reduzenten, das sind Bakterien. Ihnen fällt alles Leben nach dem Tode anheim, sie bauen die organischen Stoffe wieder zu Salzen und Gasen ab und schließen damit den Kreislauf des Stoffwechsels. Weil dieser Abbauprozeß unter Aufnahme von Sauerstoff und unter Abgabe von Kohlendioxyd vor sich geht, kann man die Tätigkeit der Reduzenten auch als dissimilatorisch auffassen. Die dissimilatorischen Prozesse lassen sich durch Veränderung des Wassers leicht in ihrem Ablauf verfolgen.

1. Atmung der Fische.

In eine etwa 3 l enthaltenden Flasche wird ein Goldfisch hineingebracht und die mit Wasser vollständig gefüllte Flasche mit einem Kork fest verschlossen. Der Fisch bleibt mindestens 24 Stunden in der Flasche. Der Schüler untersucht vor und nach dem Versuch das Wasser auf seinen Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalt:

Sauerstoffgehalt des benutzten Leitungswassers . .	3,9	mg im Liter,
Sauerstoffgehalt nach dem Versuch	0,27	,, ,, ,, ,
Kohlendioxyd des Leitungswassers	48	,, ,, ,, ,
Kohlendioxyd nach dem Versuch	87	,, ,, ,, .

Wir stellen also eine starke Abnahme des Sauerstoffs fest. Wenn der Fisch länger in dem Wasser belassen wird, dann wird der Sauerstoff vollständig verbraucht, der Fisch ist dann eingegangen. Wenn die Kohlensäure nicht entsprechend der Abnahme des Sauerstoffs zugenommen hat, so liegt das an der leichten Flüchtigkeit des CO_2, besonders in der Wärme. Sie sammelt sich in Gasform unter dem Stopfen.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß das Wasser bei der Entnahme aus der großen Flasche für die Schüler mit einem Heber ausgefüllt werden muß, weil sonst die Gefahr besteht, daß dieses ungesättigte Wasser bei der Berührung mit der Luft Sauerstoff aufnimmt. Die Feststellung der Menge des Wassers hat immer nach Abschluß der Untersuchung zu geschehen.

2. Verwesung organischer Substanzen.

Wie schon erwähnt, fallen alle Lebewesen nach ihrem Tode den Reduzenten anheim. Die Reduzenten bauen die oft hochkomplizierten organischen Stoffe zu einfachen Stoffen wie CO_2 und H_2O ab. Eine besondere Rolle spielt hierbei der Stickstoff der Eiweißstoffe. Er wird zunächst zu Ammoniak, NH_3, abgebaut. Das Ammoniak wird von den Nitritbakterien in Salze der salpetrigen Säure, HNO_2, den Nitriten, umgewandelt. Die Nitrite wieder werden von den Nitratbakterien angegriffen, die aus ihnen Salze der Salpetersäure, HNO_3, die Nitrate, herstellen. Während das Ammoniak und die Nitrite immer nur vorübergehend in einem Wasser vorhanden sind, stellen die Nitrate das Endprodukt des Verwesungsvorganges dar. Die Feststellung dieser Abbauprodukte hat auch großen praktischen Wert: Enthält ein Wasser NH_3 oder Nitrite, dann deutet dieser Befund darauf hin, daß in diesem Wasser Verwesung stattfindet, für Zwecke des Genusses ist es abzulehnen. Der Gehalt an Nitraten ohne Ammoniak oder Nitrite zeigt an, daß Fäulnis stattgefunden hat, es ist für Genußzwecke nicht ohne weiteres zu verwerten.

In einen Erlenmeyerkolben bringt der Schüler geringe Mengen von organischen Substanzen wie tierische Exkremente von Hühnern, Kaninchen oder Salatblätter, also Stoffe, die schnell in Verwesung übergehen. Er füllt die Flasche mit Wasser, dessen Sauerstoffgehalt er bestimmt hat, verschließt die Flasche und läßt sie einige Tage verdunkelt in einem warmen Raume stehen. Dann öffnet er die Flasche und gießt etwa 30 ccm für Untersuchung der Abbauprodukte der Eiweißstoffe ab. Er bestimmt den Sauerstoff des Wassers in der Flasche, er wird in den meisten Fällen gleich 0 geworden sein.

In der beiseitegestellten Wasserprobe untersucht er auf NH_3 mit dem Neßlerreagens, das durch Gelbfärbung das Vorhandensein von NH_3 anzeigt.

Die Nitrite weist er mit Jodzinkstärkelösung nach. Die auftretende Blaufärbung läßt ihn Mengen von 0,5—0,05 mg Nitrite im Liter erkennen, je nach der Zeit des Auftretens dieser Färbung.

Für Nitrate haben wir in dem Brucin ein sehr empfindliches Reagens. Man gibt zu 1 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit 3 ccm konz. Schwefelsäure und fügt nach dem Erkalten einige Milligramm Brucin hinzu. Durch die auftretende Rotfärbung kann man bis 1 mg HNO_3 im Liter nachweisen.

Bis jetzt haben die Untersuchungen im Laboratorium stattgefunden. Es ist von besonderem Reiz, mit dem so gewonnenen Rüstzeug an die Untersuchung eines stehenden Gewässers, sei es See, Teich oder Sumpf, heranzugehen. Es war ein besonders glücklicher Gedanke der modernen Hydrobiologie, den See als einen Organismus aufzufassen. Dieser Gedanke geht auf das Gegeneinanderarbeiten von assimilatorischen und dissimilatorischen Vorgängen zurück. Bald, wie an einem sonnigen Tage, haben assimilatorische Vorgänge das Übergewicht, in der Nacht ist es umgekehrt. Diese Umkehrung macht sich auch im großen Zyklus der Jahreszeiten bemerkbar. Für die Schule ist es besonders reizvoll, die einzelnen Lebensräume eines Sees zu untersuchen wie das Schilfdickicht mit dem Überwiegen von dissimi latorischen Prozessen oder eine mit Wasserpest, Froschlaichkraut u. a. durchsetzte Uferzone, in der assimilatorische Prozesse vorherrschen. Für die Arbeitsgemeinschaft im Freien ergibt sich hier eine Fülle von Aufgaben.

Die Ausweichaufgabe.

Von KARL KREUTZER in Flensburg.

Die „Kreutzer-Aufgaben" haben als marinemathematische Aufgaben seit ihrer grundsätzlichen Darstellung in den Ubl.[1]) vielen Berufskameraden wertvolle Anregungen für den mathematischen Unterricht gegeben, wie viele Zuschriften an den Verfasser und weitere Bearbeitungen in den Ubl. erkennen lassen. Hierbei ist es vornehmlich eine Aufgabe, welche ein besonderes Interesse findet und verschiedentlich neu bearbeitet worden ist, nämlich die sogenannte Ausweichaufgabe. Sie wurde erstmalig vom Verfasser in den Ubl. 1936, S. 81, mit einer Berichtigung auf S. 264, angeführt und als Inhalt eines besonderen Aufsatzes in den Ubl.[2]) 1937 behandelt. Neuerdings findet sich in einem Aufsatz „Über einige marinemathematische Aufgaben" von ALKIER in den Ubl.[3]) die Ausweichaufgabe erneut aufgegriffen und gelöst.

Die Art, wie man allgemein die Aufgabe für gelöst ansieht, gibt mir Anlaß, sie hier nochmals zu behandeln.

Unserem Ziel getreu, Schulmathematik zu treiben, wird die Aufgabe wiederum in Form eines Beispiels gegeben (das gleiche, was ALKIER wählt); die Bezeichnungsweise ist die gleiche wie in den „Kreutzer-Aufgaben":

Ein Schiff E mit Westkurs ($\mu = 270°$) sieht ein feindliches Schiff F (U-Boot) genau westlich im Abstand $d_0 = 9$ sm. E hat Dampf auf für 14 sm je Stunde. Die Fahrt des Feindes wird auf höchstens 8 sm je Stunde geschätzt.

1. Wie muß E fahren, um stets außerhalb des Gefechtsabstandes von 3 sm zu bleiben, wenn keinerlei Voraussetzungen über den mutmaßlichen Kurs des U-Bootes gemacht werden?
2. Wie lange dauert das Ausweichmanöver, d. h. wann kann E den Westkurs wieder aufnehmen?

Bildlich gesprochen handelt es sich um die Festlegung des Hakens, den das Schiff gleichsam schlagen muß, um einer drohenden Gefahr zu entgehen.

Die Ermittlung des gesicherten Kurses und des Augenblicks der stärksten Annäherung an den Feind ist in den „Kreutzer-Aufgaben" gegeben worden. Alle weiteren an den Verfasser gelangten Bearbeitungen dieser Aufgabe gehen den gleichen Lösungsweg und stimmen somit restlos überein.

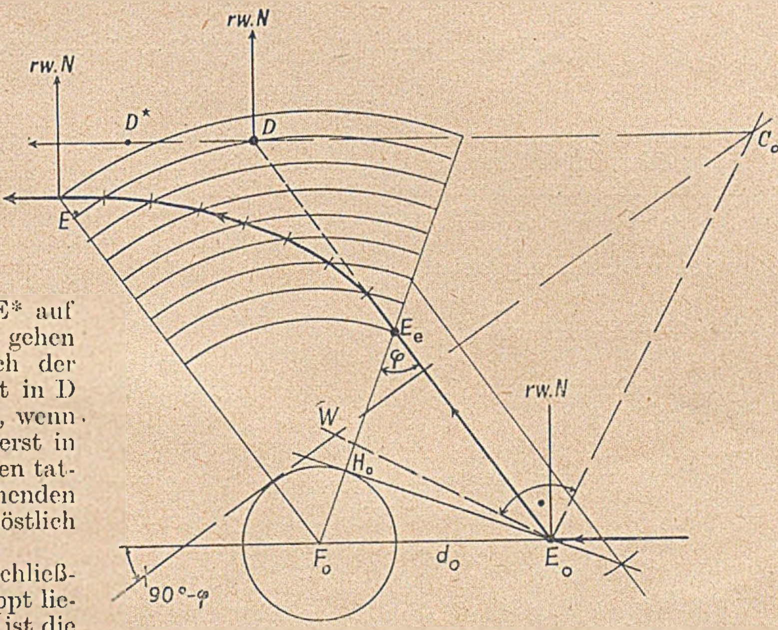
Muß E tatsächlich ausweichen, so wird die Frage interessant, welche Bahnlinie E nach Erreichung des gefährlichsten Punktes E_e befahren muß und in welchem Punkte es auf den alten Westkurs zurückdrehen kann, ohne sich jemals stärker als d_e an den Feind zu nähern. Die Theorie dieser Aufgabe ist in den Ubl. gegeben worden. Sie geht davon aus, daß das eigene Schiff E gerade mit derselben Geschwindigkeit $v_1 = v \cdot \cos\varphi = u$ entfliehen muß, mit welcher der Feind ihm nachsetzt. Daraus folgt, daß der Schnittwinkel φ, der aus $\cos\varphi = \frac{u}{v}$ folgt, zwischen dem Fahrstrahl des feindlichen Schiffes und der Kurslinie des eigenen Schiffes konstant bleiben muß, solange Ausweichen notwendig ist. Diese Bedingung erfüllt nur die log. Spirale mit dem Anfangspunkt F_0 als Pol, welche überdies durch den Punkt E_0 geht. Die Abbildung läßt ihre näherungsweise Konstruktion nochmals erkennen.

Verschiedentliche Lösungsversuche gehen an dieser Überlegung vorbei und wählen statt eines grundsätzlichen Lösungsgedankens besondere Konstruktionen, deren Notwendigkeit nicht begründet werden kann. Der Fehlschluß solcher Lösungen liegt stets darin, daß sie mit größeren Geschwindigkeiten als $v_1 = u$ arbeiten, sich somit auf der sicheren Seite bewegen, weshalb die Lösungen scheinbar stimmen. Betrachten wir die in den Ubl. veröffentlichte Lösung von ALKIER. Nach ihr erreicht

---

[1]) Ubl. 1936, S. 76. [2]) Ubl. 1937, S. 70. [3]) Ubl. 1938, S. 291.

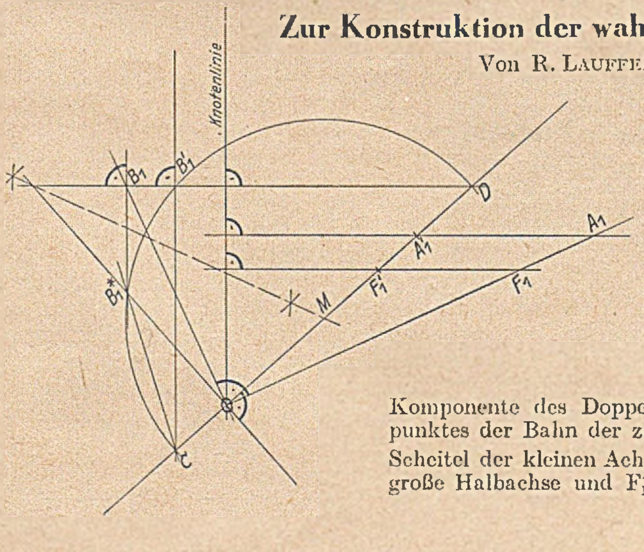
das Schiff E den gefährlichsten Punkt E_e, durchläuft ihn und läuft weiterhin auf dem ermittelten gesicherten Kurs bis zu einem Punkt D weiter, in welchen erst auf den alten Westkurs zurückgedreht wird. Die Fahrstrahlen des feindlichen Schiffes schneiden die gesicherte Kurslinie nur in E_e unter dem Winkel φ, hernach unter Winkeln, die kleiner als φ sind. Infolgedessen wird $v_1 > u$, das eigene Schiff enteilt schneller als F nachsetzt, die Minimumsforderung ist nicht erfüllt, der Haken wird zu groß.



Die Abbildung zeigt die richtige und die Lösung von Alkier (gestrichelt gezeichnet). Während das Schiff in E* auf den alten Westkurs gehen kann, kann es nach der anderen Lösung erst in D eindrehen und steht, wenn es in E* sein kann, erst in D*, ist also gegen den tatsächlich zu erreichenden Standpunkt E* nordöstlich versetzt.

Betrachten wir schließlich den in F_0 gestoppt liegenden Feind. Jetzt ist die Bahnlinie für E die Tangente an den Gefechtskreis um F_0, hernach der Kreisbogen, bis die Tangente an ihn mit der alten Kursrichtung zusammenfällt. Tatsächlich ist auch der Kreis der Sonderfall der logarithmischen Spirale für $u = 0$.

Die Möglichkeit, mit einer einzigen Kursänderung so schnell wie möglich auf alten Kurs zurückdrehen zu können, besteht nicht. Die Bahnlinie besteht aus zwei geraden Kurslinien mit einem zwischengeschalteten Bogenstück einer logarithmischen Spirale.



Zur Konstruktion der wahren Doppelsternbahn.

Von R. Lauffer in Graz.

Die Konstruktion der wahren Doppelsternbahn aus der gezeichnet vorliegenden scheinbaren (siehe Unterrichtsbl. 43, 1937, 87) läßt sich, wie die nebenstehende Zeichnung erkennen läßt, einfacher ohne den Umweg über die Zwierselipse ausführen.

Zur Erläuterung der Zeichnung möge lediglich folgendes dienen: $\overline{OA_1'}$, $\overline{OB_1'}$ sind konjugierte Halbmesser der scheinbaren Bahn. F_1' ist die eine Komponente des Doppelsterns (Bild des einen Brennpunktes der Bahn der zweiten Komponente). B_1^* ist ein Scheitel der kleinen Achse einer Hilfsellipse, für die $\overline{OA_1'}$ große Halbachse und F_1' ein Brennpunkt ist. Die Hilfsellipse und die wahre Bahn sind ähnlich und sie entsprechen sich in einer Drehstreckung. Die wahre Bahn (O, A_1, B_1, F_1) und die scheinbare Bahn entsprechen sich in einer Affinität, deren Richtung und Achse (Knotenlinie) normal sind. Richtung und Achse der Affinität gibt der Kreis um M' durch B_1^* und B_1'. Der Winkel $\widehat{B_1^*, C, B_1'}$ ist gleich dem Winkel der oben erwähnten Drehstreckung.

Zur Berechnung der dekadischen Logarithmen.

Von Karl Krüse in Innsbruck.

Es gibt einen kurzen und bequemen Weg, um die Logarithmen der ersten Primzahlen auf nahezu drei Dezimalen richtig zu erhalten, der jedem Schüler gut verständlich gemacht und in einer Unterrichtsstunde leicht bewältigt werden kann.

Ausgehend von der Gleichung

$$2^{10} = 1024$$

setzen wir näherungsweise

$$2^{10} \approx 10^3$$

und erhalten sofort $\quad 2 \approx 10^{0,3}$, d. h.

$$\log 2 = 0{,}300 \text{ (statt } 0{,}301)$$

Die Beziehung $2 \cdot 5 = 10$ liefert den Logarithmus von 5 mit derselben Genauigkeit:

$$5 = 10 : 2 = 10 : 10^{0,3} = 10^{0,7}, \quad \text{mithin}$$

$$\log 5 = 0{,}700 \text{ (statt } 0{,}699)$$

Für die Primzahl 3 findet man durch Entwicklung ihrer Potenzen

$$3^9 = 19683 \approx 20000 = 2 \cdot 10^4 = 10^{0,3} \cdot 10^4 = 10^{4,3}$$

$$3 = 10^{4,3:9} = 10^{0,478}$$

$$\log 3 = 0{,}478 \text{ (statt } 0{,}477)$$

Bei der nächsten Primzahl 7 benützen wir die Gleichung:

$$6 \cdot 7^5 = 6 \cdot 16807 = 100842 \approx 10^5$$

$$7^5 = 10^5 : (2 \cdot 3) = 10^5 : 10^{0,3} \cdot 10^{0,478} = 10^{4,222}, \text{ daraus}$$

$$\log 7 = 0{,}844 \text{ (statt } 0{,}845)$$

Würde man sich mit der Gleichung $3 \cdot 7^3 = 1029 \approx 10^3$ begnügen, dann ergibt sich für log 7 der ungenauere Wert 0,841.

Für die vier weiteren Primzahlen zwischen 10 und 20 können folgende Ansätze verwendet werden:

$$3 \cdot 11^3 = 3 \cdot 1331 = 3993 \approx 4 \cdot 10^3, \quad 11^3 = 4 \cdot 10^3 : 3, \quad 11 = 10^{1,041}$$

$$\log 11 = 1{,}041 \text{ (auf 3 Dezimalen richtig)}$$

$$7 \cdot 13^4 = 7 \cdot 28561 = 199927 \approx 2 \cdot 10^5 \qquad 13^4 = 2 \cdot 10^5 : 7$$

$$\log 13 = 1{,}114 \text{ (auf 3 Dezimalen richtig)}$$

$$17^3 = 4913 = 7^2 \cdot 10^2 \qquad 17 = 10^{1,227}$$

$$\log 17 = 1{,}227 \text{ (statt } 1{,}230)$$

$$19^4 = 130321 \approx 13 \cdot 10^4 = 10^{5,111} \qquad 19 = 10^{1,278}$$

$$\log 19 = 1{,}278 \text{ (statt } 1{,}279)$$

Unter Verwendung einer Tafel für die Quadrate und Kuben der ganzen Zahlen kann das Verfahren leicht noch weiter fortgeführt werden.

Daß die Logarithmen nur für die Primzahlen berechnet werden müssen, kann sofort oder bei späterer Gelegenheit nachgewiesen werden; es ist dies aber bereits bei der Berechnung von log 7 zu erkennen, wo man den Faktor 6 in seine Primfaktoren zerlegen muß. Es ist nicht erforderlich, daß der Lehrer selbst alle hier angegebenen Logarithmen vorrechnet, vielmehr kann ein Teil der Arbeit dem eigenen Fleiße der Schüler überlassen werden, wobei sich dann verschiedene Lösungsmöglichkeiten ergeben können.

Das hier vorgeführte und anscheinend bisher nicht bekannte Verfahren besteht also allgemein darin, daß von der Primzahl P, deren Logarithmus bestimmt werden soll, die Potenzen P^2, P^3, P^4 .... berechnet und durch Multiplikation oder Division mit einer Zahl Z, deren Logarithmus bereits bekannt ist, einer Potenz von 10 möglichst nahe gebracht werden. Bei den oben berechneten Logarithmen waren dies folgende Gleichungen:

$$6 \cdot 7^5 \mathrel{\ddagger} 10^5, \quad 3^9 : 2 \mathrel{\ddagger} 10^4, \quad 17^3 : 49 \mathrel{\ddagger} 10^2, \quad \tfrac{3}{4} \cdot 11^3 \mathrel{\ddagger} 10^3$$

Allgemein lautet die Gleichung:

$$P^m \cdot Z : Z' \mathrel{\ddagger} 10^n \quad \text{und} \quad \log P \mathrel{\ddagger} (n + \log Z' - \log Z) : m.$$

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Ein fahrbarer Projektionstisch für den biologischen Lehr- und Übungsraum.

Von Rudolf Lips in Berlin.

Durch das amtliche Raumprogramm vom 21. April 1938 sind die Maße auch für die naturwissenschaftlichen Räume festgelegt worden. In Anlehnung an diesen Ministerialerlaß sind von der Staatlichen Hauptstelle Richtlinien für die Einrichtung dieser Räume ausgearbeitet worden[1]). Im biologischen Lehr- und Übungsraum ist nun ein fahrbarer Projektionstisch vorgesehen. Da bei den einschlägigen Firmen Projektionstische mit festem Stand in Serienbau hergestellt und auch den Schulen angeboten werden, so konnte ein solcher fahrbarer Tisch bisher nur als Sonderbestellung bezogen werden. Die notwendigen baulichen Angaben erhielten die Interessenten von der Staatlichen Hauptstelle. Da sich die Anfragen in der letzten Zeit nach der Ausführung eines solchen Tisches ständig mehren, sei im folgenden dieser fahrbare Projektionstisch, der auf Grund langjähriger Erfahrungen in der Staatlichen Hauptstelle entwickelt wurde und in einer Reihe von Schulen sich aufs beste bewährt hat, näher gekennzeichnet. Dieser fahrbare Tisch dient in erster Linie dazu, die Mikroprojektion jederzeit startbereit vornehmen zu können. Da er in ca. 4 bis 5 m vom Projektionsschirm Aufstellung finden muß, kann er schnell aus seiner Abstellecke in den Mittelgang des Biologie-Lehr- und Übungsraumes gefahren werden und vor der ersten Stufe, in der sich der elektrische Anschluß befinden soll, Aufstellung finden. Damit das Bild über den 90 cm hohen Lehrer-Experimentiertisch ohne Hindernisse projiziert werden kann, ist

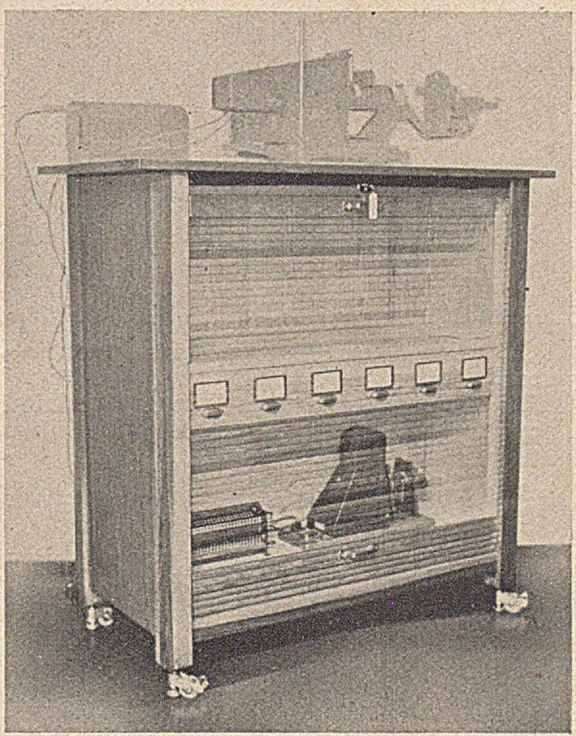


Abb. 1.

---

[1]) RMinAmtsbl. Dtsch. Wiss. Erziehg. Volksbildg. 1939, S. 132; Der Biologe, 1939, S. 342.

als Höhe des Tisches (einschließlich der Rollen) 1,25 m gewählt worden. Das hat auch den Vorteil, den Mikroprojektionsapparat in angenehmer Höhe zu bedienen. Als Aufsatzplatte dient ein 22 mm starkes Brett. Derjenige, der eine neigbare Tischplatte noch für notwendig hält, kann diese hier ohne weiteres anbringen lassen. Der Innenraum des Tisches ist so eingerichtet, daß die Projektionsapparate und ihr Zubehör untergestellt werden können. Außerdem sind sechs ausziehbare kleine Kästen angebracht

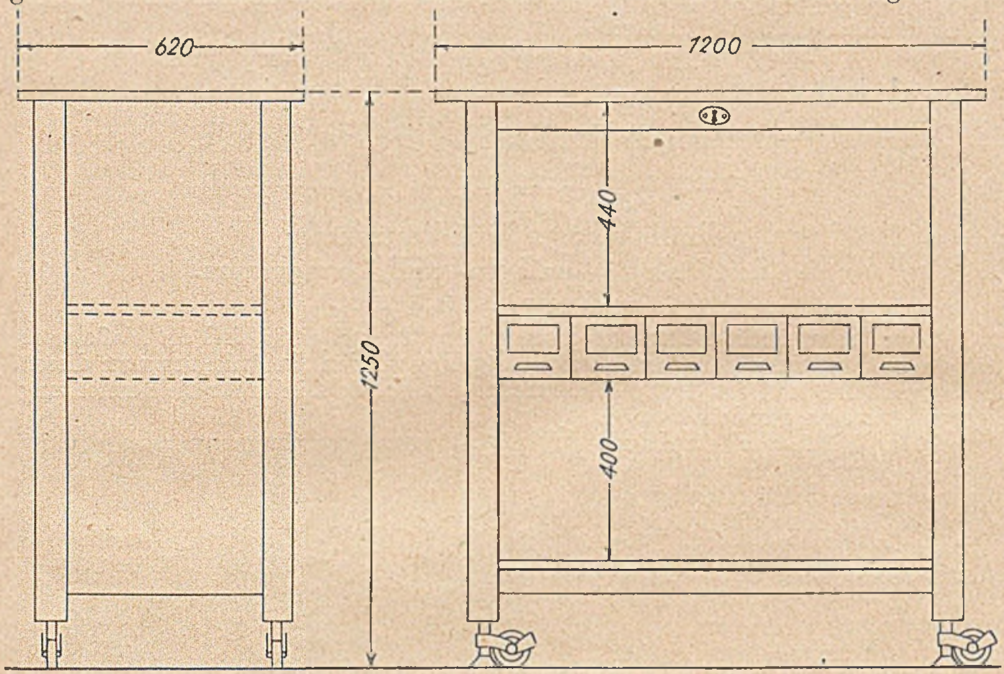


Abb. 2.

worden, in die kleines optisches Zubehör und Hilfsmittel übersichtlich eingeordnet werden können. Der Tisch soll nach Art der Büromöbel durch eine Rolljalousie verschlossen werden. Das hat den großen Vorteil, daß die teuren und kostspieligen Geräte vor dem unerlaubten Zugriff übereifriger Schüler geschützt sind, wenn die Apparate unbenutzt im Lehrraum abgestellt werden. Alle näheren Einzelheiten sind aus der Bauzeichnung und der Abbildung zu erkennen.

Die Fassung des 2. Wärmehauptsatzes.

Von Otto Brandt in Berlin.

Die Lehrpläne verlangen die Durchnahme der „Ausnutzbarkeit eines Wärmeenergievorrates". Jedoch liegt dies Gebiet sicherlich auf der Grenze des der Schulphysik Zugänglichen und wird deshalb wohl häufig der Zeitnot des Unterrichtes zum Opfer fallen. Der 2. Hauptsatz bietet zudem dem Lernenden viele Schwierigkeiten. Dazu trägt bei, daß in elementaren Darstellungen häufig Formulierungen zu finden sind, die Mißverständnisse gröbster Art geradezu herausfordern.

Der Begriff „Wärme": Ganz ohne Zweifel wird das Wort Wärme sehr vieldeutig benutzt: Wärme als Gefühl, als Zustand und Eigenschaft eines Körpers, als Energieform, als Energieinhalt usw. Offenbar besteht ein Bedürfnis nach der mehrfachen Benutzung des Wortes. Clausius zum Beispiel spricht von der „Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen". Er meint damit die molekulare Bewegung. Gleichzeitig findet man bei ihm auch Gleichsetzung mit einem Teil der inneren Energie. Wird dem Körper Wärme zugeführt, so wird diese nach ihm gebraucht: 1. zur Erhöhung der „wirklich im Körper vorhandenen Wärme, das heißt der lebendigen Kraft seiner Molekularbewegung"; die gesamte kinetische Energie der Molekel ist identisch mit dem „Wärmeinhalt" H im CLAUSIUSschen Sinne; 2. zur Verrichtung von Arbeit, und zwar von innerer und äußerer Arbeit (J und A). Es gilt nach CLAUSIUS: $\Delta Q = \Delta H + \Delta J + \Delta A = \Delta H + \Delta W$. Man muß sagen, daß diese Aufteilung sehr klar war und dem Lernenden in seinen Vorstellungen außerordentlich behilflich. Die heutige Thermodynamik ist davon aber aus bestimmten Gründen abgegangen und ihre Grundgleichung lautet $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$ (U innere Energie). Sie faßt also in Gegensatz zu CLAUSIUS ΔH und ΔJ als ΔU untrennbar zusammen. Die zugeführte Wärme ΔQ ist (jeweils $\Delta A = 0$ vorausgesetzt) dann also in keiner eindeutigen „Zustandsform Wärme" (bei CLAUSIUS H) im Körper wiederzufinden, und die innere Energie U wird man gewiß nicht als Wärme bezeichnen wollen. Dagegen ist wohl die Temperatur durch die kinetische Energie der Molekel eindeutig bestimmt.

Damit hat aber auch der CLAUSIUSsche Begriff „Wärmeinhalt" zu bestehen aufgehört. Von der Thermodynamik wurde das Wort in ganz anderer Sinngebung zur Benennung der GIBBschen Wärmefunktion aufgegriffen. Die technische Thermodynamik bezeichnet mit „Wärmeinhalt" wiederum die Wärmemenge, die notwendig ist, um den Körper von 0° C bis zur betrachteten Temperatur zu erwärmen unter der — in elementaren Darstellungen oft nicht beachteten — Voraussetzung konstanten Druckes. Für die Schule hat diese irreführende Bezeichnung keine Bedeutung und wird ja auch mit Recht gemieden. Eindeutig dagegen ist stets die „Wärme" als Form des Energieüberganges: „Arbeit nennen wir die Form der Energie, welche durch eine Kraft bei gleichzeitiger Bewegung übertragen wird. Wärme nennen wir die Form, welche infolge eines Temperaturunterschiedes zwischen zwei Körpern übergeht." (G. MIE, Ubl. 1941, S. 111.)

W ä r m e u n d A r b e i t b e i e i n e m i d e a l e n G a s: Betrachtet man als Beispiel den Zustand eines idealen Gases, das die einfachsten Verhältnisse bietet, so offenbart sich die in ihm enthaltene Energie als die Summe der kinetischen Energien seiner Molekel. Diese Energie kann vergrößert und verkleinert werden, und zwar wesentlich auf zwei Wegen:

1. Im Mikroskopischen: Die Molekel stoßen gegen andere und geben dabei einen Teil ihrer kinetischen Energie ab. Das Gas verliert also an Temperatur. Das geschieht zum Beispiel dann, wenn das Gas mit einem anderen kälteren Körper in Berührung kommt. Das Temperaturgefälle ruft einen Energiefluß hervor. Die Erscheinung nennt man Wärmeleitung, die ü b e r g e h e n d e E n e r g i e h e i ß t W ä r m e. (Desgleichen wenn der Übergang durch Wärmestrahlung geschieht.)
2. Im Makroskopischen: Die Molekel des Gases stoßen auf eine bewegliche Grenzfläche, zum Beispiel einen im Zylinder beweglichen Kolben. Wenn der Kolben dadurch zurückweicht, wird Energie übertragen, die Molekel verlieren kinetische Energie. Die Summe der Stöße wirkt auf die Grenzfläche als Kraft (Druckkraft). Beim Zurückweichen des Kolbens wird ein Weg zurückgelegt. Die vom Gas auf den Kolben ü b e r g e h e n d e E n e r g i e h e i ß t A r b e i t. Wenn der Kolben weit genug unter Arbeitsleistung zurückweichen kann, so wird schließlich die gesamte molekulare Energie als Arbeit abgeführt.

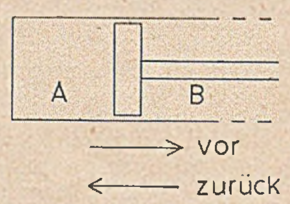
F a l s c h e F a s s u n g e n d e s 2. H a u p t s a t z e s: Diese Aussage scheint in Widerspruch mit dem zweiten Hauptsatz zu stehen, falls dieser formuliert wird: „Vom gesamten Wärmeinhalt eines Gases kann nur ein Teil in Arbeit umgesetzt werden." Dieser Widerspruch liegt nicht an einem Fehler in meiner obigen Behauptung, sondern in der gänzlich falschen Fassung des 2. Hauptsatzes.

Genau so falsch ist: „Von einer Wärmemenge Q kann nur ein Bruchteil in Arbeit verwandelt werden." Lassen wir wiederum wie oben das Gas den Kolben treiben, sorgen aber dafür, daß es sich nicht abkühlt, indem durch Leitung Wärme zugeführt wird, so kann dem Kolben Arbeit abgenommen werden. Ins Gas fließt dauernd von außen Energie in Form von Wärme. Im ganzen gesehen wird dabei die zugeführte Wärme in *vollem* Betrag benutzt zur Gewinnung von Arbeit. Auf solche falschen Formulierungen machte schon M. PLANCK vor langer Zeit aufmerksam (vgl. auch F. KÖNNEMANN) [1]).

Ein Weg zur Wärmekraftmaschine: Fehlschlüsse vermeidet man — wie überall — am besten, wenn man auf induktivem Wege schrittweise vorgeht. Die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse muß allerdings behauptet werden. Das läßt sich auf diesem schwierigen Gebiet nicht vermeiden. Anschließend sei ein geeignetes Beispiel entwickelt, das auf eine Heißluftmaschine führt.

Es soll versucht werden, in einer gleichtemperiert gedachten Welt die molekulare Energie zur Arbeitsleistung in einer Maschine zu bringen. Man wird zunächst als arbeitenden Stoff ein Gas als vorteilhaft erkennen; denn es kann sich unter Arbeitsleistung ausdehnen oder zusammenziehen. Es sei also in einem Zylinder mit beweglichem Kolben eine Gasmenge eingeschlossen. Dehnt das Gas sich unter Arbeitsleistung am Kolben aus, so geht molekulare Energie in Arbeit über, während Wärme von außen durch die Zylinderwand zuströmt. Man muß dabei aus anderen Ergebnissen voraussetzen, daß die Wärme in der Arbeit ihren vollen Ausgleich (mechanischen Wärmeäquivalent) findet. Die Aufgabe ist also scheinbar schon gelöst. Die zugeströmte Wärme ist der „Einsatz"; die Arbeit der „Nutzen". Der Nutzeffekt Nutzen/Einsatz ist 1. Nun ist bei einer brauchbaren Maschine aber notwendig, daß der Kolben wieder zurückfährt, wie ohne weiteres einzusehen ist. *Der Anfangszustand muß wiederhergestellt werden, um einen brauchbaren Vorgang zu erzielen.* Das Wort „Wärmekraftmaschine" muß stets im Sinne einer solchen periodisch arbeitenden Maschine verstanden werden. Das ist eine wichtige Erkenntnis, auf der alles Weitere beruht. Um den Kolben zurückzudrücken, wird Arbeit gebraucht, die sich in molekulare Energie umsetzt und als Wärme durch die Zylinderwand abgeleitet wird. Wie der Vorgang auch geleitet wird, nie gelingt es, in der gleichtemperierten Welt ohne dauernde äußere Veränderung Arbeit aus der molekularen Energie zu gewinnen.

Es wird dem Erfinder nunmehr zugestanden, daß *während* des Vorganges im Gase Temperaturunterschiede auftreten dürfen. Der Druck in A sei größer als in B; der Kolben wird vorwärtsgedrückt. Dabei läßt man ihn maximale Arbeit leisten. Das Gas in A mit der diesmal wärmeundurchlässigen Zylinderwand kühlt sich ab. Es gibt also tatsächlich molekulare Energie zur Arbeitsleistung her. Dennoch ist das Verfahren so noch nicht brauchbar, denn der Kolben muß laut Grundbedingung wieder zurückgeführt werden. Das könnte man machen, indem man ihn in die Anfangslage zurückdrückt. Bei der Pressung kommt das Gas auf seine alte Temperatur, Druck und Volum; damit hat es auch seine molekulare Energie wieder, und da weitere Energie weder ein- noch aus-



geströmt ist, kann nach dem 1. Hauptsatz auch keine Arbeit gewonnen worden sein. Jedes ähnliche Verfahren, wie es auch erdacht wird, führt auf das gleiche Ergebnis.

Als nächste Erweiterung muß zugestanden werden, daß vor Beginn des Prozesses Temperaturunterschiede hergestellt werden dürfen, und dann muß der Bau einer Wärmekraftmaschine unter diesen Bedingungen versucht werden. Man erwärmt A über die Temperatur 20° C der Umgebung auf 100° C entweder durch natürliche oder künstliche Wärmequellen. Der Kolben sei zunächst festgehalten worden, der Druck in A ist gestiegen, danach wird der Kolben unter Arbeitsleistung vom sich ausdehnenden Gas vorwärtsgeschoben. Molekulare Energie geht als Arbeit auf den Kolben über und das Gas kühlt sich ab. Die Ausdehnung dauert so lange an, bis der Druck in A so groß ist wie vor der Erwärmung, d. h. so groß wie der in B und der übrigen Umgebung. Dann ist — da in A die Gasmenge und der Druck dieselben sind wie vor der Erwärmung, das Volumen aber größer geworden ist —

[1]) Zs. f. math.-nat. Unterr. 62, 9, 1931.

die Temperatur in A größer als vor der Erwärmung, d. h. höher als 20° C, aber kleiner als 100° C, das folgt ohne Kenntnis von Adiabaten usw. schon aus dem GAY-LUSSACschen Gesetz.

Ein Teil der zur Erwärmung auf 100° C hineingesteckten Wärme ist also zur Arbeit benutzt worden; ein Teil ist als Erwärmung des Gases noch zurückgeblieben, also vorläufig noch nicht verloren. Die Maschine steht nun; soll der Kolben zurück, so kann auf 20° C abgekühlt werden. Die betreffende Wärmemenge, die das Gas von der Erwärmung her noch enthält, geht an die Umgebung verloren. Dann ist der Anfangszustand hergestellt, denn: 1. der Kolben ist in der alten Lage, 2. das Gas hat die Temperatur 20° C wie vor der Erwärmung. Es hat auch den Druck wie vor der Erwärmung und mithin auch das alte Volumen.

Es ist diesmal aber wirklich ein Teil der erzeugten Wärme durch die Wärmekraftmaschine in Arbeit übergeführt worden. Das gelang offenbar nur, weil am Anfang des Prozesses ein Temperaturunterschied vorhanden war. Die zur Erwärmung von 20° auf 100° C zugeführte Wärmemenge Q_1 ist der Einsatz — er kostet Geld. Es wurde die Arbeit $A = k \cdot Q$ gewonnen. Diese ist der Nutzen. Die Wärmemenge $Q_1 - Q = Q_2$ ist der Verlust. Der Nutzeffekt ist $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$.

Dabei sei ausdrücklichst, um einem häufigen Fehlschluß des Lernenden vorzubeugen, betont, daß der Nutzeffekt den zur Arbeit benutzten Teil der zugeführten Wärme, nicht etwa seines gesamten molekularen Energiegehaltes, bestimmt. [Falls 1 g Gas benutzt wird, ist Q_1 gegeben durch $C_v \cdot (T_1 - T_2)$, nicht etwa durch $C_v \cdot T_1$! Vgl. auch den nachfolgenden Aufsatz von F. KÖNNEMANN.]

Ob man die obige Gedankenreihe zur Erfindung einer Wärmekraftmaschine in der Schule durchführen will und kann, soll hier nicht entschieden werden, da das zu sehr von den jeweiligen Umständen abhängt und andere Wege schneller zum Ziele führen. Man wird sich dort meistenteils mit der Erwähnung der Erfahrungstatsache begnügen müssen, daß alle Wärmekraftmaschinen (Dampfmaschine, Otto- oder Dieselmotor) einen Temperaturunterschied ausnutzen und daß kein Schiff je den Ozean befuhr, das Wärmeenergie aus dem Wasser nahm und in seinen Maschinen zur Arbeitsleistung benutzte.

Der theoretische Nutzeffekt: Man kann nun den Arbeitsgang auf vielen anderen Wegen als auf den oben beschriebenen führen, und man kann versuchen, den Nutzeffekt 1 zu erreichen. Wie genauere theoretische Untersuchungen gezeigt haben, ist das aber nicht möglich. Der Nutzeffekt ist bestenfalls gegeben durch den Bruch $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ und wird erreicht beim CARNOTschen Kreisprozeß, wo T_1 und T_2 die bekannte Bedeutung haben.

Das heißt: In einer Wärmekraftmaschine mit wiederkehrendem Arbeitsgang kann nur ein Teil der zugeführten Wärme in Arbeit umgesetzt werden. Der größtmögliche Nutzeffekt ist gegeben durch $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$; dabei ist T_1 die obere, T_2 die untere Temperatur des als notwendig erkannten Temperaturgefälles.

Eine Ableitung des theoretischen Nutzeffektes kann mit elementaren Mitteln und auf einwandfreie Art nicht erreicht werden (vgl. KÖNNEMANN).

Ohne den gesperrten Zusatz ist die Aussage bedenklich [2]), es sei denn, daß der Begriff Wärmekraftmaschine als einer periodischen Maschine genügend gefestigt ist. Merksätze müssen aber in sich voraussetzungslos richtig, unmißverständlich und narrensicher sein, wenn sie nicht mehr schaden als nutzen sollen.

Die Fassung des 2. Hauptsatzes im unmittelbaren Anschluß an die Wärmekraftmaschine ist zweifelsohne schulgemäßer als alle anderen. Der nachfolgende Aufsatz von Herrn KÖNNEMANN, der — wie auch der meinige — einer gegenseitigen Fühlungnahme entspringt, bringt hierüber noch einige weitere Erörterungen.

[2]) So beruhen zum Beispiel selbst die Einwände von HIRN auf Mißdeutung der CLAUSIUSschen Fassung, indem er die Bedingung, daß keine weiteren Veränderungen zurückbleiben dürfen — bei CLAUSIUS kurz ausgedrückt durch „von selbst" — nicht beachtete. Wie sehr müssen dann aber erst Schüler solchen Mißverständnissen ausgesetzt sein!

Schulwege zum 2. Hauptsatz.

Von F. KÖNNEMANN in Glogau.

Der 2. Hauptsatz ist eine der bedeutendsten Gedankenkonstruktionen der modernen Physik. Seine theoretische Spitze findet er im Begriff der Entropie, seine praktische und lebenswichtigste Bedeutung aber gipfelt in der Anwendung auf die Theorie der Wärmekraftmaschinen. Der Lehrer, der vor der Frage steht, wie weit das Gebiet des 2. Hauptsatzes für die Schule von Bedeutung sei, wird versuchen, vorerst einmal ohne Rücksicht auf Schulbedürfnisse aus der Fülle der wissenschaftlichen Einzeltatsachen die wesentlichen Grundgedanken zusammenzufassen und in vereinfachter Form klarzulegen. Doch ist mit solcher Besinnung auf die Grundgedanken der Theorie die vorbereitende Arbeit des Lehrers noch nicht getan: Er muß sich vielmehr jetzt erst die Frage beantworten, was er von diesem wissenschaftlichen Tatbestand für die Schule braucht und wie er es bringt. Insbesondere beim 2. Hauptsatz wird die erstere Frage wohl so beantwortet, daß von den zwei oben erwähnten Gipfeln der physikalischen Theorie nicht der abstrakt theoretische der Entropie, sondern vielmehr nur der anschaulich praktische des Wirkungsgrades der Wärmekraftmaschinen für die Schule verständlich sein wird, wie denn auch in „Erziehung und Unterricht" das Schwergewicht auf diese Frage gelegt wird. Die Erarbeitung dieses methodisch nicht ganz leichten Gebietes ist aber immer ein recht weites Feld mit mancherlei Irrwegen gewesen (vgl. den vorhergehenden Aufsatz von O. BRANDT). Aus diesem Grunde hat Verf. schon früher einmal (Zs. f. d. math. u. nat. Unterr., 1931, S. 9f.: Bemerkungen zur Darstellung des 2. Hauptsatzes in der Schule) auf solche und auf methodische Möglichkeiten hingewiesen. Da aber derweilen doch Zeitausmaß und Zielsetzung des Physikunterrichtes gegenüber der früheren Oberrealschule sich wesentlich gewandelt haben, sei im folgenden nochmals Richtung und Grenze eines möglichen Schulweges zum 2. Hauptsatz kurz umrissen, und da dessen Verständnis wiederum bedingt ist in der klaren Erkenntnis des ersten, sei auch auf dessen schulmethodische Entwicklung kurz zurückgegangen.

1. Die Energievorstellung soll sich schrittweise entwickeln, am Eingang stehe die landläufige Vorstellung von der Energie als dem Vermögen, irgend etwas zu leisten.

2. Die Wärmelehre bringt dann die ersten physikalischen Vorstellungen von Vorgängen, bei denen Energie in Form von Wärmeenergie auftritt. Zum Beispiel a) ein erwärmter Körper kühlt sich ab, b) ein flüssiger Körper erstarrt, c) ein Dampf kondensiert, d) ein Körper verbrennt. Alle geben eine meßbare Wärmemenge ab, d. h. sie besitzen gemäß 1. Energie. a), b), c) zeigen, daß so viel Wärme herauskommt, wie hineingesteckt wurde (Erhaltung der Wärmeenergie); b), c) zeigen, daß Zuführung von Wärmeenergie nicht ohne weiteres an Temperaturerhöhung erkenntlich ist.

3. Mechanik der Oberstufe: Arbeitsbegriff, das Vermögen Arbeit zu leisten, Arbeitsenergie in Form von Energie der Lage und der Bewegung.

4. 1. Hauptsatz. Bisher wurde getrennt betrachtet nur Wärmeaustausch oder nur Arbeitsaustausch. Bei den meisten Vorgängen tritt aber beides ein; wichtigstes Schulbeispiel: Erzeugung von Wärme durch Reibung. Äquivalenz von Arbeit und Wärme. Hauptergebnis: Es ist von jetzt ab unmöglich, im allgemeinen Fall noch gesondert Wärme und Arbeit bei einem Vorgang unabhängig voneinander zu betrachten. Das ist nur noch in Sonderfällen möglich (z. B. die Fälle 2, siehe auch die folgende Ziffer 6). Folgerung: perpetuum mobile erster Art.

Wärme und Arbeit sind von jetzt ab nur noch Formen des Energieüberganges, nicht des Energieinhalts (Sonderfälle der Möglichkeit einer Trennung Ziff. 6). Ein Vergleich: Die Straßenbahn, die grundsätzlich in Kleingeld einkassiert, hat nicht notwendig ihr Vermögen in Zehnpfennigstücken auf der Bank.

5. Die kinetischen Vorstellungen der Wärmetheorie. Die innere Energie eines Körpers als mechanische Energie der Moleküle. Molekulare Vorstellungen von Wärme- und Arbeitsübergang. Die kinetische Energie eines Gasmoleküls als Maß der Gastemperatur. Die isotherme Arbeitsleistung eines Gases ohne Änderung seiner inneren Energie. Hierbei wird also alle zugeführte Wärme in Arbeit verwandelt.

6. Ergänzende Besinnung für den Lehrer: Während die Schule gerade durch das Beispiel von der Erzeugung von Wärme durch Reibung und aus allgemeinen didaktischen Gründen sich gezwungen sieht, von jetzt ab möglichst deutlich die allgemeine Unmöglichkeit der Begriffe Wärmeinhalt und Arbeitsinhalt zu betonen, hat die Praxis demgegenüber das Bedürfnis (z. B. in der physikalischen Chemie), die Vorstellung einer Wärmefunktion und eines Arbeitspotentials in möglichst vielen Sonderfällen aufrechtzuerhalten. Einige solche Beispiele: a) $p = \text{const.}$ $\Delta A = -p\Delta V = -\Delta(pV)$, $A = -pV$, $Q = U + p \cdot V$ (U innere Energie, p Druck, V Volumen, ΔA und ΔQ die zugeführten Arbeits- und Wärmebeträge, A und Q die Arbeits- und Wärmefunktion, S die Entropie. Dies erklärt zum Beispiel den Unterschied zwischen der äußeren und der inneren Verdampfungswärme. b) $V = \text{const.}$ $A = 0$, $\Delta Q = \Delta U$, $Q = U$ (Erwärmung von Körpern ohne merkliche Ausdehnung). c) $T = \text{const.}$ Für umkehrbare Prozesse gilt $\Delta Q = T \cdot \Delta S = \Delta(TS)$, $Q = T \cdot S$, $A = U - T \cdot S$ („freie Energie"). Zum Beispiel isotherme Ausdehnung eines Gases, Kapillarität usw. d) $S = \text{const.}$, adiabatische Prozesse, $Q = 0$, $A = U$. Wie bedenklich für die Schule diese in der Praxis oft so brauchbaren Begriffe sind, geht am deutlichsten wohl daraus hervor, daß zum Beispiel im CARNOTschen Kreisprozeß die Aneinanderreihung der jeweiligen Arbeits- und Wärmefunktionen auf den vier Arbeitsabschnitten zum Schluß nach Rückkehr in den Ausgangspunkt nicht zu den Ausgangswerten der betreffenden Funktionen zurückführen kann, was dann natürlich mit der Vorstellung einer einheitlich durch den Zustandspunkt bestimmten Funktion ganz unvereinbar ist. Niemals wird ein Schüler diesen Unterschied, der auf der Vorstellung vom vollständigen Differential beruht, verstehen können. Darum nochmals: Die Schule kennt keinen Wärmeinhalt und keinen Arbeitsinhalt getrennt, sondern im allgemeinen Falle nur einen Energieinhalt.

Ein gedanklicher Weg zum 2. Hauptsatz: Wir haben durch Reibung, also durch Arbeit, Wärme an die Umgebung gegeben. Können wir umgekehrt der Umgebung diese Wärme wieder entziehen und in Arbeit verwandeln? Aufgabe einer isothermen Wärmekraftmaschine mit einem Wärmebehälter. (Vgl. zu Ziff. 7—11 die Entwicklung der technischen Lösungsversuche in einfachster Form bei O. BRANDT, a. a. O.)

8. Daß das in gewissen Fällen tatsächlich möglich ist, zeigt das Beispiel aus Ziffer 5. Häufigster Verstoß bei der Formulierung des 2. Hauptsatzes ist zum Beispiel: „Arbeit kann ganz in Wärme, aber Wärme nicht ganz in Arbeit verwandelt werden." Diese Fassung ist zwar anscheinend unausrottbar, aber ganz falsch.

9. Inwiefern ist ein solches isotherm expandierendes Gas noch keine Wärmekraftmaschine im eigentlichen Sinne? Kennzeichen einer „Wärmekraftmaschine": Dauernde Umwandlung von Wärme in Arbeit ohne eigene dauernde Veränderung der Maschine (periodischer Prozeß).

10. Formulierung des 2. Hauptsatzes: Es gibt keine Vorrichtung, welche gestattet, einer Wärmequelle Wärme zu entziehen und ganz in Arbeit zu verwandeln, ohne daß mit den beteiligten Körpern noch andere Veränderungen vor sich gehen. Kurz: Es gibt kein perpetuum mobile zweiter Art.

11. Die Wärmekraftmaschine mit zwei Wärmebehältern verschiedener Temperaturen, T_1 und T_2. Die Möglichkeit einer Wärmekraftmaschine mit zwei Wärmebehältern zeigt die Wirklichkeit, methodisch schöner ist die schrittweise technische Entwicklung des Problems, wie sie O. BRANDT zeigt, bis zur einfachen Heißluftmaschine, die nur bescheidenste Schulkenntnisse voraussetzt und den Vorzug hat, nur einen Arbeitsgang ohne Wärmeaustausch und getrennt davon zwei arbeitslose Wärmeaustauschgänge zu besitzen. Erklärung des Wirkungsgrades $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$. Folgerung: Wird die bei der niederen Temperatur T_2 abgegebene Wärme Q_2 erneut in eine Wärmekraftmaschine gesteckt und teilweise in Arbeit verwandelt, während eine noch kleinere Wärmemenge Q_3 bei der noch tieferen Temperatur T_3 abgegeben wird, so ist bei Verbindung beider Maschinen der gesamte Arbeitsgewinn aus Q_1 größer geworden. Der Wirkungsgrad einer Wärmekraft-

maschine steigert sich also mit der Temperaturdifferenz. Die CARNOTsche Formel für den Wirkungsgrad $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ wird in der Schule nicht bewiesen, nur angeführt. Der Beweis ist nur möglich, entweder mit Hilfe der Durchrechnung eines Carnotprozesses mit einem idealen Gas und Übertragung des Ergebnisses auf beliebige andere Carnotprozesse mit Hilfe des 2. Hauptsatzes oder ohne Verwendung idealer Gase mit Einführung der thermodynamischen Temperaturskala (Verf., a. a. O. S. 14). Alle sonst gebräuchlichen „Schulbeweise" sind völlig abwegig, insbesondere der, in welchem willkürlich nur die Arbeitsleistung auf der Adiabaten betrachtet wird, wobei die zugeführten und abgegebenen Wärmemengen fälschlicherweise mit der inneren Energie des Gases identifiziert werden, die freilich der absoluten Temperatur verhältnisgleich ist.

Möge einmal dieser häufigste und am schwersten entwirrbare Fehler hier genauer erörtert werden.

Man geht meist von einem Zylinder mit Kolben aus, der durch ein Ventil mit der Außenluft ($p_2 T_2$) in Verbindung gebracht werden kann, und betrachtet einen Prozeß, der im wesentlichen mit der von O. BRANDT geschilderten einfachsten Heißluftmaschine übereinstimmt. Man schließt dann aber mit mancherlei kleinen Varianten im Grunde stets so:

a) Der Kolben steht links, er enthält Luft ($p_2 T_2$). Das Ventil wird geschlossen. Bei konstantem Volumen wird auf T_1 erwärmt. Dann enthält die Luft — es sei etwa 1 g — die Energie („Wärmeenergie") $W_1 = c_v \cdot T_1$.

b) Die erhitzte Luft leistet durch Ausdehnung adiabatische Arbeit bis zum Außendruck p_2. Dann ist ihre Temperatur T_2, ihr Energiegehalt $W_2 = c_v\, T_2$, die Arbeit also $c_v\,(T_1 - T_2)$.

c) Da die gesamte „Wärmeenergie" im Anfang $W_1 = c_v T_1$ war, kommt als Wirkungsgrad $$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

d) Schiebt man jetzt arbeitslos den Kolben bei geöffnetem Ventil zurück, so ist die Ausgangsstellung erreicht und der Prozeß kann wieder beginnen, es liegt also eine periodisch wirkende Heißluftmaschine mit *einem* Arbeitsgang und scheinbar nur *einem* Wärmeaustauschgang vor. (Dieser letzte Punkt wird meist gar nicht mehr erwähnt, spielt aber für die „Einfachheit" und „Richtigkeit" des Beweises eine große Rolle.)

Die Ableitung ist völlig falsch. Ihre List beruht darin, daß ein Prozeß mit nur einer Adiabaten, auf der allein Arbeit geleistet wird, benutzt wird. Gerade darum aber muß sie falsch sein, da nur Carnotprozesse, also solche mit zwei Adiabaten, den besten Wirkungsgrad η haben dürfen.

Wo steckt der Fehler?

Verfolgen wir alle Schritte nochmals:

a) Die Außenluft ($p_2 T_2$) hat bei geöffnetem Ventil auch den Raum A erfüllt.

b) Wir schließen das Ventil und erwärmen bis T_1. Erster Fehler: *Wir führen nicht* die Wärme $W_1 = c_v\, T_1$, sondern, da wir ja von T_2, nicht vom absoluten Nullpunkt aus erhitzen, nur $W_1' = W_1 - W_2 = c_v\,(T_1 - T_2)$ zu.

c) Schon kommt der zweite Denkfehler: Lassen wir die Luft sich jetzt adiabatisch ausdehnen, so erreicht sie den Luftdruck p_2 außen keineswegs bei der Temperatur der Außenluft T_2, sondern bei $T_2' > T_2$, weil ja die ausgedehnte Luft jetzt den gleichen Druck p_2 wie ganz im Anfang haben muß.

Das Gas hat also nur die Arbeit geleistet

$$A = W_1 - W_2' < W_1 - W_2, \text{ also}$$
$$A = c_v\,(T_1 - T_2').$$

d) Damit ist der dritte Fehler begangen worden: Nicht nur die Maschine, sondern auch die Außenluft hat Arbeit von der erhitzten Luftmenge durch den Kolben übernommen; letztere offenbar die Arbeit $p_2\,(V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{J}$ (J Wärmeäquivalent); es bleibt also der Maschine nur die Arbeit

$$A' = c_v\,(T_1 - T_2') - \frac{p_2}{J}\,(V_2 - V_1)$$

e) Die letzten Überlegungen bleiben richtig: Ich tausche arbeitslos die heiße Luft ($p_2 T_2'$) gegen ein gleiches Volumen ($p_2 T_2$) aus und schiebe bei offenem Ventil den Kolben arbeitslos in die Ausgangsstellung zurück. Damit kommt als Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{C_v (T_1 - T_2') - \frac{p_2 (V_2 - V_1)}{J}}{c_v (T_1 - T_2)}$$

Dieser Wirkungsgrad hat natürlich nichts mehr mit dem CARNOTschen zu tun. Ändert man endlich das Verfahren so ab, daß der Außenraum B luftleer ist, so ändert sich doch nichts am Endergebnis.

Aus der perpetuum mobile-Fassung des 2. Hauptsatzes folgt sehr leicht das Prinzip von CLAUSIUS: Wärme kann nicht von selbst (d. h. nicht ohne weitere Veränderungen in der Umwelt) von niederer zu höherer Temperatur fließen. Denn flösse von selbst Wärme von niederer zu höherer Temperatur, so könnte diese höher temperierte Wärme eine Wärmekraftmaschine treiben, die dann am Ende Wärme allein aus dem unteren Wärmebehälter in Arbeit verwandelt hätte. Gilt umgekehrt das Prinzip von CLAUSIUS, so könnte ein trotz diesem mögliches perpetuum mobile zweiter Art etwa in einer Dynamomaschine Elektrowärme beliebig hoher Temperatur erzeugen, es flösse also Wärme „von selbst" von niederer zu höherer Temperatur. Das Prinzip von CLAUSIUS ist also dem Satz von der Unmöglichkeit des perpetuum mobile zweiter Art äquivalent; doch empfiehlt sich vor jener die letztere Fassung, falls man nicht auch dieser zwar sehr prägnanten, aber doch mehr negativen Form die noch konkretere und positiv gefaßte „Maschinenfassung" (vgl. BRANDT) vorzieht. Bringt man aber einmal daneben das Prinzip von CLAUSIUS, so sollte man im obigen Sinne die Äquivalenz beider Fassungen nachweisen.

An dieser Stelle ungefähr liegen heute wohl die notwendigen und auch hinreichenden Grenzen einer Schultheorie des 2. Hauptsatzes. Wer die wirkliche Unterrichtspraxis kennt, wird insbesondere auch jeden Hinweis zum Beispiel auf die Entropie, das CLAUSIUSsche Prinzip des Wärmetodes der Welt, auf den Unterschied zwischen reversiblen und irreversiblen Prozessen oder gar auf den Zusammenhang zwischen Entropie und statistischer Wahrscheinlichkeit ablehnen. Die Schulphysik hat sich heute angesichts der unbegrenzt fortschreitenden Forschung bewußt auf eine ihr gemäße Begrenzung beschränkt und wird so auch der Forschung am besten dienen, wenn sie im engeren Rahmen saubere und jugendgemäße physikalische Erziehungs- und Denkarbeit leistet, ohne in scheinwissenschaftlichen Darbietungen einer Überfülle schwierigsten Stoffes im Jungen das überhebliche Gefühl des oberflächlichen Allwissens großzuziehen.

Bücherbesprechungen.

Baur, Arnold, Die affinen Verwandtschaften. 47 S., 46 Fig., geh. 2,40 RM.

—, —, Die Zentralprojektion als geometrische Verwandtschaft. 55 S., 50 Fig., geh. 2,60 RM. Dr. M. Matthiesen & Co., Berlin SW 68, 1940. Erschienen in der Schriftenreihe zur Gestaltung des Unterrichtes: Die Werkstatt der Höheren Schule, Bd. 133 u. 134.

Im Mittelpunkt der beiden Bändchen steht die geometrische Verwandtschaft zwischen dem Kreis und den Kegelschnitten, die im Geiste des Erlanger Programms und nach der Methode der beiden bekannten Württemberger Mathematiker V. u. K. KOMMERELL dargestellt worden ist. Infolgedessen finden wir nicht nur den rein geometrischen Weg, sondern auch den der Rechnung. Mit Hilfe von Koordinaten und Transformationsgleichungen werden die Überführungen des Kreises in andere Kurven zahlenmäßig bestätigt.

Als Randwerk ist ein recht kurzer Abschnitt gegeben über das Lichtbild und seine Entzerrung und ein Ausblick mit schönen Figuren über die zentralprojektive Abbildung von Kurven, die von höherer als der zweiten Ordnung sind.

Nach dem Ziel der Sammlung sind diese Heftchen für die Hand des Lehrers bestimmt. Aus Textandeutungen geht hervor, daß der Verfasser das Stoffgebiet für Arbeitsgemeinschaften geeignet hält.

Auf Seite 7 ist der Begriff der Fluchtlinie nicht klar herausgearbeitet. Satz IV, S. 19, setzt voraus, daß gesagt ist, in welcher Ebene diese Geraden liegen oder welcher Ebene sie gleichgerichtet sind. Außerdem erkennt man nicht, zu welcher Ebene die „Fluchtlinie“ gehört.

Otto Schmid, Die Mathematik des Funktechnikers. 469 S., 304 Abb., 19 Zahlentafeln. Preis RM. 27,—. Franckh, Stuttgart.

Das Ziel dieses frisch, anschaulich und klar geschriebenen Buches ist es, eine mathematische Einführung in das tiefere Verständnis der Hochfrequenztechnik zu geben. Aber abgesehen von diesem Leitgedanken handelt es sich in dieser Darstellung auch um eine Einführung in die höhere Mathematik im Geiste der Technik und der vielseitigen Anwendungen.

Zur Vorbereitung der Analysis und der Vektorrechnung wird unter glücklicher Herausstellung des Wesentlichen ein Einblick in die Arithmetik und Algebra, in die Geometrie und Trigonometrie gegeben.

Methodisch wird recht geschickt vorgegangen. Soweit es möglich ist, folgt jeder Theorie ein Zahlenbeispiel und eine Reihe von Übungsaufgaben mit Lösungen und ferner praktische Anwendungen der Physik in vielseitiger Form. Die wichtigsten Formeln sind durch den Druck hervorgehoben, abschnittweise folgen dann die Zusammenstellungen der Formelgruppen, so daß die Gedächtnisarbeit des Lernenden in glücklicher Form unterstützt wird.

Auch an historischen Hinweisen, die durchaus nicht kühl-nüchtern gefaßt sind, fehlt es nicht.

Der Sprachgebrauch „Das Grad“ (S. 100ff.) ist nach unserem Duden nicht üblich. Auch muß darauf hingewiesen werden, daß in der Mathematik die Mnemotechnik nur so weit getrieben werden darf, als die Logik darunter nicht leidet. Formulierungen wie Nr. 61, S. 77 sind ebenso gefährlich wie die abgekürzte Sprechweise für die Erklärung der Sinusfunktion eines Winkels auf S. 167f. Das Wort perspektivisch (richtiger perspektiv!) wird wiederholt im Sinne der Schrägprojektion benutzt, die Figuren 136—138 sind anfechtbar, die Einführung des Differentials (S. 225) ist nicht haltbar.

Düsseldorf. G. Wolff.

Brandes, Prof. Dr. Gustav, Buschi. Vom Orang-Säugling zum Backenwülster. Leipzig 1939, Quelle & Meyer. 132 Seiten mit 155 Abb. Leinen RM. 4,80.

Das Buch enthält die feinste und umfassendste tierpsychologische Beobachtung einer Einzelentwicklung der letzten Jahre überhaupt. Sie ist eingebettet in eine auf weitgehende persönliche Erfahrung beruhende Gesamtdarstellung der Biologie der Anthropomorphen, des Orang-Utan im Besonderen. Gelegentliche „Exkursionen“ in benachbarte Gebiete bieten stets fesselnde persönliche Schlüsse und Auffassungen des Verfassers, denen man allerdings nicht ohne weiteres in allen Teilen (S. 135: durch einen „unerbittlichen Zwang“ erworbene Eigenschaften) zustimmen kann.

Für den lebenskundlichen Unterricht der Klassen 5 und 8 der höheren Schulen bringt das Buch eine Fülle das Lehrbuch glücklich ergänzenden Stoffes.

Bayreuth. Dr. Dittrich.

Sirk, Dr. Hugo, Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker. Eine Einführung in die Anwendungen der höheren Mathematik. Mit 126 Abb. und 1 Ausschlagtafel. XII u. 268 S. Dresden und Leipzig 1941, Verlag von Theodor Steinkopff. Geb. 12,— RM.

Der mathematische Inhalt umfaßt zunächst die Differential- und Integralrechnung für Funktionen einer Veränderlichen bis einschließlich der Kreisfunktionen. Ein kurzer zweiter Teil behandelt die Funktionen mehrerer Veränderlichen, der dritte das Wichtigste über gewöhnliche Differentialgleichungen 1. Ordnung und über partielle Differentialgleichungen. Ein Anhang „bringt unter Verzicht auf Vollständigkeit und logischen Aufbau größtenteils von der Schule her Bekanntes, aber möglicherweise seither Vergessenes. Er soll die Darstellung vor einer Unterbrechung durch Elementares bewahren.“ — Das alles bedeutet allein schon eine recht beachtliche Stoffmenge, zumal überall die Darstellung durch Beispiele ergänzt wird. Dieser Stoff wird erarbeitet, indem grundsätzlich stets von praktischen Aufgaben aus der Naturwissenschaft ausgegangen wird und die gewonnenen Erkenntnisse an möglichst vielen Fachbeispielen geübt werden. Unter den Anwendungsgebieten erscheint die Chemie bevorzugt, „da der Chemiker erfahrungsgemäß nur selten Zeit findet, eine mathematische Vorlesung durchzuarbeiten“. Es ist dem Verfasser gelungen, einen reichen Inhalt auf verhältnismäßig kleinem Raum mit wohltuender Klarheit und Ausführlichkeit zu behandeln. Für die Studierenden der Naturwissenschaften in den ersten Semestern bestimmt, darf das Werk auch dem Lehrer der Höheren Schule wärmstens empfohlen werden, da es manche Anregung bietet, die er im Unterricht verwenden kann, besonders aber wegen der sehr reizvollen methodischen Behandlung des mathematischen Inhalts. Erwähnt sei nur zum Beispiel die Entwicklung des Differentialquotienten aus dem Beispiel der ungleichförmigen Bewegung (vgl. Erziehung und Unterricht S. 197) sowie die geschickte Art, mit der der Grenzbegriff eingebaut ist.

Perron, Dr. **Oskar**, Irrationalzahlen. Göschens Lehrbücherei Band 1. Zweite, durchgesehene Auflage. VIII u. 199 S. Berlin 1939, Walter de Gruyter & Co. Geb. 9,80 RM.

Die vorliegende zweite Auflage enthält neu den Abschnitt über „Gleichverteilung", wie überhaupt das V. Kapitel, „Approximation irrationaler Zahlen durch rationale", stark erweitert ist. Das Literaturverzeichnis ist um die Hälfte vermehrt, es weist 88 Schriften auf. Das Werk bietet eine sehr klar und verständlich geschriebene Einführung in das Wesen der Irrationalzahlen, aufgebaut auf der Theorie des Schnittes von DEDEKIND. Die Entwicklungen und Beweise sind oft in geschickter Weise vereinfacht, häufig ist die Anordnung und Darstellung überhaupt neu. Es ist deshalb allzu bescheiden, wenn der Verfasser sagt, es wende sich an die Studierenden, „doch dürfte es auch für den Kenner des Interesses nicht völlig entbehren". Auch dem Lehrer der Höheren Schule ist das Buch sehr zu empfehlen. Tritt zwar im Schulunterricht das meiste des Stoffes nicht auf, so ist es doch notwendig, daß der Lehrer der Mathematik ihn genau kennt, da er nur so wirklich über der Sache steht. — Nach der Einführung des Schnittes werden die Sätze über die Grundrechnungsarten sowie der Archimedische Satz behandelt. Das II. Kapitel ist einer eingehenden Erörterung des Grenzbegriffes gewidmet. Besonders beachtlich ist ein kurzer geschichtlicher Abschnitt am Ende des II. Kapitels. In dem Kapitel über Potenzen und Logarithmen ist kurz auf x^y als stetige Funktion eingegangen. Die Berechnung von e aus der Exponentialreihe ist im einzelnen durchgeführt. Die Darstellungsformen der Irrationalzahlen durch systematische Brüche, Kettenbrüche, Cantorsche, Lürothsche und Engelsche Reihen sowie Cantorsche Produkte bilden das IV. Kapitel. Schließlich wird nach dem bereits erwähnten V. Kapitel im letzten Teil die Abzählbarkeit der algebraischen Zahlen behandelt, ebenso die Nichtabzählbarkeit des Kontinuums. Ein Abschnitt ist den Liouvilleschen Zahlen gewidmet. Zuletzt sind die Beweise für die Transzendenz von e und π in einfachster Form dargeboten. — Zu begrüßen wäre es, wenn den einzelnen Paragraphen, wo es angängig ist, jeweils eine Anzahl Übungsbeispiele angefügt würde.

Brütting, **Georg**, Segelflug erobert die Welt. 240 S. mit 108 Abb. auf Tafeln und 11 Skizzen im Text. 2., ergänzte, erweiterte Auflage. Verlag Knorr & Hirth, München.

„Auch dieses Buch wird für die schöne Segelfliegerei gewinnen helfen: Herzen und Jugend!" Mit diesen Worten schließt das Geleitwort, das Generaloberst ERNST UDET dem ausgezeichneten Buche mitgegeben hat. In der Tat ist das glänzend ausgestattete Werk geeignet, die Begeisterung für das von Deutschen erschlossene und zu hoher Vollendung gebrachte Segelfliegen zu wecken. Das Buch verdient deshalb größte Beachtung und ist auch den Schülern zu empfehlen. Prof. Dr. GEORGII behandelt kurz das Technische des Segelfluges, insbesondere den thermischen Segelflug, sowie seine Leistungsmöglichkeiten. Sodann schildert ERICH MEYER, Dresden, die von ihm selbst stark geförderte Entwicklung bis zum zweiten Rhönwettbewerb 1921. Ein weiterer Abschnitt stellt die gesamte Geschichte des Segelflugwesens von OTTO LILIENTHAL bis zur Jubiläums-Rhön 1939 dar. Ihm schließen sich 14 Abschnitte an über die Flüge in anderen Ländern. „Die Rhön der Nationen" berichtet über den internationalen Wettbewerb 1937. Der fesselnde Text wird ergänzt durch gute Abbildungen, von denen viele, wie zum Beispiel „WOLF HIRTH über den Wolken und Kratern des Fudjiama", außerordentlich eindrucksvoll sind.

Stratz, Prof. Dr. **C. H.**, Der Körper des Kindes und seine Pflege. Für Eltern, Erzieher, Ärzte und Künstler. XX u. 398 S. Mit 315 in den Text gedruckten Abbildungen und 6 Tafeln. Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart. 12. Aufl. 1941. Geh. 22,50 RM., geb. 25,20 RM.

Der Verfasser dieses 1905 in erster Auflage erschienenen Werkes war Gelehrter, Forscher, Erzieher und Künstler zugleich. Er lehrt den Wissenschaftler künstlerisch und den Künstler anatomisch sehen und öffnet dem Erzieher den Blick nach beiden Richtungen. Ausgehend von der Frage, was als Schönheit des kindlichen Körpers zu gelten hat, gelangt er zu einer genauen Fassung des Begriffes „Liebreiz", und aus der Feststellung, daß der kindliche Körper in seiner Gesamtheit Ausdrucksmittel der kindlichen Seele ist, ergibt sich ihm die Notwendigkeit, die körperliche und die seelische Entwicklung als Einheit zu verfolgen. Grundlage für menschliche Schönheit bildet eine gesunde und normale Entwicklung vor der Geburt. Sie wird eingehend und anschaulich dargestellt. Der Abschnitt „Wachstum und Proportionen" stellt die Ergebnisse der verschiedenen Forschungen vergleichend zusammen an Hand von Tabellen und Kurven und gewinnt die BARTELsche Einteilung in die fünf Perioden wechselnder Fülle und Streckung. Nach Behandlung der Störungen schließt ein großer Überblick über die gesamte normale Entwicklung den Allgemeinen Teil des Buches ab. Der weit umfangreichere Spezielle Teil gliedert sich nach jenen fünf Wachstumsperioden, deren jede in ihren Merkmalen und Äußerungen ausführlich beschrieben wird. Ein letzter großer Abschnitt, der Pflege des gesunden Kindes gewidmet, erstreckt sich auf Ernährung, Kleidung, Lebensweise, Körperpflege, individuelle und sexuelle Erziehung. Das Werk ist sehr fesselnd und für jedermann verständlich geschrieben. Sein größter Wert für den Lehrer liegt in der lebendigen Behandlung der Beziehungen zwischen der anatomischen, der biologischen, medizinischen, hygienischen, psychologischen, erzieherischen und künstlerischen Seite des Gesamtgebietes, das mit dem Kinde und seiner Entwicklung und Pflege gegeben ist. Der Reichtum des Dargebotenen gibt jedem, der mit der Jugend etwas zu tun hat, eine Fülle unentbehrlicher Aufschlüsse. Eltern, die ihre Pflichten ernst nehmen, aber ebenso Lehrer aller Schulgattungen sollten das hervorragend ausgestattete Werk besitzen und fleißig heranziehen. Auch für den Unterricht kann der Lehrer der Naturwissenschaften manche wertvolle Anregung entnehmen, und für den Mathematikunterricht geben die Tabellen mancherlei neuen Stoff.

Seebohm, Konteradmiral a. D., und **Piper,** Kapitän z. S. z. V., Kriegsmarine-Kalender 1942. Mit Unterstützung der Kriegsmarine bearbeitet. 56 Blätter u. 36 S. Text. Deutscher Buch- und Kunstverlag William Berger, Dresden.

Ein Wochenabreißkalender mit durchweg ganz ausgezeichneten Aufnahmen aus der deutschen Kriegsmarine. Einige Blätter zeigen auch überraschende Aufnahmen englischer Kriegsschiffe, offenbar erst vor kurzem aufgenommen. Mehrere Blätter sind von besonderem geographischen Interesse. Erwähnt seien auch einige sehr gute Bilder vom Führer sowie das von Großadmiral Dr. h. c. RAEDER, der dem Kalender ein Geleitwort vorangestellt hat. Eine Kriegschronik, Ausführungen über das Seerecht in deutscher und englischer Auffassung sowie über die Kriegsschiffklassen und eine für den Unterricht in Mathematik vielfältig verwendbare Übersicht über die Schlachtschiffe und Flugzeugträger der größeren Seemächte nach dem Stand vom 1. Juli 1941 beschließen den prachtvollen Kalender, der jung und alt wärmstens empfohlen sei.

Haltmeyer, Alfons, und **Bier, Wilhelm,** Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers. Wien 1941, Franz Deuticke. 16 S. Geh. RM. 0,60.

Vornehmlich für höhere Lehranstalten bestimmt, gibt das Heft eine ausführlichere Darstellung und Begründung des Rechnens mit dem Rechenschieber, als es in den Lehrbüchern möglich ist. In 8 Abschnitten werden alle vorkommenden Regeln entwickelt, ein 9. Abschnitt gibt einfache Beispiele von Dreiecksberechnungen. Die Ermittlung der Stellenzahl wird besonders sorgfältig herausgearbeitet.

Dresden. KERST.

Haushofer, Karl, und **Crämer, Ulrich,** Macht und Erde. Hefte zum Weltgeschehen. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin. — Heft 17: **Niedermeyer, F.,** Ibero-Amerika. 1941. 96 S. mit 10 Kart. kart. 2,— RM. — Heft 18: **Lange, F.,** Mähren, Mitteleuropas Mitte. 1940. 72 S. mit 3 Kart. kart. 1,60 RM. — Heft 19: **Grothe, H.,** Libyen und die italienischen Kraftfelder in Nordafrika. 1941. 92 S. mit 11 Kart. kart. 2,— RM.

In der bekannten Sammlung sind wieder drei beachtenswerte Hefte erschienen (s. Ubl. 1940, S. 132f.).

Das Werkchen von NIEDERMEYER über Ibero-Amerika ist in der jetzigen Zeit besonders willkommen, um den Leser mit den räumlichen Grundlagen, dem geschichtlichen Werdegang, der Gegenwartslage und den Zukunftsfragen des Erdteiles eingehend zu unterrichten, den der USA.-Präsident seit Jahren immer stärker in den Bannkreis Nordamerikas zu ziehen versucht. Wir sind dem Verfasser besonders dankbar, daß er eingangs den geographischen Begriff und seine Wandlungen in politischer Beziehung klarlegt und zu dem nur zu gebrauchenden Ibero-Amerika hinführt. Nachdem dann die Raumgrundlagen und der geschichtliche Unterbau des neuzeitlichen Ibero-Amerika besprochen sind, wird das ibero-amerikanische Kräftefeld mit den gegenwärtigen Spannungen und den künftigen Entscheidungen gezeichnet. In einem Schlußabschnitt wird der deutsche Beitrag zum Aufbau Ibero-Amerikas gekennzeichnet. — Der bekannte Vorkämpfer für volksdeutsche Belange führt in drei Abschnitten: 1. Das Land, 2. Das Volk und 3. Die Arbeit den Leser ausgezeichnet in die Landschaft Mähren, die Mitte Mitteleuropas, in der sich die Leitlinien der Geschichte und der Geopolitik kreuzen und überschneiden, ein. Dabei wird nicht vergessen, die gewaltigen Aufgaben, die Mähren der deutschen Gegenwart und Zukunft bietet, aufzuzeichnen. Drei Kartenskizzen (Mährens Lage, Mährisches Eisenbahndreieck und der Städtering an der oberschlesischen Industrieecke einst und jetzt) sind auch im Unterricht gut zu gebrauchen. — Der bekannte Kolonial- und Wirtschaftspolitiker stützt seine saubere Studie über Libyen auf zwei Studienreisen, deren letzte 1939 unternommen wurde. Er würdigt nicht nur die großen Aufgaben, die Italien in Libyen begonnen und zum Teil schon gelöst hat, sondern er deutet auch die italienischen Kraftfelder in Tunesien, auf Malta und in Ägypten und zwar unter Beachtung des italienischen Imperiumsgedanken. Das Buch ist dem Andenken des Marschalls ITALO BALBO gewidmet.

Frankfurt a. d. Oder. FR. KNIERIEM.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Pierersche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür.

Abhandlungen.

Zur Flugphysik der Oberstufe.

Von HUGO SCHERER in Wanne-Eickel.

Bei dem Aufbau der allgemeinen Mechanik verfährt man so, daß man die reibungsfreie Bewegung betrachtet und erst später auf den Begriff der Reibung eingeht. In der Flugphysik schlägt man den umgekehrten Weg ein. Man geht nicht vom Begriff der idealisierten Flüssigkeit aus, sondern betrachtet eine Flüssigkeit mit überwiegendem Einfluß der Reibung. (Unter Flüssigkeit wird dabei mit Professor POHL[1]) ein Sammelbegriff für Flüssigkeiten „mit und ohne Oberfläche" verstanden.) Der Grund hierfür ist der, daß die „schleichende" Bewegung modellmäßig dieselben Bilder liefert wie die Potentialströmung. Verwirklichen kann man diese schleichende Bewegung mit dem POHLschen Stromfädenapparat oder der ECKschen Stromlinienscheibe[2]).

Nachdem nun modellmäßig die Bilder der Potentialströmung vorliegen, wird der gewöhnliche Weg eingeschlagen und die Potentialströmung betrachtet. Für sie ist kennzeichnend, daß sich die Stromlinien hinter einem Hindernis schließen. Auf zeichnerischem Wege erhält man ihr Bild mittels einer Quell- und Senkenströmung gleicher Ergiebigkeit, die von einer Parallelströmung überlagert ist. Als Grenzkurve findet man ein geschlossenes, ellipsenartiges Gebilde und erkennt deutlich, daß sich die Stromlinien hinter dem Hindernis schließen. Innen läuft sich die Quell-Senkenströmung tot.

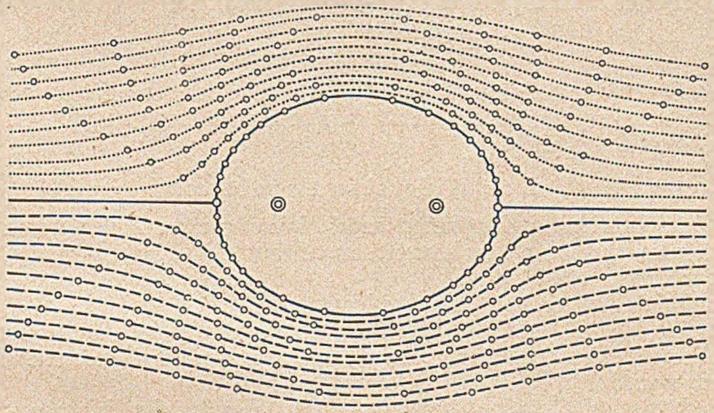


Abb. 1.

Durch Veränderung der Quellen und Senken ergeben sich verschiedene Umrisse. Diese Methode ist von FUHRMANN[3]) weiter ausgebaut worden. Der umgekehrte Fall, nämlich zu einer gegebenen Körperform die Verteilung der Quellen und Senken zu bestimmen, ist in einem Beispiel durch V. KARMAN[4]) behandelt. Er erhält den vorgegebenen Rotationskörper dadurch, daß er stufenweise konstante Quellen bzw. Doppelbelegungen auf der Symmetrieachse annimmt.

Geht man nun zu wirklichen Flüssigkeiten über und betrachtet zum Beispiel im EICKEschen Strömungskanal die Strömung um ein elliptisch geformtes Hindernis, so schließen sich die Stromlinien an der Rückseite keineswegs. Vielmehr treten Wirbel auf, da die Flüssigkeit nicht mehr anliegt, sondern abreißt. Die Erklärung für dies

[1]) Einführung in die Mechanik und Akustik. Springer, Berlin.

[2]) Die Bezugsquelle ist durch die Schriftleitung zu erfahren.

[3]) Theor. u. experimentelle Untersuchungen an Ballonmodellen. Diss. 1912, Göttingen.

[4]) Berechnung der Druckverteilung an Luftschiffkörpern (Z R III). Abh. Aerodyn. Institut Aachen, Heft 6, Berlin 1927.

abweichende Verhalten liegt in der inneren Reibung, über die die PRANDTLsche Grenzschichttheorie[5]) befriedigenden Aufschluß gibt.

PRANDTL geht davon aus, daß die Flüssigkeit direkt am Körper nicht gleitet, sondern haftet. Innerhalb einer dünnen Schicht wächst die Geschwindigkeit vom Werte 0 bis zur ungestörten Größe. Dabei spielt die Zähigkeit η eine entscheidende Rolle. Wegen des starken Geschwindigkeitsanstieges in der normalen Richtung u zur Körperoberfläche kann dabei die Schubspannung, die durch $\tau = \eta \frac{dv}{du}$ bestimmt ist, große Werte annehmen.

Der Begriff der Zähigkeit ist grundlegend. Um ihn experimentell zu unterbauen, stehen zwei Methoden zur Verfügung:

1. die auf Grund der STOKESschen Formel $\mathfrak{K} = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$;
   r bedeutet dabei den Radius einer kleinen Kugel, v die Geschwindigkeit;
2. die Durchflußmethode von HAGEN-POISEUILLE.

Bei der STOKESschen Methode ist auf folgende Punkte zu achten:

a) Die Flüssigkeit soll ∞ ausgedehnt sein.
b) Als äußere Kraft wirkt nur die Schwerkraft.
c) Die äußere Reibung ist ∞ groß, d. h. Kugel und Flüssigkeit dürfen nicht aneinandergleiten.
d) Die Fallgeschwindigkeit ist so, daß höhere Potenzen zu vernachlässigen sind.

Die drei letzten Bedingungen können bei Versuchen als erfüllt angesehen werden, die erste dagegen nicht, da stets die Gefäßwände eine Rolle spielen. Diesen Einfluß hat R. LADENBURG[6]) untersucht. Er fand eine mit der Weite des Gefäßes abnehmende Reibungskonstante. Noch bei einem Verhältnis

$$\frac{\text{Kugelradius}}{\text{Röhrenradius}} = \frac{1}{93{,}5}$$

findet er einen Wert, der um zirka 7 % höher ist als der nach dem HAGEN-POISEUILLEschen Gesetz gemessene Wert. Das letztere wurde von LADENBURG, GLASER[7]) und REIGER[8]) glänzend bestätigt

Das Widerstandsproblem.

Der Widerstand eines Flugzeugs setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

a) dem unmittelbaren; er besteht aus dem Stirn-, Form- und Oberflächenwiderstand;
b) dem mittelbaren oder Randwiderstand.

Zur Ausführung der Messungen benötigt man einen Windstromerzeuger, ferner eine Waage sowie Versuchskörper. Die Messungsergebnisse können als bekannt vorausgesetzt werden.

Zu beachten ist, daß der Gesamtwiderstand möglichst klein sein muß. Der Stirnwiderstand wird gering, wenn die Vorderfläche des Flugzeugs möglichst klein ist. Erreichen läßt sich diese Forderung durch dünne und kleine Flügel, schlanken Rumpf, geringen Motorquerschnitt. Die untere Grenze für Spannweite und Dicke der Flügel ist durch bestimmte Forderungen der Festigkeit gegeben.

[5]) Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Verhandl. des III. Int. Math.-Kongr. Heidelberg 1904.

[6]) Annalen d. Phys. 1907: Über die innere Reibung zäher Flüssigkeiten und ihre Abhängigkeit vom Druck.

[7]) Über die innere Reibung zäher und plastisch-fester Körper und die Gültigkeit des POISEUILLEschen Gesetztes. Annal. d. Phys. 1907.

[8]) Über die Gültigkeit des POISEUILLEschen Gesetzes bei zähflüssigen und festen Körpern. Annal. d. Phys. 1906.

Bemerkung: Über eine Ableitung des HAGEN-POISEUILLEschen Gesetzes mit Hilfe von Dimensionsbetrachtungen siehe SCHERER: „Bemerkungen zur STOKESschen Widerstandsformel und zum HAGEN-POISEUILLEschen Gesetz.“ Höhere Schule 1938, S. 408.

Über experimentelle Ergebnisse dieser beiden Methoden mit schulgemäßen Mitteln vgl. SCHERER: „Versuchsmethoden und Versuchseinrichtungen in der Flugphysik der Oberstufe.“ Höhere Schule 1937, Juliheft. Ferner über den ganzen Fragenkomplex vom methodischen Standpunkt: SCHERER, Höhere Schule 1937, Augustheft.

Bei gleicher Stirnfläche spielt bei sonst gleichen Verhältnissen die *Form* des Körpers eine Rolle. Der Formwiderstand ist bekanntlich bei dem tropfenförmigen Körper gleicher Stirnfläche bei weitem am geringsten.

Bei den Versuchen ist auf zweierlei zu achten:

1. Der Widerstand der Haltevorrichtung ist zu subtrahieren.
2. Der Modelldurchmesser darf höchstens halb so groß sein wie der Durchmesser des Windstromerzeugers.

Der *Reibungswiderstand* (Oberflächenwiderstand) hängt von der Beschaffenheit der Oberfläche ab. Um ihn klein zu halten, muß die Oberfläche des Flugzeuges möglichst glatt sein. In der Praxis verschwindet deshalb alles, was einen Widerstand hervorrufen kann (Einziehen des Fahrwerkes usw.).

Der *Randwiderstand* hat seinen Grund in dem Versuch, den Überdruck unter dem Flugzeug und den Sog über dem Flugzeug auszugleichen. Infolgedessen strömt die Luft von der Unter- zur Oberseite. Da das Flugzeug sich gleichzeitig vorwärtsbewegt, entstehen „Wirbelzöpfe“, die den induzierten Widerstand hervorrufen. Er wird verkleinert durch eine große Flügelstreckung, durch Verminderung des Anstellwinkels gegen die Enden und durch geeignete Form der Flügelenden. Endlich ist noch die Abhängigkeit von der Dichte der Luft zu beachten. In der Abb. 2 ist die Dichte ρ in ihrer Abhängigkeit von der Höhe dargestellt.

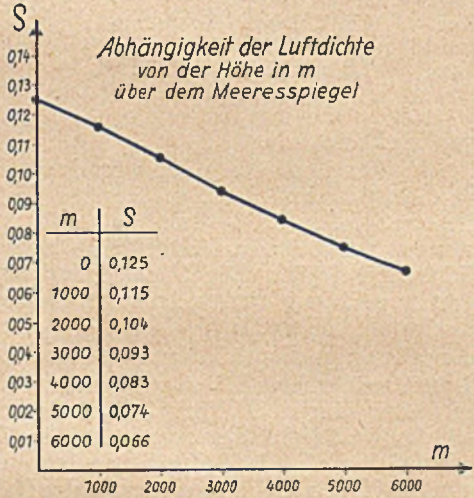


Abb. 2.

Das Tragflächenproblem.

Auf einen Tragflügel wirkt die resultierende Luftkraft, die ungefähr senkrecht zur Bewegungsrichtung steht. Sie wird in eine Auftriebs- und Widerstandskomponente zerlegt gedacht. Der zahlenmäßige Nachweis gelingt gut mit einer Zweikomponentenwaage. Für die Festlegung des Angriffspunktes ist eine Momentenmessung erforderlich. Hierzu wird eine Dreikomponentenwaage benötigt.

Die Darstellung der Tragflügeleigenschaften erfolgt in einer Polar- und Momentenkurve. Wir arbeiten etwa mit dem Göttinger Profil 593 mit den Seitenverhältnissen 1 : 1, 1 : 2, 1 : 4 und einem Windstromerzeuger, der bei einem Durchmesser von 300 mm eine Geschwindigkeit von ungefähr 20 m/sec ergibt[9]).

Hier interessiert uns besonders die Frage:

Was ergibt der Vergleich mit den Göttinger Messungen?

Sind unsere Messungen überhaupt brauchbar?

Zur Beantwortung stützen wir uns auf Meßkurven, die einer Arbeit von Dr. Eck[10]) entnommen sind.

[9]) vgl. Anm. [2]).

[10]) Tragflügelmessungen mit Kleinstwindkanälen. Ztschr. f. techn. Physik 1937, S. 14—20.

Es bedeuten: • Göttinger Messungen; ○ Messungen im 300er Strahl.

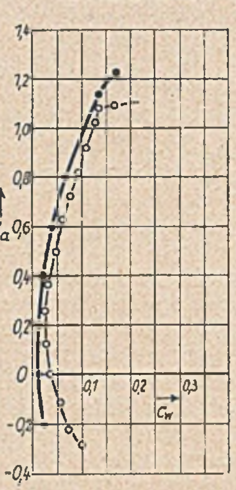


Abb. 3. Polaren für Seitenverhältnis 1 : 4 in einem Strahl von 300 mm Durchmesser. Staudruck 20 mm WS.

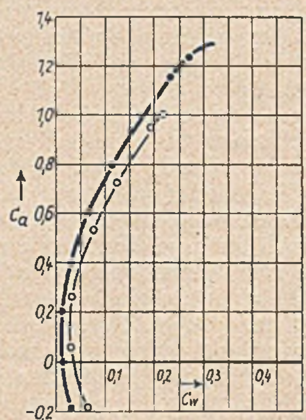


Abb. 4. Polaren für Seitenverhältnis 1 : 2. Staudruck 17 mm WS.

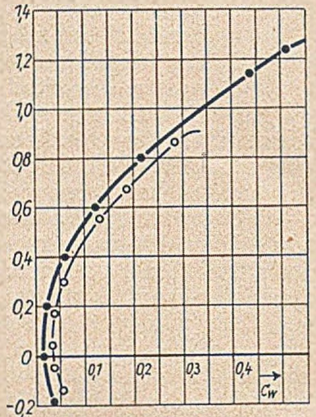


Abb. 5. Polaren im Seitenverhältnis 1 : 1. Staudruck 17 mm WS.

Die Abweichungen sind folgende:

1. Die maximalen c_a-Werte werden nicht erreicht. Je kleiner das Seitenverhältnis und die Düse sind, desto größer sind die Abweichungen.
2. Der Profilwiderstand ist zirka 2—3 mal so groß.
3. Mit kleiner werdendem Seitenverhältnis und kleinerem Strahl wird der induzierte Widerstand größer. Der Grund für diese Abweichungen liegt:
   a) in der Benutzung kleiner REYNOLDSscher Zahlen,
   b) in der endlichen Strahlbreite.

Über sie sind noch einige Bemerkungen notwendig.

Nach der Tragflügeltheorie erfolgt bei ∞ ausgedehntem Strahl keine endliche Strahlablenkung. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei Versuchen mit endlicher Strahlbreite. Es läßt sich zeigen, daß bei senkrechtem Strahl ein frei schwebender leichter Gummiball durch einen in den Strahl hineingesteckten Tragflügel abgelenkt wird[11]) Wird der Tragflügel gedreht, so weicht der Ball aus und sinkt gleichzeitig. Nach dem Impulssatz ist dann einerseits der Auftrieb $A = m \cdot v \cdot \sin \alpha$, wo m die pro Sekunde ausströnende Luftmasse und α der Winkel der Strahlablenkung ist. Anderseits ist $A = c_a \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \cos \alpha$, wo F die Flügelfläche ist. Mit $m = f \cdot \rho \cdot v$ (f = Strahlfläche) folgt

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F \cdot c_a}{f \cdot 2}.$$

Es ergibt sich bei $c_a = 0{,}7$ und $F = 90 \times 90$ bei der 300er Düse ein $\alpha \sim 2^\circ\, 30'$. Ist dagegen die Strahlbreite nur 120 mm, so erhält man bei sonst gleichen Bedingungen ein $\alpha \sim 14^\circ$.

Man wird vermuten, daß eine solche Ablenkung nicht ohne Einfluß auf den Anstellwinkel sein wird. Der Versuch bestätigt die Vermutung. Aus den Göttinger Messungen geht hervor, daß bei dem Modell 593 die Strömung bei 13—15° abreißt. Bei den ECKschen Messungen reißt sie erst bei über 20° ab. Damit entsteht die Frage: Welches ist denn nun der wirksame Anstellwinkel? In Anlehnung an die Schaufelgittermessungen, bei denen als Anstellwinkel der Mittelwert aus An- und Abströmung gewählt wird, hat man für den Winkel der wirklichen Anströmrichtung den halben Wert des Ablenkungswinkels α zu nehmen. Um diesen Winkel ist dann

[11]) Vgl. ECK, Strömungslehre II, S. 42. Springer, 1936.

aber der geometrische Anstellwinkel zu verkleinern, d. h. $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{F \cdot c_a}{f \cdot 4}$ liefert mit α' die wirkliche Anströmrichtung.

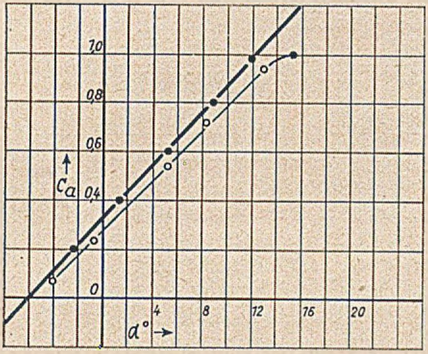


Abb. 6.
Auftriebswerte in Abhängigkeit vom Anstellwinkel für Seitenverhältnis 1 : 2.

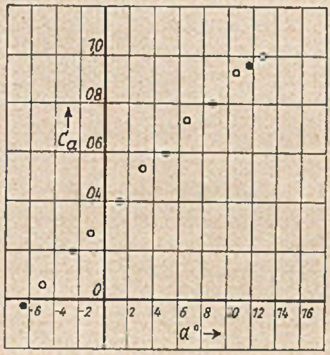


Abb. 7. Auftriebswerte in Abhängigkeit von den korrigierten Anstellwinkeln für das Seitenverhältnis 1 : 2.

In Abb. 6 sind die Auftriebswerte in Abhängigkeit von dem gemeinsamen Anstellwinkel aufgetragen. Abb. 7 zeigt das Ergebnis der eben angedeuteten Messungen auf wirksame Anstellwinkel. Man findet nach der Umrechnung gute Übereinstimmung mit den Göttinger Ergebnissen. Dagegen schlecht ist das Ergebnis bei dem Seitenverhältnis 1 : 1. Dies wird von Dr. Eck darauf zurückgeführt, daß die Ablenkung hinter dem Flügel nicht gleichmäßig ist, sondern in der Mitte am größten ist und nach den Enden zu abnimmt.

Momentenmessung.

Die Größe der resultierenden Luftkraft findet man mit Hilfe des Auftriebs und Widerstandes. Es fehlt noch der Angriffspunkt, der durch die Momentenmessung gefunden wird. Zu beachten ist, daß der Widerstand klein ist gegenüber dem Auftrieb. Da außerdem der Hebelarm des Widerstandes klein ist, kann das vom Widerstand herrührende Moment vernachlässigt werden. Es bleibt nur das vom Auftrieb herrührende Moment, so daß

$$M = A \cdot s.$$

M wird an der Momentenwaage in gcm abgelesen, A in g an der Auftriebswaage, so daß der Quotient $\frac{M}{A}$ den Wert von s ergibt.

Üblicherweise bezieht man aber die Momente auf die Vorderkante, wobei eine Momentenbeizahl $c_m = \frac{M}{q \cdot F \cdot t}$ (t bedeutet die Flügeltiefe und $q = \frac{\rho}{2} v^2$ den Staudruck) definiert wird.

Trägt man $c_a = f(c_m)$ auf, so erhält man für das Seitenverhältnis 1 : 2 folgende Kurve. Die gefundene Gerade ist der Göttinger Geraden parallel, aber etwas nach links verschoben. Der Vergleich mit den Göttinger Messungen gehört natürlich nicht in den Unterricht. Für den Lehrer ist er von größtem Interesse.

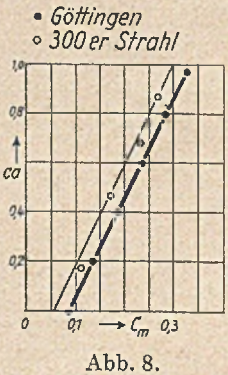


Abb. 8.
Momentenbeiwerte.

Bei dem Tragflügel wird man nicht stehenbleiben. In den Mittelpunkt muß der Motorflug gerückt werden. Zu einer befriedigenden Lösung dieser Aufgabe gehört aber als Voraussetzung ein brauchbares Motormodellflugzeug, das von den Lehrmittelfirmen bis heute leider noch nicht zur Verfügung gestellt wurde. Die Forderung nach einem solchen muß nachdrücklich erhoben werden.

Zur Berechnung von Quadratwurzeln.

Von KURT LINGENBERG in Danzig-Langfuhr.

Nach den Lehrplänen von 1938 wird die Quadratwurzel in Klasse 4 eingeführt. Ihre Berechnung muß daher einfach und einleuchtend sein. Am besten ist es, wenn dabei der Weg vom Anschaulichen her fortgeführt wird, der auch ihre Einführung veranlaßt hat (Lehrsatz des Pythagoras, Höhensatz, Kathetensatz). Es stehen nun vier Wege zur Verfügung. Das alte, heute nicht mehr übliche Euklidische Verfahren der Annäherung an den Grenzwert von unten ist in dieser Hinsicht brauchbar, denn es ist geometrisch deutbar. Ist $\sqrt{w} = x$ und $x_1 < x$ der erste Näherungswert, so wird das Quadrat mit der Seite x_1 gezeichnet und dann in bekannter Weise $x_1 < x_2 < x$ errechnet. Das sich ergebende Quadrat mit der Seite x_2 ist dann dem gesuchten besser genähert. Es ist $x_1^2 < x_2^2 < w$. Die Zeichnung gründet sich aber auf die Rechnung und ist nur eine nachträgliche bildmäßige Erläuterung. Das zweite Verfahren, die Intervalleinschachtelung, geht den umgekehrten Weg. Es knüpft an die Darstellung der Funktion $y = x^2$ als Parabel an und weist der Rechnung vom Anschaulichen her den Weg: das Intervall $x_1 < x < x_1 + 1$, wo x_1 ganz ist, $x_1^2 < x^2 < (x_1 + 1)^2$, wird in 10 Teile geteilt und der Wert x_2 gesucht, für den $x_2 < x < x_2 + 0{,}1$ und $x_2^2 < w < (x_2 + 0{,}1)^2$ ist. Die Fortsetzung dieser Methode ist bei systematischer Annäherung aber mühsam. Das dritte Verfahren ist von Herrn LESSMANN[1]) behandelt worden. Es ist nach NEWTON benannt, knüpft an das Verfahren von EUKLID an, vereinfacht die Rechnung aber außerordentlich und stellt wohl den einfachsten Weg zur Berechnung der Quadratwurzel dar. Allerdings kommt man wieder nur von unten an den Grenzwert heran. Die geometrische Deutung ist nur nachträgliche Erläuterung.

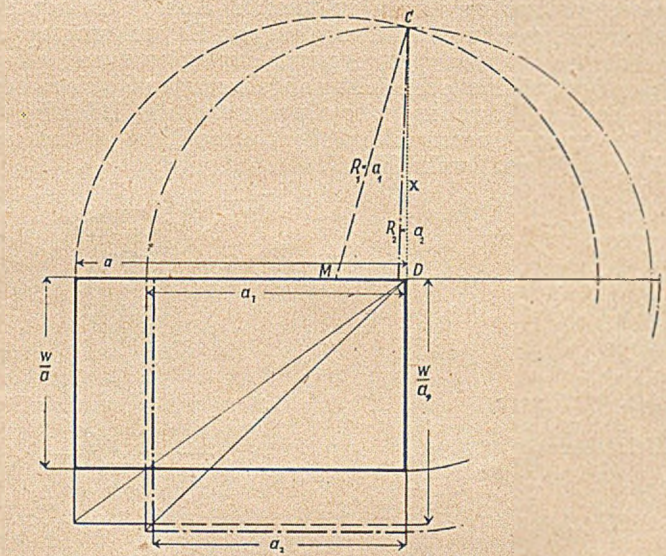
Das vierte Verfahren dürfte weniger bekannt sein und soll daher in Erinnerung gebracht werden. Es ist das Verdienst von Herrn K. KOMMERELL[2]), dieses auf HERON zurückgehende Verfahren der Vergessenheit entrissen zu haben. Es ist nicht so einfach wie das NEWTONsche, hat aber den Vorzug, unmittelbar an den geometrischen Stoff der 4. Klasse anzuknüpfen. Außerdem gibt das Verfahren eine obere und untere Grenze für die Wurzel und läßt bei strenger Behandlung am leichtesten von den vier Wegen einen Konvergenzbeweis zu. Meine Erfahrungen damit im Unterricht waren zufriedenstellend.

Zur Lösung der Aufgabe $\sqrt{w} = x$ wird an den Höhensatz angeknüpft. $\sqrt{w \cdot 1} = x$, $w \cdot 1 = x^2$ ist aber im allgemeinen ungeschickt zu zeichnen. Daher wählt man ein anderes Produkt. Ist a der eine Faktor, so muß der andere $\frac{w}{a}$ sein, damit $a \cdot \frac{w}{a} = x^2$ ist. Geometrisch ist das Rechteck aus a und $\frac{w}{a}$ sofort in das gesuchte Quadrat mit Hilfe des Höhensatzes zu verwandeln. Um für die Rechnung einen besseren Näherungswert zu finden, müssen zwei Zahlen gesucht werden, die x enger einschließen als a und $\frac{w}{a}$. Die Zahlen a und $\frac{w}{a}$ wird man praktisch so wählen, daß sie sich möglichst wenig voneinander unterscheiden. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit sei $a > x$. Dann ist $\frac{w}{a} < x$. Aus der Zeichnung (s. Abb.) ergibt sich nun, daß ein besserer Wert der Halbmesser r des Thaleskreises über $a + \frac{w}{a}$ ist. Denn es ist $2r = a + \frac{w}{a}$ und $\frac{w}{a} < x < r < a$. Es ist aber $r = \frac{a + \frac{w}{a}}{2}$. Dabei ist der Satz anschaulich klar, daß das arithmetische Mittel r der Zahlen a und $\frac{w}{a}$ größer ist

[1]) M. LESSMANN, Zwei Bemerkungen zur Berechnung von Quadratwurzeln. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterricht, 1941, S. 17.

[2]) K. KOMMERELL, Das Grenzgebiet der elementaren und höheren Mathematik. Verlag Koehler, Leipzig 1936, S. 3ff.

als ihr geometrisches Mittel x, da x im Dreieck MDC Kathete und r Hypotenuse ist. Nun wird das Rechteck aus a und $\frac{w}{a}$ verwandelt in das flächengleiche mit der Seite $a_1 = r$. Die zweite Seite ist dann $\frac{w}{a_1}$. Die nochmalige Anwendung des Höhensatzes führt zu einem neuen rechtwinkligen Dreieck mit der gleichen Höhe x und einem zweiten Thaleskreis mit dem Halbmesser $a_2 = \frac{a_1 + \frac{w}{a_1}}{2}$. Im allgemeinen wird a_2 bereits einen voll ausreichenden Näherungswert liefern. Das Verfahren ist aber fortsetzbar.



Beispiele: 1) $\sqrt{7} = x$.

$a = 3 \qquad \frac{w}{a} = \frac{7}{3} \qquad r = a_1 = \frac{3 + \frac{7}{3}}{2} = \frac{8}{3} = 2{,}67$

$a_1 = \frac{8}{3} \qquad \frac{w}{a_1} = \frac{21}{8} \qquad a_2 = \frac{\frac{8}{3} + \frac{21}{8}}{2} = \frac{127}{48} = 2{,}6458$

(genauer: 2,64575)

2) $\sqrt{876096} = x$

$a = 1000 \qquad \frac{w}{a} = 876[096] \qquad a_1 = \frac{1000 + 876}{2} = 938$

$a_1 = 938 \qquad \frac{w}{a_1} = \frac{876096}{938} = 934[,004] \qquad a_2 = 936$

oder genauer: $a_2 = \frac{938 + \frac{876096}{938}}{2} = \frac{438985}{469} = 936{,}0021\ldots$

$\frac{w}{a_2} = \frac{876096 \cdot 469}{438985} = 935{,}9979\ldots$

Daraus $a_3 = 936$. Der Fehler ist kleiner als 10^{-8}.

Die Wurzel geht übrigens auf: $x = 936$.

Im allgemeinen wird zur Berechnung der Rechenstab benutzt werden. In Klasse 4 allerdings ist er noch nicht zur Verfügung. Es bleibt daher nichts übrig, als mit Brüchen zu rechnen.

Selbstanfertigung von Kontrastfiltern und ihre Anwendung in der Mikroskopie.

Von Hermann Barthelmes in Zella-Mehlis.

Bei der Hellfeldmikroskopie im durchfallenden Licht wird bekanntlich das Präparat von der Unterseite her bestrahlt. Es entsteht ein heller Untergrund, auf dem sich mehr oder weniger dunkel die Einzelheiten des zu untersuchenden Objektes abheben.

Mittels einer einfachen Blendenscheibe kann diese Beleuchtung in ein Dunkelfeld umgewandelt werden. Dazu braucht nur auf die jedem Mikroskop beigegebene Mattscheibe ein rundes schwarzes Papier- oder Kartonblättchen von ungefähr 15 mm Durchmesser zentral aufgeklebt zu werden (Abb. 1). Bringt man diese so hergestellte Dunkelfeldblende in den Filterträger des Beleuchtungsapparates, dann können nur noch die Strahlen schräger Apertur zur Beleuchtung gelangen.

Bei einem richtig gewählten oder richtig abgeblendeten Objektiv kommen keine direkten Strahlen in das Mikroskop, der Untergrund des Bildfeldes bleibt also dunkel. Dagegen beugen die angestrahlten Objekte das Licht ab und erscheinen als helle Selbstleuchter auf dem Dunkelfeld.

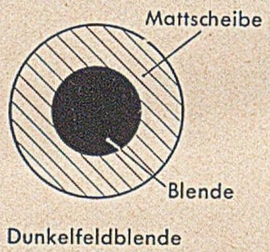


Abb. 1.

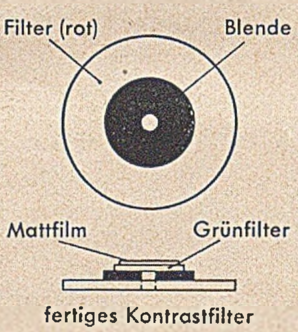


Abb. 2.

Eine einfache Überlegung ergibt nun, daß es auch möglich ist, Hell- und Dunkelfeldbeleuchtung zu verbinden.

An Stelle der Mattscheibe verwendet man beispielsweise ein helleres Rotfilter; auf dasselbe wird ebenfalls eine schwarze Blendenscheibe von 15 mm Durchmesser aufgeleimt (Abb. 2). Zuvor aber erhält dieses Filter und auch die Blendenscheibe eine zentrale Durchbohrung von 3—5 mm. Auf dieses Blendenloch wird ein Gegenfilter von dunkler grüner Farbe geklebt.

Damit ist das „Kontrastfilter“ fertig zum Gebrauch. Das grüne Zentralfilter ergibt als Hellfeldbeleuchtung einen grünen Untergrund, während das rote Randfilter als Dunkelfeldbeleuchtung die Objekte im strahlenden Rot abbildet.

Auf diese Weise entstehen Bilder von großer Schönheit, und jeder, der einmal mit diesen Filtern gearbeitet hat, möchte sie nicht wieder missen. Aber nicht nur für subjektive Beobachtung sind sie zu verwenden, sondern auch als unentbehrliche Hilfsmittel bei der Mikrophotographie farbloser Objekte. Als weitere Vorteile seien genannt: Lebendbeobachtung und vielfach das Überflüssigwerden der chemischen Präparatfärbung.

Zum Gelingen dieser optischen Kontrastfärbung sind noch folgende Vorschriften zu befolgen.

Zwischen der Filterblende, dem benutzten Objektiv und dem zur Beleuchtung dienenden Kondensor muß ein bestimmtes Verhältnis bestehen. Das heißt: Bei Objektiven bis zu einer num. Apertur von 0,30 ist der Kondensor ohne Frontlinse zu verwenden. Arbeitet man dagegen mit Objektiven höherer Apertur, dann gebraucht man den ungeteilten Kondensor. Im letzten Falle ist derselbe bis an das Präparat heranzuführen, während bei geteiltem Kondensor der günstigste Abstand zum Präparat durch Probieren zu ermitteln wäre.

Die Objektive sind bis zu einer num. Apertur von 0,60 unabgeblendet anzuwenden. Liegen sie über diesem Wert, dann muß die Apertur durch eine eingelegte Objektivblende auf das richtige Maß herabgesetzt werden.

Der Durchmesser der Filterblendenscheibe von 15 mm ist ein Mittelwert. Er kann von 12 bis 21 mm betragen. Bei Blenden über 17 mm Durchmesser muß der Kondenser in Immersionskontakt mit dem Präparat gebracht werden.

Man merke sich: je größer die Filterblende, desto schiefer die Dunkelfeldbeleuchtung und damit um so größer die Auflösung von Feinheiten, aber auch um so lichtschwächer das Bildfeld.

Ob ein Filter für das zu verwendende Objektiv richtig bemessen ist, läßt sich in einfacher Weise prüfen. Man stellt ein Präparat scharf ein, schließt dann die Kondensor-Irisblende, bis die Wirkung des Randfilters ausgeschaltet ist. Dann nimmt man das Okular aus dem Tubus und schaut in ihn hinein. Die scheinbare Öffnung des Objektives muß jetzt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Fläche in der Farbe des Zentralfilters zeigen.

Daraus geht schon hervor, daß ein bestimmter Einklang zwischen der Farbe des Untergrundes und der gegensätzlichen Farbe des Objektes besteht.

Weitere Möglichkeiten, hier regulierend einzugreifen, haben wir in der Hand. Man kann nämlich die Filter verbessern, indem man anstatt der Blendenscheibe eine kleine Irisblende von 15 mm Durchmesser aufklebt (Abb. 3)[1]. Dadurch ist das Zentralfilter genau in seiner Leuchtwirkung abzustufen, aber auch das Randfilter kann durch die Kondensor-Irisblende reguliert werden. Durch diese Arbeitsweise sind mit den verbesserten Filtern Höchstleistungen zu erzielen.

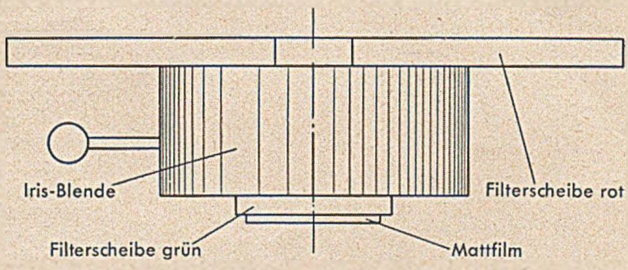


Abb. 3.

Zu bemerken wäre noch, daß eine schwache Mattierung des Zentralfilters angebracht ist. Das kann durch Ätzen geschehen oder durch einfaches Aufkleben eines Stückchen ausfixierten Photofilmes. Man vermeidet damit eine Abbildung des Blendenloches im Bildfeld.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß für das Zustandekommen der „optischen Färbung" ein bestimmter Brechungsunterschied zwischen dem Objekt und dem Einschlußmittel vorhanden sein muß. Als Einschlußmittel eignen sich: Glyzerin, Glyzeringelatine, Hyrax, Luft, Styrax und Wasser. Besonders geeignet sind die Kontrastfilter zur Beobachtung der Welt im Wassertropfen.

Sauber gereinigte und nicht zu starke Objektträger von 1,1 bis 1,2 mm Stärke sind zu verwenden, ebenso sind die Deckgläschen peinlich sauber zu putzen.

Die Lichtquelle wird am besten mit einer Mattscheibe versehen, um den Spiegel ganz auszuleuchten; besonders geeignet sind Niedervoltlampen.

Bei schwachen Vergrößerungen ist die Lampe nahe vor dem Spiegel aufzustellen, bei starken Vergrößerungen beträgt der günstigste Abstand ungefähr 30 cm.

Eine Bezugsquelle der Filterscheiben und der Irisblenden kann bei der Schriftleitung nachgewiesen werden. Die Bohrung übernimmt jeder Optiker. Ein fertiges Filter stellt sich auf 1,— bis 3,— RM.

Selbstverständlich können die Filter auch aus starken transparenten Zelluloidscheiben entsprechend billiger angefertigt werden und in allen möglichen Farbkombinationen.

Ein ganz neues Anwendungsgebiet dieser Kontrastfilter bietet sich für den Mikrophotographen auf dem Kleinbildfilm in natürlichen Farben.

[1]) Zum Kleben eignet sich „Rudol 333" besonders gut.

Die atmosphärische Strahlenbrechung.

Von Max Frommer in Saulgau.

Während meines Einsatzes in Dünkirchen konnte ich mich bei klarer Sicht davon überzeugen, daß man von einem Beobachtungsstand, der 16 m über dem Wasserspiegel lag, deutlich den Funkturm von Dover und den oberen Rand der südwestenglischen Steilküste erkennen kann. Die Kartenentfernung zwischen den beiden Orten beträgt 75 km. Unter der Voraussetzung, daß die Lichtstrahlen gerade sind, erhält man zwischen der Höhe h eines Aussichtspunktes und der dazugehörigen Aussichtsweite die in der Schule häufig abgeleitete Beziehung (Abb. 1)

$$s^2 = h\,(2\,R + h)$$

oder mit hinreichender Genauigkeit

$$s^2 = 2\,R\,h.$$

Mißt man h in Metern, s dagegen in km, so erhält man die vereinfachte und leicht zu merkende Beziehung:

$$s = \sqrt{2 \cdot 6370 \cdot \frac{h}{1000}} = \sqrt{12{,}74} \cdot \sqrt{h} = 3{,}5\,(6) \cdot \sqrt{h}$$

oder

$$h = \frac{s^2}{12{,}74} \approx 8 \cdot \left(\frac{s}{10}\right)^2.$$

Für den genannten Beobachtungsstand sollte demnach die Aussichtsweite 14 km betragen. Die Aussichtsweite von dem noch sichtbaren oberen Rand der Steilküste müßte aber rund 60 km ausmachen, was für die Steilküste eine Höhe von $8 \cdot 6^2 = 288$ m ausmachen würde.

Nach Angaben der (allerdings nicht sehr zuverlässigen) Karte kann man aber dem oberen Rand der Steilküste nur eine Höhe von 120 m zuschreiben. Daraus folgt, daß man schon auf die verhältnismäßig geringe Entfernung von 75 km die Lichtstrahlen nicht mehr als gerade ansehen kann, sondern mit der Krümmung infolge des nach oben abnehmenden Brechungsexponenten der Luft rechnen muß, die man im allgemeinen nur bei astronomischen Beobachtungen zu berücksichtigen pflegt.

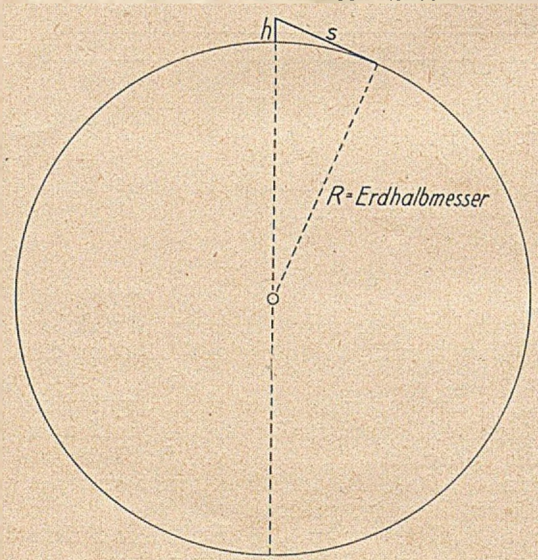


Abb. 1.

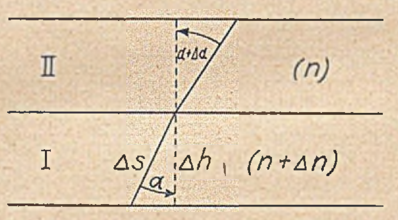


Abb. 2.

Zur theoretischen Herleitung einer Formel für die Krümmung denke man sich in Form der Abb. 2 die Lufthülle aus homogenen Schichten von der Dicke $\Delta\,h$ zusammengesetzt. Ein Lichtstrahl, der die Schicht I (Brechungsexponent gegen den leeren Raum $n + \Delta\,n$) unter dem Einfallswinkel α auf dem Weg $\Delta\,s = \frac{\Delta\,h}{\cos\alpha}$ durchsetzt, bildet in der Schicht II (Brechungsexponent gegen den leeren Raum n) mit dem Einfallslot den Winkel $(\alpha + \Delta\,\alpha)$. Nach dem Brechungsgesetz ist dann:

$$\frac{\sin(\alpha + \Delta\,\alpha)}{\sin\alpha} = \frac{n + \Delta\,n}{n}$$

$$\cos\Delta\,\alpha + \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \cdot \sin\Delta\,\alpha = 1 + \frac{1}{n} \cdot \Delta\,n$$

$$\frac{\cos\Delta\,\alpha - 1}{\Delta\,\alpha} \cdot \frac{\Delta\,\alpha}{\Delta\,s} + \operatorname{ctg}\alpha \cdot \frac{\sin\Delta\,\alpha}{\Delta\,\alpha} \cdot \frac{\Delta\,\alpha}{\Delta\,s} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta\,n}{\Delta\,h} \cdot \cos\alpha.$$

Geht man zur Grenze ($\Delta h \to 0$; $\Delta s \to 0$) über, so ist $\lim \frac{\Delta \alpha}{\Delta s} = k$ die gesuchte Krümmung der Lichtstrahlen. Die Abnahme des Brechungsexponenten der Luft mit zunehmender Höhe drückt sich in dem Gradienten $\frac{dn}{dh}$ aus. Die obige Beziehung geht über in:

$$0 \cdot k + \operatorname{ctg} \alpha \cdot k = \frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dh} \cdot \cos \alpha$$

$$k = \frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dh} \cdot \sin \alpha.$$

Aus dieser Formel geht hervor, daß ein „senkrechter" Lichtstrahl ($\alpha = 0$) überhaupt keine Krümmung besitzt und daß die Krümmung am größten ist, wenn $\alpha = 90°$ ist. Für den anfangs betrachteten Fall einer direkten Sicht von Dünkirchen nach Dover ist der Winkel mit genügender Genauigkeit konstant gleich 90° zu setzen, so daß der Lichtstrahl eine konstante Krümmung hat, also einen Kreisbogen darstellt. Der Halbmesser des Kreisbogens ist $R_1 = \frac{1}{k}$. Da sich n nur unwesentlich von 1 unterscheidet, ist praktisch R_1 gleich dem reziproken Wert des Gradienten des Lichtbrechungsexponenten.

Die oben genannte Beobachtung gibt eine Möglichkeit, diesen Gradienten zu bestimmen. Nach Abb. 3 gehört unter der Annahme von geradlinigen Lichtstrahlen zu einer Aussichtsweite s eine Höhe H von der Größe

$$H = \frac{s^2}{2R}.$$

Sind die Lichtstrahlen Kreise mit dem Halbmesser R_1, so erhält man die gleiche Aussichtsweite, wenn man um den Betrag a hinuntersteigt, der gegeben ist durch die Formel

$$a = \frac{s^2}{2R_1}.$$

Zu der Aussichtsweite s gehört also nur noch die Höhe

$$h = H - a = \frac{s^2}{2}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1}\right).$$

Bei gegebener Höhe h (in Metern) beträgt demnach die in km gemessene Aussichtsweite

$$s = \sqrt{h} \cdot \sqrt{\frac{2RR_1}{(R_1 - R)\,1000}} = w \cdot \sqrt{h},$$

wobei R und R_1 in km gemessen und w eine kurze Bezeichnung für den Wurzelausdruck ist.

Von dem 16 m hohen Beobachtungsstand in Dünkirchen hat man demnach eine Aussichtsweite

$$s_1 = 4\,w$$

und vom Rand der englischen Steilküste aus eine Aussichtsweite

$$s_2 = 11\,w.$$

Diese beiden Aussichtsweiten ergeben zusammen die Kartenentfernung von 75 km. Es ist also:

$$15\,w = 75$$

$$w = 5$$

$$\frac{2RR_1}{(R_1 - R)\,1000} = 25$$

$$2RR_1 = 25000\,R_1 - 25000\,R$$

$$R_1 = \frac{25000}{25000 - 2R} \cdot R = \frac{25000}{12360} \cdot R \approx 2R.$$

Die Lichtstrahlen haben demnach einen Halbmesser, der dem Durchmesser der Erde entspricht.

Daraus ergibt sich der Gradient des Lichtbrechungsexponenten zu $\frac{1}{2R} = \frac{1}{12740} = 0{,}00008$, wobei die Höhe in km gerechnet ist. Das heißt, der Lichtbrechungsexponent würde in einer Höhe von 1 km um 0,00008 kleiner sein als am Boden, wenn die Schnelligkeit der Abnahme konstant gleich der in den untersten Schichten bliebe.

Die im Anfang abgeleitete Formel für die Aussichtsweite entspricht also nicht den Tatsachen, weil die Lichtstrahlen gebogen sind. Die tatsächliche Aussichtsweite ist nach der zweiten Formel zu be-

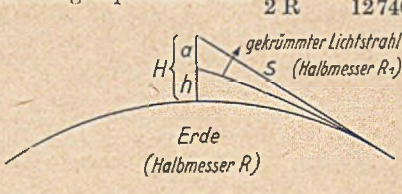


Abb. 3.

rechnen, wodurch der Faktor $\sqrt{2}$ hinzukommt. Man bekommt also im vorliegenden Fall für den praktischen Gebrauch die Formel:

$$s = 5 \cdot \sqrt{h} \quad \text{(s gemessen in km, h gemessen in m).}$$

Interessant und wichtig wäre, zu wissen, wieweit der Gradient von der Luftfeuchtigkeit und der Temperaturverteilung abhängt. Es wäre also festzustellen, ob bei verschiedenen atmosphärischen Bedingungen mehr oder weniger von der englischen Steilküste zu sehen ist. Häufiger Nebel und Dunst verhinderten diesbezügliche Feststellungen.

Zur Gewinnung der Ableitungen trigonometrischer Funktionen mit Hilfe des Einheitskreises.

Von Gustav Christian Hönig in Danzig.

Zu den Vorschlägen von Weitbrecht in „Formenfolgen und Grenzformen", 1937, S. 3ff., Brachvogel in „Die Deutsche Höhere Schule", 1940, S. 57f., und Kempka, diese Zeitschrift, 1941, S. 110f., weise ich auf folgende einfache Beweisform hin.

Zur Abschätzung des Differenzenquotienten der Funktion $y = \sin x$ (Abb. 1) ersetze ich den Bogen $\overset{\frown}{BC}$ mit der Maßzahl Δx einerseits durch die kleinere Strecke $CE \perp MB$, andererseits durch die größere Strecke $CF \perp MC$. Es ist dann

$$\frac{\Delta y}{CE} > \frac{\Delta y}{\Delta x} > \frac{\Delta y}{CF}$$

oder, da $\sphericalangle DCE = \sphericalangle AMB = x$ und $\sphericalangle DCF = \sphericalangle AMC = x + \Delta x$ ist,

$$\cos x > \frac{\Delta y}{\Delta x} > \cos(x + \Delta x).$$

Für $\Delta x \to 0$ folgt hieraus $y' = \cos x$.

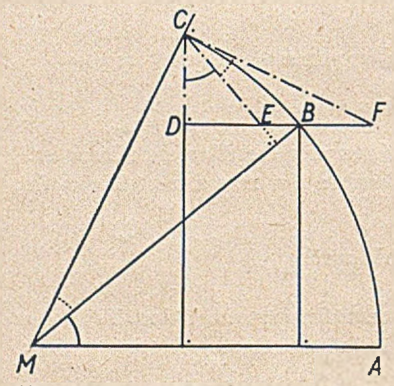


Abb. 1. Zur Ableitung von $y = \sin x$.

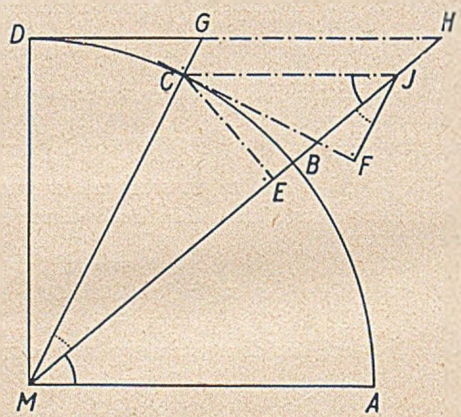


Abb. 2. Zur Ableitung von $y = \operatorname{ctg} x$.

Die Übertragung des Verfahrens auf die übrigen trigonometrischen Funktionen ist ohne Schwierigkeit möglich und als Aufgabe für Schüler geeignet, wenn man sich nicht mit der Zurückführung auf die Sinusfunktion begnügen will. Als Beispiel gebe ich die Lösung für $y = \operatorname{ctg} x$ (Abb. 2) an: $DH = y = \operatorname{ctg} x$, $GH = -\Delta y$, $CJ \parallel GH$ und $= -\Delta y \sin(x + \Delta x)$ nach dem Strahlensatz, weil $MC = 1$ und $MG = 1/\sin(x + \Delta x)$ ist. $\overset{\frown}{CB} = \Delta x$ wird einerseits durch die kleinere Strecke $CE \perp MB$, andererseits durch die größere $CF \perp MC$ ersetzt. Offenbar ist dann

$$\frac{CJ}{CE} > \frac{CJ}{\Delta x} > \frac{CJ}{CF}$$

oder, da $\sphericalangle CJE = x$ und $\sphericalangle CJF = x + \Delta x$ ist,

$$\frac{1}{\sin x} > \frac{-\Delta y \sin(x + \Delta x)}{\Delta x} > \frac{1}{\sin(x + \Delta x)}.$$

Für $\Delta x \to 0$ folgt hieraus $y' = -1/\sin^2 x$.

Technische Strahlungsaustauschrechnungen.

Von HEINRICH HERMANN in Tübingen.

Das gleichnamige kleine Werk von E. ECKERT[1]) eignet sich mit Auswahl für eine mathematisch-physikalische Arbeitsgemeinschaft, welche sich vorher mit den physikalischen Grundlagen[2]) bekannt gemacht hat.

MOLLIER[6]) hat in diesem Gebiet an Stelle des Raumwinkels sein Verhältnis zum Raumwinkel der den Bezugspunkt einhüllenden Kugel eingeführt und als Winkelverhältnis benannt. Das dankbarste Ergebnis dieser Begriffsbildung ist der Satz von R. A. HERMANN (1900). Nach ihm wird das Winkelverhältnis eines Flächenelements dF zu einem Umriß gefunden, indem man diesen Umriß von dF aus zentral auf eine gleichmittige Kugel abbildet und diese Abbildung senkrecht auf die Ebene von dF projiziert; das Verhältnis dieser Projektion zur Großkreisfläche der Kugel ist das Winkelverhältnis[6]).

Ein Anwendungsbeispiel sowohl für diesen Satz als für eine von ECKERT stammende näherungsweise Anwendung des KIRCHHOFFschen Satzes, das in dem Werk nicht enthalten ist und von einer früheren Behandlung[3]) etwas abweicht, werde hier gegeben.

Der Spalt zwischen zwei parallelen, gleichtemperierten ebenen Wänden ist ein KIRCHHOFFscher Hohlraum, welcher näherungsweise schwarze Strahlung aussendet. Schon der bloße Anblick zeigt, daß das dem Emissionsverhältnis gleiche Schluckungsverhältnis vom Rand weg wächst. Der Gang dieser Erscheinung ist folgendermaßen darstellbar.

Vorausgesetzt seien Wände, deren Oberfläche das LAMBERTsche Gesetz erfüllt. Am besten ist dies bei Holz der Fall (ECKERT, Abb. 44). Das Strahlungsverhältnis der Oberfläche allein sei e; die übrigen Strahlungsfaktoren ($\sigma dF \Delta T^{\text{IV}}$) seien zusammen Eins. Der Abstand der Wände sei ebenfalls Eins; sie seien unbegrenzte Halbebenen, die Ebene der beiden Ränder senkrecht zu ihnen. Der Abstand von dF bis zum Rande sei x; die Kugel gehe durch den nächsten Randpunkt der anderen Halbebene (s. Abb. 1). Das Zentralbild der nahen Umrißseite ist der Großhalbkreis durch diesen Punkt; das der unendlich fernen der anschließende Großhalbkreis in der dF-Ebene. Durch senkrechte Projektion auf diese ergibt sich das Winkelverhältnis

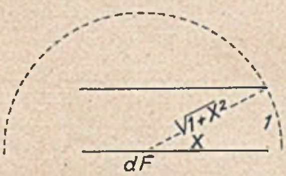


Abb. 1.

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}\right).$$

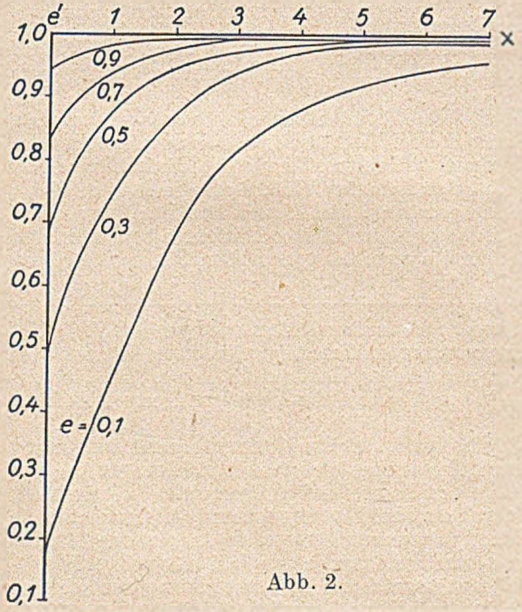


Abb. 2.

Von der, aus dem φ entsprechenden Raumwinkel nach dF gelangenden Strahlung wird der Bruchteil $1 - e$ zurückgeworfen, und zwar, wenn das LAMBERTsche Gesetz gilt, mit derselben Richtungsverteilung wie die ursprüngliche Strahlung. Dieser Vorgang wiederholt sich und die Strahlung summiert sich in bekannter Weise. Statt die Summierung vollständig wiederzugeben, werde ihr Ergebnis e′ dem Ansatz der aus dem Raumwinkel kommenden Strahlung zugrunde gelegt und nur eine einmalige Zurückwerfung errechnet. Wie bei ECKERT näher dargelegt wird, erhält man so eine obere Grenze für e′; mit e im Raumwinkel eine untere. Für erstere folgt

$$e' = e + (1 - e)\, e' \varphi,$$

$$e' = \frac{2}{\frac{2}{e} - \left(\frac{1}{e} - 1\right)\left(1 + \frac{x}{\sqrt{1 - x^2}}\right)}.$$

[1]) VDI.-Verlag 1937. Preis geh. 6 RM.

[2]) Z. B. aus des Ber. Materialien zur Strahlungslehre, Ubl. **36**, 56. 76 (1930). Die S. 80 in der Enc. d. math. Wiss. nacherschienene Stelle ist VI 2, S. 653.

[3]) Archiv f. Wärmewirtschaft **16**, 135 (1935).

Für $e = 0{,}1$ sind die oberen Grenzwerte in den Randabständen

$x =$ 0	$^1/_7$	$^1/_6$	$^1/_5$	$^1/_4$	$^1/_3$	$^1/_2$	1	2	3	4	5	6	7
$e' =$ 0,182	0,206	0,210	0,216	0,227	0,245	0,286	0,431	0,678	0,812	0,882	0,919	0,942	0,957

Die Abbildung 2 enthält die schaubildliche Darstellung dieser und der entsprechenden Ergebnisse für

$$e = 0{,}3;\ 0{,}5;\ 0{,}7;\ 0{,}9.$$

Die ECKERTschen Rechnungen sind Schülern zugänglich mit Ausnahme zweier bestimmter Integrale, deren unbestimmte Formen mitzuteilen sind, damit sie allenfalls durch Differentiation bestätigt werden können, nämlich

$$\int \frac{(1-\rho)x^2+1+\rho}{[(a-2\rho)x^2+a+2\rho]^2}\,dx = \frac{1}{2}\Bigg[-\frac{x(a-2\rho)}{(a-2\rho)x^2+a+2\rho}+\frac{(1+\rho)(a-2\rho)^2x}{(1-\rho)(a+2\rho)[(a-2\rho)x^2+a+2\rho]}$$

$$+\sqrt{\frac{a+2\rho}{a-2\rho}}\left(1+\frac{1+\rho}{1-\rho}\cdot\frac{a-2\rho}{a+2\rho}\right)\operatorname{arctg} x\sqrt{\frac{a-2\rho}{a+2\rho}}\Bigg] + \text{const.}\quad \text{(S. 12)}$$

$$\int \frac{2}{\pi}\frac{dz}{\left[(x-y)^2+\frac{1}{1+z^2}\right]^2(1+z^2)^3} = \frac{2}{\pi(x-y)4}\Bigg[\frac{1}{4\zeta^2(1-\zeta^2)(z+i\zeta)}+\frac{1}{4\zeta^2(1-\zeta^2)(z-i\zeta)}$$

$$+\frac{1-3\zeta^2}{2\zeta^2(1-\zeta^2)^2}\operatorname{arctg}\frac{2}{\zeta}+\frac{1}{(\zeta^2-1)^2}\operatorname{arctg} z\Bigg] + \text{const. mit } \zeta = \sqrt{1+\frac{1}{(x-y)^2}}\quad \text{(S. 47/48).}$$

Zu beanstanden dürfte sein, daß nach S. 46 Mitte ein Hohlraum aus strahlungslosem Material, z. B. eine ULBRICHTsche Kugel der Albedo 1, Bild 31, sich beim Einbringen eines beliebigen Strahlers mit schwarzer Strahlung erfüllen soll. Ist der eingebrachte Strahler selektiv, so werden fehlende Wellenlängen nicht von den sich nicht erwärmenden Wänden ergänzt.

Die vom Berichterstatter erstmals[4]) betonte Bemerkung, daß das Emissionsverhältnis grauer Körper nur von der Wellenlänge, nicht aber auch von der Temperatur unabhängig sein muß, ist von ECKERT S. 54, Z. 15 aufgenommen; folgerichtig dürfte in Z. 20 und 22 statt von grauen zu lesen sein von solchen, welche die vorher als Besonderheit genannte geringe Temperaturabhängigkeit besitzen.

Eine bei häufigerem Rechnen mit dem STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetz fühlbare Annehmlichkeit ist die Temperaturangabe in Hektograden[5]), die dann jedoch auch in der Bezeichnung der die Strahlungskonstante zusammensetzenden Einheiten (S. 54, Z. 3) beibehalten werden muß. Wird, wie sonst in der technischen Wärmelehre, die Zeit in Stunden angegeben, so wird die Strahlungskonstante eine kleine ganze Zahl, nämlich 5,0 kcal je Quadratmeter, Stunde und Hektograd-Biquadrat.

Nach SIEBER, Zusammensetzung der von Werk- und Baustoffen zurückgeworfenen Wärmestrahlung (Diss. T. H. Hannover 1939), gibt es drei Werkstoffe, welche dem ideal grauen Körper nahekommen, nämlich Schiefer, Dachpappe, rotbraunes Linoleum. Die beiden ersten absorbieren von 0,5 μ bis 9 μ 88 bis 90 v. H.; bei den kürzeren Wellen gilt die letztere Zahl; Linoleum 85 bis 92 v. H. im umgekehrten Sinne geordnet. Ein Mosaik aus Dachpappe und Linoleum, das ein Schüler herstellen kann, würde somit aus einiger Entfernung physikalisch grau sein und bei allen Wellenlängen von 0,5 μ bis 9 μ ziemlich genau 90 v. H. der Strahlung schlucken. A. a. O. S. 69, 70.

---

[4]) Ubl. 36, 79/80. S. 79 ist Textzeile 3 v. u. statt a. a. O. zu lesen. Ann. d. Physik 54, 74 (1917).

[5]) Eine Tafel, welche zu den Celsiustemperaturen in Zehntelgraden vom Eispunkt bis 50° die Kelvingradzahlen und die Biquadrate der zugehörigen Hektogradzahlen enthält, ist von Prof. ERNST SCHMIDT berechnet worden. (Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, Reihe 1, Heft 20, Anhang. München 1927.)

[6]) So ECKERT, doch kann sich dies nur auf die Anwendung der MOLLIERschen Bezeichnung beziehen; der Inhalt des Satzes ist schon in der Beleuchtungslehre von CHR. WIENER (die den VII. Abschnitt im ersten Bande seines Lehrbuchs der Darstellenden Geometrie, Leipzig 1884, bildet) als Ziff. 484 enthalten und in Ziff. 485 durch eine bei ECKERT fehlende trigonometrische Formulierung ergänzt; davon erkennbar unabhängig ist er von ANDING in Anmerkung 140, die zugleich die Neuheit des Satzes feststellt, seiner deutschen Ausgabe von J. H. LAMBERTS Photometrie, OSTWALDS Klassiker Nr. 31—33 (1892) ausgesprochen. Die Anwendung des Winkelverhältnisses auf Tageslichtbeleuchtung in Gebäuden ist der Tageslichtquotient. (LEONHARD WEBER, Die Beleuchtung, in WEYLS Hdb. der Hygiene IV, 1895; H. LUX in BLOCH, Lichttechnik, 12. Abschnitt, 1921; neuere Literatur im zweiten der Lichttechnischen Hefte der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. Verlag Union, o. J., bis 1927 reichend).

Eine Aufgabe zur Anwendung der gnomonischen Kartenprojektion.

Von Franz Prowaznik in Wien.

Zu den theoretisch und praktisch wichtigsten Kartenprojektionen gehört die gnomonische Projektion, bei welcher die Oberfläche eines Globus aus dessen Mittelpunkt auf eine ihrer Tangentialebenen projiziert wird. Sie verdankt ihre wachsende Bedeutung der Eigenschaft, daß die Großkreise der Kugel als Gerade abgebildet werden, so daß die kürzeste Flugstrecke oder der kürzeste Schiffsweg zwischen zwei Orten auf einer gnomonischen Karte mit dem Lineal gezeichnet werden kann. Mit Hilfe der gnomonischen Projektion läßt sich eine kulturhistorisch interessante Aufgabe, auf welche A. Böhm von Böhmersheim[1]) hingewiesen hat, sehr leicht und einfach lösen.

Nach mittelalterlichem Brauch wendete sich der Gläubige beim Gebet nach Osten, nach der Meinung vieler, weil sie glaubten, dabei auf das Heilige Land, insbesondere die heilige Stadt Jerusalem zu blicken. Böhm weist in seinem Aufsatz darauf hin, daß diese Meinung einem mathematischen Einwand begegnet, weil es nur ganz bestimmte Punkte der Erdoberfläche gebe, bei denen die Ostrichtung auch nach Jerusalem führe. Es drängt sich nun die Frage auf, welches die Gesamtheit aller Punkte der Erdoberfläche sei, von denen man ostwärts schreitend einen bestimmten Punkt Z erreiche. Böhm hat als Ort dieser Punkte eine Kurve angegeben, deren Verlauf über Länder und Meere er beschreibt, ohne allerdings eine Angabe über den mathematischen Charakter und die Konstruktion dieser Kurve zu machen. Ihre nähere Bestimmung, die mit Hilfe der gnomonischen Projektion sehr leicht gelingt, ist Gegenstand der folgenden Untersuchung.

Denkt man sich, daß ein an einem Orte stehender Mensch in einer bestimmten Blickrichtung zu gehen beginne und in dieser Richtung stets weiterwandere, so ist klar, daß er die Erde auf einem Großkreis oder einer Orthodrome umwandern und schließlich an seinen Ausgangspunkt zurückkehren wird. Von diesem Ausgangspunkt aus gesehen, hat er seine Richtung während der Bewegung beibehalten, wir sagen, er ist „orthodromisch" in gleicher Richtung gewandert. Würde er seine Marschrichtung mit einem Kompaß überprüfen, so würde er bemerken, daß der Kompaß stets andere Richtungen anzeigt; wäre er z. B. unter Südost abmarschiert, so zeigte der Kompaß nach Zurücklegung des halben Erdumfanges Nordost, was man sich z. B. an einem Globus leicht klarmachen kann. Die Kompaßrichtung oder die „loxodromische" Richtung hat sich geändert, obgleich die orthodromische gleich blieb.

Denken wir uns nun die Versuchsperson im Ausgangspunkt in Richtung Ost stehend. Schreitet sie orthodromisch weiter, so gelangt sie, einen Großkreis durchlaufend, die loxodromische Richtung aber wechselnd, zum Ausgangspunkt zurück. Da die Blickrichtung Ost im Ausgangspunkt gleichzeitig Tangente des Parallelkreises und des Großkreises ist, müssen sich diese Kreise in jenem Punkte berühren. Ein Punkt, von dem aus man den bestimmten Ort Z im orthodromischen Osten sieht, muß also Berührungspunkt eines Parallelkreises mit einem durch den Ort Z gehenden Großkreis sein. Diese Großkreise und ihre Berührungspunkte können nun in gnomonischer Projektion folgendermaßen konstruiert werden.

Man zeichnet die gnomonischen Bilder der Parallelkreise (auch der südlichen) auf die im Nordpol N berührende Tangentialebene und trägt in dieses Kartenbild den Ort Z als Punkt Z′ ein. Ein Großkreis durch Z erscheint in dieser Karte als Gerade durch Z′; berührt er einen Parallelkreis, so ist diese Gerade Tangente des Bildes dieses Parallelkreises. Zeichnet man nun von Z′ aus die Tangenten an die Bilder aller Parallelkreise zwischen Nordpol und Ort Z, so ist die Gesamtheit ihrer Berührungspunkte ein Kreis vom Durchmesser $\overline{NZ'}$. Die Punkte dieses Kreises sind die gnomonischen Bilder jener gesuchten Kugelpunkte, von denen aus der Ort Z genau im Ost erscheint. Den Ort auf der Kugel selbst erhält man, wenn man diesen Kreis aus dem Erdmittelpunkt auf die Kugel zurückprojiziert; er ist also die Schnittlinie eines schiefen Kreiskegels (hier ein orthogonaler Kegel) mit der Kugel, und dies ist eine Raumkurve vierter Ordnung, die aus zwei getrennten geschlossenen Ästen durch je einen Pol besteht. Da nämlich jeder Bildparallelkreis einen nördlichen und einen südlichen Parallelkreis der Kugel darstellt, gibt es auch auf der südlichen Erdhalbkugel Punkte unseres Ortes, deren Gesamtheit auf dem durch den Südpol gehenden Ast der Raumkurve liegt.

Nicht alle Punkte der Raumkurve vierter Ordnung erfüllen die Bedingung, daß von ihnen aus Z im Ost liegt, sondern nur jene, die westwärts des Ortsmeridians von Z, der eine Symmetrieebene der Raumkurve ist, liegen. Für die übrigen Punkte liegt, von den Polen abgesehen, Z im West, weil nämlich der Ostweg dahin länger ist als der halbe Erdumfang.

---

[1]) A. Böhm von Böhmersheim, Zum Begriff und zum Verlauf der Loxodrome. Festschrift der Nationalbibliothek in Wien, 1926, S. 88, Anm. 2.

Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der Versuch Lauffen-Frankfurt vor 50 Jahren, ein Rückblick und Ausblick.

Von FRIEDRICH MOELLER in Berlin-Tempelhof.

Am 24. August 1941 sind 50 Jahre vergangen, seit in der großen elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. ein elektrischer Motor anlief, dessen Stromerzeuger 175 km von Frankfurt entfernt durch eine Wasserturbine in Lauffen am Neckar seine Energiezuführung erhielt. Es war die erste große Energieübertragung, die auf der Erde durchgeführt wurde und die ihre Probe zum Erstaunen sogar der engsten Fachwelt glänzend bestand: Die gesamte elektrische Anlage ergab einen hohen Wirkungsgrad und zeigte während der Dauer der Ausstellung keinerlei nennenswerten Schaden, trotz der damals unerhört hohen Spannung auf der Fernleitung von etwa 14000 Volt[1]). Generator und Motor waren Dreiphasenmaschinen, ein neues System wurde durch diesen Versuch als völlig gebrauchsfertig gleichsam mit einem Ruck mitten hinein in die technische Welt gestellt, so daß eine Diskussion über seine Anwendungsmöglichkeit von da ab nicht mehr notwendig war und sich von selbst verbot: Der Erfolg war zu groß gewesen. Für die Elektrotechnik wurde dieser Tag ein historischer Tag erster Ordnung, denn er entschied überzeugend und ohne die Möglichkeit einer Widerrede den Streit zwischen Gleichstromtechnikern und Wechselstromtechnikern eindeutig zugunsten der letzteren. Die Elektrotechniker, unter ihnen Oscar von MILLER[2]), die bei der Inbetriebnahme am Abend des 24. August 1891 die entscheidenden Messungen ausführten, erlebten eine große Stunde ihres Lebens, als sie feststellen konnten, daß ihre Gedanken richtig gewesen waren; ihre Erwartung muß um so größer gewesen sein, als es vorher nicht möglich gewesen war, irgendeinen Versuch zu unternehmen, der auch nur annähernd den Dimensionen entsprochen hätte, wie er jetzt vor ihren Augen ablief. Der Frankfurter Drehstrommotor mit einer Leistung von 100 PS (etwa 75 kW) besaß nur drei Vorgängertypen geringer Leistung; er konnte in seiner Entstehungswerkstatt der AEG in Berlin auch versuchsweise nicht einmal ohne Last gefahren werden, weil es einen Antriebsgenerator für ihn nicht gab. So, wie er aus der Werkstatt kam, mußte er, ohne eine Probe abgelegt zu haben, seine Fähigkeiten unter Beweis stellen.

Der Versuch von Lauffen–Frankfurt wurde nicht durchgeführt, um auf der Ausstellung unerhörte Effekte zu zeigen, — dazu waren außer seinen Kosten auch die technischen und organisatorischen Schwierigkeiten allzu groß gewesen —, er wurde aus zwingenden Gründen unternommen, gewissermaßen aus der Not heraus geboren, in die nicht nur die Elektrotechniker der damaligen Zeit, sondern eigentlich schon die große Öffentlichkeit durch die Entwicklung der Elektrotechnik gestellt worden waren. Viele Stadtverwaltungen, unter ihnen auch Frankfurt, beschäftigten sich damals mit der Errichtung einer „elektrischen Zentrale“, aber sie konnten kein Bild davon gewinnen, welche Stromart nun einzuführen wäre, von deren Wahl die Größe und somit auch die Kosten der ganzen Anlage abhängig waren. Es gab eine Reihe von bedeutenden Fachleuten, die überzeugte Anhänger des Gleichstromsystems waren, während andere gleich tüchtige Elektriker mit großer Wärme das Wechselspannungssystem empfahlen; eine

[1]) Aus den amtlichen Protokollen geht nicht hervor, welche Spannung auf der Fernleitung anfangs benutzt worden ist, doch ist sie mit ziemlicher Sicherheit aus folgenden Originalmitteilungen zu berechnen: Der Generator in Lauffen lieferte in jeder Phase eine Spannung von 50 V, der Transformator hatte einen „Transformationskoeffizienten“ (wir nennen es heute Übersetzungsverhältnis) von 1 : 160 und war wie der Generator im Stern geschaltet. Wenn wir sinusförmigen Verlauf der Spannung annehmen, so betrug daher die Spannung am Anfang der Fernleitung zwischen je 2 Leitern $U\sqrt{3} = 13800$ V, eine Spannung, die in Frankfurt auf etwa 12500 V abgesunken sein mag, wenn die Leitung voll belastet war. In Frankfurt wurde die Spannung im Verhältnis 123 : 1 herabgesetzt, so daß der Drehstrommotor in Frankfurt mit etwa 100 V gefahren wurde. — Nach Ende der Ausstellung sind an der Leitung Versuche mit einer Spannung bis zu 30000 V unternommen worden, und zwar mit vollem Erfolg. Auf welche Weise dieser hohe Wert erreicht wurde, wird nicht berichtet. Ebenso wird nicht ausgesprochen, wie groß die Frequenz gewesen ist. Sie läßt sich aber ebenfalls aus anderen Angaben berechnen. Der Generator in Lauffen besaß ein Polrad mit 32 Polen, dessen Drehzahl 120 Umdr./min betrug. Daraus berechnet sich die Frequenz zu 32 Hz.

[2]) OSCAR VON MILLER, geb. 7. Mai 1855 in München, 1884 bis 1890 Direktor der AEG, dann selbständig in München, techn. Leiter der Frankfurter Ausstellung, Erbauer des Walchenseewerks und vieler anderer großer Wasserkraftwerke, war der Erfinder und Organisator des Lauffen–Frankfurter-Versuchs. Als Gründer des Deutschen Museums in München ist er auch außerhalb der Fachwelt weithin bekannt geworden. Er starb am 9. April 1934 in München.

Entscheidung zu treffen war auch der Fachwelt nicht möglich. Unter solchem Zwiespalt mußte der ganze Industriezweig, in dem große Mittel festgelegt waren, schwer leiden, wenn hier nicht bald Klarheit geschaffen wurde. Es ist bekannt, daß EDISON[3]) zum Gleichstromlager gehörte und seinen Standpunkt mit solcher Schärfe vertrat, daß er gelegentlich einer Besichtigung der Werkstätten der AEG in Berlin sich entschieden weigerte, einen kleinen Kurzschlußläufermotor auch nur anzusehen, mit den Worten: „Wechselstrom ist Unsinn, hat keine Zukunft." Er war und blieb lange Zeit Gegner des Wechselstromsystems und kämpfte in Amerika einen erbitterten Kampf mit NICOLA TESLA[4]), der um die Zeit des Versuchs von Lauffen–Frankfurt die ersten großen Wechselstromzentralen am Niagara bauen ließ, die aber erst einige Jahre nach dem Frankfurter Versuch in Betrieb kamen, so daß sie ihre Zweckmäßigkeit und die Richtigkeit der Gedanken erst erweisen konnten, als es nicht mehr notwendig war.

Der Sinn des Streites zwischen beiden Richtungen war der folgende: Die Gleichstromanhänger wiesen darauf hin, daß man Wechselstromenergie nicht speichern könne, daß es keinen brauchbaren Wechselstrommotor gäbe und daß auch im übrigen der Wechselstrom für viele Zwecke unbrauchbar wäre; sie wandten ferner ein, daß sich so hohe Spannungen, wie sie die Wechselstromtechniker einführen wollten, nicht mit der genügenden Betriebssicherheit meistern ließen und daß der Wirkungsgrad stets sehr schlecht bleiben müsse; ihre Schätzungen in dieser Hinsicht gingen herab bis auf 12%. Sie waren daher Anhänger einer Stromverteilung, die viele kleine Zentralen innerhalb der Städte vorsah, zu denen die Kohlen eben herangefahren werden müßten. — Die Wechselstromanhänger sahen dies Verfahren als sehr teuer und umständlich an, sie wollten nur wenige, aber große „Zentralstationen" außerhalb der Städte (Stadtrandstationen) aufstellen, die Energie von dort mittels hoher Spannungen in die Städte hineinführen (an das Land dachte man damals noch nicht) und hier bei Bedarf von Gleichspannung Umformer aufstellen. An einem hohen Wirkungsgrad solcher Anlagen zweifelten sie nicht. — Den Streit zwischen beiden Richtungen nannte man damals mit einem treffenden Schlagwort den „Kampf zwischen Akkumulator und Transformator".

Der Lauffen–Frankfurter-Versuch gab dem Transformator recht, denn der Wirkungsgrad der ganzen Anlage, gemessen von der Turbinenwelle des Generators bis zu den Sekundärklemmen des Frankfurter Transformators betrug etwa 75%[5]). Es gingen also 25% verloren, wovon auf die Leitung 11%, auf den Generator 8% und auf jeden Transformator je 3% entfielen[6]). — Eine große Erörterung darüber, daß das Verfahren der ersten Gruppe bei dem gewaltigen Energiebedarf unserer Zeit niemals hätte durchgeführt werden können, ist heute nicht mehr nötig; die Anwendung und Nutzung der elektrischen Energie in solchen Ausmaßen, wie wir sie heute kennen, wäre unmöglich geworden. Damals konnte man die kommende Entwicklung nicht vorausahnen, und die Auffassung der Gleichstromtechniker war daher durchaus verständlich.

---

[3]) THOMAS ALVA EDISON, geb. in Milan (Ohio, USA) am 11. Febr. 1847. Als Elektrotechniker besonders verdient wegen der von ihm erstmalig durchgeführten Kleinverteilung der elektrischen Energie, die er 1881 in Europa auf der Pariser elektrischen Ausstellung in Verbindung mit seinen Glühlampen zeigte. 1882 erbaute E. die erste „Blockstation" in Neuyork, nach deren Muster auch die erste größere Blockstation Deutschlands in Berlin im Hause Friedrichstr. 85 (Ecke Unter den Linden, Café Bauer) entstand. EDISON starb am 18. Okt. 1931 in Westorange (New Jersey, USA).

[4]) NICOLA TESLA, geb. in Smiljan (Kroatien) am 10. Juli 1856, studierte in Graz Physik und Mathematik, wanderte 1882 nach USA aus, arbeitete zunächst bei EDISON, wurde dann selbständiger Ingenieur und war später Mitarbeiter von GEORGE WESTINGHOUSE, der das Niagarawerk nach den Patenten TESLAS erbaute (2-Phasen-Wechselstromgeneratoren, 5000 PS). In weit mehr als 100 Patenten hat TESLA seine Gedanken veröffentlicht, die von einer erstaunlichen Erfinderkraft Kunde geben. Sie betreffen zum überwiegenden Teil die Wechselstromtechnik für niedere und hohe Frequenzen. Die Bedeutung der letzteren Patente wurde damals noch nicht verstanden. NICOLA TESLA lebt noch heute in Neuyork.

[5]) Eigentümlicherweise ist in den amtlichen Protokollen über den Wirkungsgrad des Drehstrommotors in Frankfurt nichts aufgezeichnet. Der Motor hatte die Aufgabe, die er auch ausgezeichnet erfüllte, Wasser etwa 10 m hoch zu pumpen, das dann zum Betriebe eines Wasserfalles Verwendung fand; der Fall wurde abends mit Bogenlampen erleuchtet und fand die restlose Bewunderung aller Besucher der Ausstellung. — Aus allen technischen Berichten geht hervor, daß der Nachweis eines guten Wirkungsgrades von Fernleitung und Transformatoren den Wechselstromtechnikern als die Hauptsache erschien, weil ja die Gleichstromanhänger hier die größten Zweifel hegten.

[6]) Durch das Ergebnis der Frankfurter Ausstellung wurden auch weitere technische Streitfragen aus der Welt geschafft, die die Elektrotechnik nicht direkt berührten. Es warben damals noch andere Systeme um Erfolg, die eine Kraft-Kleinverteilung ermöglichen sollten: das Druckluft- und Druckwassersystem. Ersteres wurde in Paris stark propagiert und praktisch ausgeführt; auch in Deutschland wurde eine Druckluftzentrale gebaut, und zwar in Offenbach, Es blieb zum Glück nur bei diesem einen Versuch.

Es ist nicht mit Sicherheit festzustellen, wer zuerst den Gedanken gehabt hat, das Drehfeld praktisch auszunutzen. FERRARIS hatte einen kleinen Drehfeldmotor gebaut, aber seine technische Verwendungsfähigkeit mit dem Hinweis abgelehnt, daß sein Wirkungsgrad niemals 50% erreichen könne. Sicher ist, daß FRIEDRICH HASELWANDER[7]) als erster einen Dreiphasengenerator mit Phasenverkettung in Betrieb gesetzt hat. HASELWANDER scheint das gleiche Schicksal erlitten zu haben wie wenige Jahre später TESLA mit seinen Sendern, die er zur Fernübertragung elektrischer Energie nutzen wollte, und HANS VOGT[8]) um das Jahr 1922 mit seinem Tonfilm: Die Zeit begriff noch nicht ihre Gedanken und ihr Wollen, und andere, die später kamen, ernteten den eigentlichen Erfinderruhm, der aber den ersteren gebührt. HASELWANDER schied nach vielen Enttäuschungen aus der Elektrotechnik aus und wandte sich anderen Gebieten zu, auf denen er mit besserem äußeren Erfolge ebenfalls viel leistete, sicherlich ein sehr fruchtbarer Kopf. Die technische Durchkämpfung der Wechselstromanwendung ist HASELWANDER leider nicht gelungen, sondern an zwei andere Namen geknüpft: MICHAEL V. DOLIVO-DOBROWOLSKI[9]) in Deutschland und NICOLA TESLA in Amerika (USA). Von ersterem stammt auch der Name des Systems, den es bis heute auf der ganzen Welt behalten hat: „Drehstrom".— Es ist bemerkenswert, daß auch eine so überragende Persönlichkeit wie WERNER VON SIEMENS, der seinen Namen wohl sonst mit allen Gebieten der damaligen Elektrotechnik aufs engste verknüpft hat, unter den Pionieren der Wechselstromtechnik nicht zu finden ist, ein Beispiel dafür, daß die Zeit auch über die Lebensarbeit ganz großer Männer hinwegschreitet zu neuen Aufgaben, deren Inangriffnahme ihre Tätigkeit erst möglich gemacht hat. (WERNER VON SIEMENS starb am 6. Dez. 1892.)

Für die weitere Fortentwicklung des Drehstromsystems in Deutschland nach den Tagen von Frankfurt war es von größter Bedeutung, daß zwischen der AEG als der führenden Wechselstromfirma und dem damals größten Elektrizitätsversorgungsunternehmen, den Berliner Elektrizitätswerken, eine enge Interessengemeinschaft bestand, die es ohne Schwierigkeiten technischer und formaler Art ermöglichte, Neukonstruktionen in der Praxis mit der nötigen Gründlichkeit auszuproben: Laboratoriums- und Konstruktionsingenieure und Betriebsingenieure arbeiteten Hand in Hand. Ohne hier irgendeine Firma herausstellen zu wollen, müssen die Namen dieser beiden Unternehmen in dieser Beziehung festgehalten werden, weil ihre Zusammenarbeit die Entwicklung sehr fördernd beeinflußt hat.

Die Tat von Lauffen–Frankfurt hatte, um noch einmal kurz ihr Ergebnis zusammenzufassen, folgende Entscheidung getroffen, die seither nicht mehr angezweifelt werden konnte: „Als Übertragungssystem für große Leistungen kommt nur der Wechselstrom in Frage, weil Wechselspannungen leicht und betriebssicher herauf- und herabgesetzt werden können. Daher ermöglicht diese Stromart den Bau weniger aber großer Zentralen, eine leichte Betriebsstoffzuführung und eine weit billigere und bequemere Verteilung der Energie, als es mit Gleichspannung möglich sein würde. Auch die Ausnutzung von großen Wasserkräften und Braunkohlenlagern mit so schlechtem Kaloriengehalt, daß ein Transport wirtschaftlich nicht tragbar wäre, wird erst durch das Wechselstromsystem möglich[10])."

[7]) FRIEDRICH AUGUST HASELWANDER, geb. am 18. Okt. 1859 in Offenburg (Baden), war sicherlich der erste, der einen Drehstromgenerator in Betrieb gesetzt hat. Eine Kraftübertragung zum Betrieb eines Motors wurde ihm von der Postverwaltung verboten, die Störungen in ihren Telegraphenleitungen befürchtete. HASELWANDER war später mit der Verbesserung der Dieselmotoren (Haselwandermotor) sehr erfolgreich beschäftigt. Er starb am 14. März 1932 in Offenburg.

[8]) HANS VOGT, geb. am 25. Sept. 1890 in Wurlitz (Oberfranken), entwickelte in den Jahren 1918 bis 1923 den Tonfilm gemeinsam mit zwei anderen Ingenieuren, das Verfahren erhielt von ihnen den Namen „Triergon". VOGT fand bei der deutschen Industrie damals kein Verständnis, so daß ein Konsortium in USA die Patente erwerben konnte. Von VOGT erhielt auch die Rundfunkindustrie viele Anregungen. Er lebt in Berlin.

[9]) MICHAEL VON DOLIVO-DOBROWOLSKI, geb. am 3. Jan. 1862 in Odessa. Ingenieur der AEG, seit 1909 deren technischer Direktor, starb am 15. Nov. 1919 in Heidelberg.

[10]) Merkwürdigerweise nahm die Stadt Frankfurt, die unter ihrem Oberbürgermeister MIQUEL, dem späteren preußischen Finanzminister, sich sehr um die Versuche bemüht hatte, weil sie selbst ein Elektrizitätswerk errichten wollte, die Leitung Lauffen–Frankfurt nicht in Gebrauch; Frankfurt entschied sich erst im Jahre 1893 für die Errichtung eines Elektrizitätswerkes, und zwar mit Einphasenstrombetrieb. Man hatte damals, wie es scheint, noch eine starke Abneigung gegen drei Leitungen. Die gleiche Folgerung geht aus einem Bericht der ETZ 1893, S. 463, über die elektrischen Einrichtungen der Weltaustellung in Chikago hervor: „Das Mehrphasensystem ist hier in interessanten Variationen vertreten. Dieses System dürfte sich in Amerika wegen der hierzulande adoptierten hohen Periodenzahl auch länger halten wie in Europa. Im großen und ganzen dürfte aber das Mehrphasenstromsystem nur eine Übergangsstation in der Entwicklung des Wechselstromsystems sein, denn sobald man zuverlässige und mit genügender Zugkraft selbstanlaufende Einphasenmotoren hat, wird man das komplicirtere und theurere Mehrphasensystem aufgeben." Diese Erwartung, die die damalige Zeit offenbar vielfach teilte,

50 Jahre hindurch ist dies Ergebnis der Versuche von Lauffen-Frankfurt als Dogma angesehen worden und unangetastet geblieben; erst in unseren Tagen finden sich Ansätze einer Entwicklung, die die damals geprägten Anschauungen vielleicht in gewisser Hinsicht modifizieren werden, worüber nachher noch einige Bemerkungen zu machen sind.

Es wäre eine Täuschung, wollte man annehmen, daß durch die Frankfurter Tagung alle Schwierigkeiten technischer Art aus dem Wege geräumt worden wären; entschieden wurde in Frankfurt nur der Weg, während die technische Ausarbeitung des Systems erst begann. In der Öffentlichkeit setzten sich die Frankfurter Erkenntnisse erst allmählich durch, und die Gleichspannung blieb noch ein Jahrzehnt die beherrschende Stromart, zumindest im Stadtinnern; die meisten Unterwerke wurden noch mit Gleichspannung ausgerüstet, die durch Umformung des aus dem Hauptwerk gelieferten Wechselstromes gewonnen wurde. Erst um die Jahrhundertwende schritt man schon allgemeiner zur Kleinverteilung des Wechselstromes, die dann bekanntlich später solche Ausmaße annahm, daß ein Umbau der bestehenden Gleichstromstationen auf Wechselspannung vorgenommen wurde. Aber dazu war es nach Frankfurt noch nicht an der Zeit.

Anfangs boten Konstruktion und Bau großer Maschinen und Kessel, insbesondere auch genügend betriebssicherer Hochspannungsleitungen, — ein Begriff, dessen Name erst nach Frankfurt geprägt wurde —, größte Schwierigkeiten. Da der Bedarf an elektrischer Energie lawinenartig anwuchs, war die Beschaffung der notwendigen Antriebsleistung der elektrischen Wechselstromgeneratoren eine Aufgabe, die längere Zeit in Ländern ohne große Wasserkräfte schwer lösbar erschien. Vor der Jahrhundertwende kamen als Großwärmekraftmaschinen nur Kolbendampfmaschinen in Frage. Es wurde sehr bald möglich, elektrische Maschinen ausreichend großer Leistung mit Sicherheit zu entwerfen, aber es wurde zunächst nicht möglich, für diese Maschinen eine ausreichend große schnellaufende Dampfmaschineneinheit anzufertigen. Es blieb daher nichts anderes übrig, als die elektrische Einheit der geringen Drehzahl der Antriebseinheit anzupassen, d. h. elektrische Maschinen unbefriedigend großen Durchmessers mit langsamer Drehzahl und verhältnismäßig kleiner Leistung zu bauen, sie mit der Dampfmaschine direkt zu koppeln und eine Reihe der so entstandenen „Aggregate" parallel fahren zu lassen. Das war zunächst ein schwieriges Problem, und als man es zum Beispiel 1898 in Berlin zunächst an zwei Maschinen versuchte, erlebte man eine schlimme Überraschung: Die Aggregate fielen sofort aus dem Tritt. Bekanntlich muß bei parallel fahrenden Wechselstrommaschinen nicht nur die Spannung, sondern auch ihre Phase annähernd gleich sein[11]) und gleich gehalten werden, wenn nicht wechselnde Belastungen und Spannungsschwankungen unerträglicher Höhe an Maschinen und auf dem Netz eintreten sollen. Die beiden Kolbendampfmaschinen, die nun zusammenarbeiten sollten, „pendelten" jedoch im Takt ihrer ungleich erfolgenden Kolbenstöße derart gegeneinander, daß ein Zusammenfahren nicht möglich war. Erst durch Vergrößerung der Schwungmassen und durch den Einbau von sogenannten Dämpferwicklungen in die Generatoren, die eine stoßweise Beschleunigung verhinderten, gelang der Versuch im folgenden Jahre, der dann im Lauf der Zeit dazu führte, daß eine große Zahl von Aggregaten der beschriebenen Art parallel gefahren werden konnten; in dieser Weise wurde eine dauernde Leistungssteigerung möglich, die aber endlich im zur Verfügung stehenden Raum ihre Grenzen fand; ein Werk von etwa 40000 kW zum Beispiel nahm einen so großen Platz ein, daß ein weiterer Ausbau kaum noch möglich erschien. So war man etwa um das Jahr 1905 wieder an einer Schwierigkeit angelangt, die nur durch neue Mittel überwunden werden konnte. Das geschah durch Einführung der Dampfturbine als Antriebsmotor, die bis zum Jahre 1905 ausreichend betriebsfähig entwickelt worden war. Erst eigentlich mit ihrer Hilfe wurde die „elektrische Zentrale" zum „Elektrizitätswerk", — wenn auch letzteres Wort schon viel früher geprägt war —, konnte später die elektrische Energie so billig geliefert werden[12]), daß sie in jedem Haushalt Eingang fand.

hat sich nicht erfüllt. Der Drehstrom hat sich völlig durchgesetzt, freilich nicht mit der hohen Frequenz von 120 Hz der Chikagoer Ausstellung, sondern mit 50 bis 60 Hz, die allgemein Eingang gefunden hat. Nur unsere Fernbahnen benutzen in der Regel eine dreifach niedrigere Frequenz, außer anderen Gründen wegen der sonst allzu hohen induktiven Spannungsverluste am Fahrdraht, der nicht mit Drehstrom, sondern mit Einphasenstrom gespeist wird; Rückleitung ist die Schiene. — Die Fernleitung von Lauffen nach Frankfurt nahm teilweise die Stadt Heilbronn in Besitz, die daher als erste Stadt der Welt die Elektrizitätsversorgung mittels Drehstrom (von Lauffen) durchgeführt hat. Die Spannung betrug 5000 V. — Die Fehlentscheidung ihrer Stadt brachte den Frankfurter Gewerbetreibenden in der Folge große Nachteile. —

[11]) Das Polrad der Maschine, die die größere Last fährt, eilt dem anderen um einen Phasenwinkel voraus. Zwei Maschinen, die die gleiche Last fahren, halten die gleiche Phase ein. Das gilt natürlich nur für Maschinen am gleichen Ort, wenn also weder Leitungsinduktivität noch -kapazität zwischen ihnen liegt.

[12]) Bis 1896 kostete die kWh in Berlin 72 Pfg., bis 1899 60 Pfg., bis 1904 55 Pfg. im Haushalttarif, wobei aber noch zu bedenken ist, daß damals wegen der Benutzung der Kohlenfadenlampen der Wattverbrauch je Kerze sehr viel höher war als heute. Die kWh als Rechengröße ist erst 1896 bei den Berliner Werken eingeführt worden, durch Reichsgesetz erst 1901.

Ein Turbinenaggregat, das heute eine Leistung von 90000 kW abzugeben vermag, steht kaum auf einer größeren Fläche als damals ein Dampfmaschinenaggregat fünfzehnfach geringerer Leistung. Noch krasser werden die Unterschiede in der Zahl des bedienenden Personals. Während damals an jedem Aggregat drei Maschinenwärter vollauf zu tun hatten, um die nötigen Schmierungen vorzunehmen und alle bewegten Teile zu überwachen, ist heute bei mehreren Maschinen der oben angegebenen Leistung nur ein Mann als Wache notwendig, der es leichter hat als seine Kameraden damals. Hätte man damals die gleiche Leistung überwachen sollen, so hätte ein Aufgebot von etwa 100 Mann gestellt werden müssen.

Natürlich vollzog sich der Übergang zur Turbine schrittweise, in Berlin zum Beispiel ist der letzte Kolbendampfmaschinenveteran erst im Jahre 1926 von seinem langen Dienst erlöst worden.

Das Wachstum der Dampfturbinenaggregate scheint allmählich abgeschlossen zu sein. Einheiten größerer Leistungen als 100000 kW sind bisher nicht gebaut worden; die Größenentwicklung hat heute eher einen rücklaufenden Charakter. Bei den Wasserkraftturbogeneratoren ist die Entwicklung zu noch größeren Maschinen vielleicht nicht beendet; erinnert sei an die neuen von den Siemenswerken gebauten Einheiten von je 100000 kW für das Wasserkraftwerk am Yalufluß in Mandschukuo.

Das Parallelfahren vieler weit voneinander entfernt stehender Maschinen macht heute den Ingenieuren keine Schwierigkeiten mehr; ein bestes Beispiel hierfür ist das Netz des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes (RWE), des zur Zeit größten deutschen Elektrizitätsversorgungsunternehmens, in dem von der holländischen Grenze bis herauf nach Vorarlberg kleinste und größte mit Wasserkraft und Dampfkraft getriebene Wechselstromgeneratoren parallel arbeiten, die zusammen eine installierte Leistung von weit mehr als 1 Million kW aufweisen. Auch das Zusammenschalten mehrerer großer Netze zu einem Verbundbetrieb ist heute kein Problem mehr, und der Verbundbetrieb aller deutschen Netze ist wohl nur noch eine Frage kürzerer Zeit.

Weniger große Schwierigkeiten als das Maschinenproblem hat wohl die Entwicklung und Konstruktion großer Transformatoren gemacht. Die Theorie des Transformators hat im wesentlichen schon Gisbert Kapp[13]) im Jahre 1887 angegeben, der die Transformatorformel ableitete. Dolivo-Dobrowolski hat sich nach 1890 eingehend mit dem Bau von Drehstromtransformatoren befaßt, die nach seinen Angaben auch in Frankfurt aufgestellt wurden. Nur die Hysteresiserscheinungen sind damals wohl noch nicht, — wenigstens nicht in ihren Folgen für die Leistungsverluste der Transformatoren, — erkannt worden; an dieser Klärung ist u. a. Karl Steinmetz[14]) wesentlich beteiligt. Der Gedanke, den Transformator in Öl zu setzen, stammt von Tesla.

Wenn vor 50 Jahren das Werk am Neckar eine Leistung von 225 kW übertrug, so finden sich heute Werke gleicher Antriebsart in Planung, deren installierte Leistung nahezu das 10^4fache betragen soll. Bei den Wasserkraftwerken, die am Fuße der Hohen Tauern und im Laufe der Donau errichtet werden sollen, spricht man von Leistungen, die Werte von weit mehr als 10^6 kW erreichen sollen. — Während in dieser Beziehung der technische und wirtschaftliche Fortschritt gegenüber dem Frankfurter Versuch außerordentliche Ausmaße angenommen hat, ist in einer anderen Hinsicht kaum ein Fortschritt festzustellen: Der elektrische Wirkungsgrad der Übertragung vom Erzeuger zum Verbraucher ist heute kaum höher als damals; 10% der vom Generator zur Verfügung gestellten Energie gehen auch heute noch auf den Leitungen verloren. Der Durchmesser der Lauffen–Frankfurter-Leitung betrug je Leiter 4 mm (Cu), so daß er bei tausendfach gesteigerter Leistung unter gleichen Verhältnissen 143 mm betragen müßte, eine Größenordnung, die völlig unmöglich ist. Wenn aber der Querschnitt nicht in solchem Maße vergrößert werden kann, so bleibt nur übrig, die Spannung so weit heraufzusetzen, daß der Leiterquerschnitt wieder technisch erträglich und wirtschaftlich wird. Wenn damals der 175 km langen Leitung eine Spannung von etwa 14000 V aufgedrückt wurde, so benutzt man heute

---

[13]) Gisbert Kapp, geb. am 2. Sept. 1859 in Wien, wanderte nach England aus, wo er sich als Elektrotechniker einen großen Namen machte. Seine Transformatorformel veröffentlichte er zuerst in einer englischen Zeitschrift, doch hielt er enge Verbindung zu den deutschen Elektrotechnikern stets aufrecht. Er kam 1894 nach Deutschland und wurde Generalsekretär des ETV und Schriftleiter der ETZ als Nachfolger von F. Uppenborn. 1905 wurde er als Professor an die Universität Birmingham berufen und blieb dort bis zu seinem Tode. Er starb am 10. Aug. 1922 in Birmingham.

[14]) Karl (Proteus) Steinmetz, — den Vornamen Proteus gab er sich selbst, — wurde am 9. April 1865 in Breslau als schwächliches Kind geboren; er blieb zeitlebens gebrechlich. Seine geistigen Fähigkeiten und sein Lebenswille standen zu seinen körperlichen Mängeln in krassem Gegensatz. Er wanderte 1889 nach Neuyork aus und wurde leitender Ingenieur der General Elektric Company in Schenectady (Neuyork). Die Zahl seiner bedeutenden Veröffentlichungen, die er vielfach in deutschen Zeitschriften vornahm, ist sehr groß. Steinmetz ist besonders durch die Einführung der Rechenmethode mit komplexen Größen in die Elektrotechnik bekannt geworden. Er starb in Schenectady am 26. Okt. 1923.

Spannungen von 110000 V[15]), in Einzelfällen, die sich bald vermehren werden, von 220000 V[15]); Fälle, in denen eine noch höhere Spannung benutzt wird, sind sehr selten; in Deutschland gibt es zur Zeit eine Spannung von 220000 V nur auf der großen Sammelschiene des RWE. Bei allen Daten, die diese Spannungen angeben, ist stets die Spannung zwischen zwei Außenleitern (Phasenleitern), nicht die Spannung zwischen Außenleiter und Erde gemeint, die also um $1/\sqrt{3}$ niedriger ist. Es ist aber zu bedenken, daß es sich bei diesen Angaben stets um Effektivwerte handelt, so daß die Spitzenwerte um den Faktor $\sqrt{2}$ höher liegen.

Um so hohe Spannungen bei sehr großen Leistungen sicher zu beherrschen, hat es einer ausdauernden und hingebenden Arbeit bedurft, die den Leitungen und Schaltern gewidmet werden mußte. Die Namen der Erfinder und Konstrukteure, die auf diesen Gebieten tätig waren, sind auch der Fachwelt nicht in dem Maße bekannt geworden wie etwa die Männer, die bisher genannt wurden, aber ihr Verdienst ist nicht minder groß, und die Ergebnisse ihrer Arbeit sind bewundernswert. Wir nennen nur ein Stichwort: „Ölschalter“, das sind Schalter, die dazu dienen, um eine Hochspannungsleitung, die unter Last steht, vom Netz abzuschalten; eine viele Jahre lange Zusammenarbeit erfahrener Laboratoriums- und Konstruktionsingenieure war notwendig, um diese Schalter zu guter Betriebssicherheit durchzubilden. Sie sind heute schon überholt und werden allmählich durch die sogenannten Löschgasschalter abgelöst, weil hin und wieder verheerende Ölschalterexplosionen auftraten, aber sie haben lange Jahre, solange es nichts Besseres gab, ihre Pflicht zur Zufriedenheit der Betriebe erfüllt. — Die Fahrstraßen der Energie, die Hochspannungsleitungen, sind ebenfalls erst nach langer Arbeit zu der Vollkommenheit gediehen, wie wir sie heute kennen. Zur Ausbildung der Isolatoren (Kettenisolatoren) bedurfte es einer innigen Zusammenarbeit mit der keramischen Industrie, bis der Erfolg allgemein befriedigte. Bei der Berechnung der Netze und ihres Verhaltens hat die Rechenmethode von KARL STEINMETZ, heute als symbolische Rechenmethode bei den Elektrotechnikern allgemein bekannt und geschätzt, wertvollste Dienste geleistet. — Um das Jahr 1903 kam für Werke, die nun mit Hilfe ausreichend betriebssicherer Leitungen auch kleine, von der Energieerzeugungsstätte weit entfernt liegende Landgemeinden mit Strom versorgen konnten, der Name „Überlandzentralen“ auf, eine Bezeichnung, die auf ein Jahrzehnt und länger nicht nur ein technisches Schlagwort, sondern ein der großen Öffentlichkeit geläufiger Begriff wurde; die Zeiten, in denen sich das Volk unter einer Dynamo und einer elektrischen Zentrale nichts vorstellen konnte, waren vorbei, elektrisches Licht und elektrische Kraft wurden populär. — Wort und Begriff „Überlandzentrale“ sind aber seither allmählich wieder verschwunden, da ein Bedarf dafür wegfiel; heute sind die großen Elektrizitätswerke fast alle Überlandwerke, die einen räumlich großen Kreis mit Energie versorgen. Kleine Werke verschwinden, weil ihr Betrieb zu teuer wird. Soweit es Wasserkraftwerke sind, werden sie mit den großen Werken in Zusammenarbeit verbunden, um auch kleinere Energiemengen, wie sie besonders bei Stromregulierungen anfallen, nicht zu verlieren.

Je größer die Ströme in den Leitungen, um so höher sind die Verluste, sie sind auch bei den bisher benutzten Höchstspannungen beträchtlich. Wenn aber, wie bereits erwähnt, das Arbeitsvermögen der alpinen Wasserkräfte in noch weit größerem Maße, als es bisher geschieht, ausgenutzt werden soll, dann werden die Ströme in den Leitungen noch bedeutend zunehmen, und die Länge der Leitungen wird wachsen. Das Bestreben der Elektrotechniker, noch höhere Spannungen verwenden zu können, ist daher begreiflich. Es ist deshalb geplant, auf den zukünftigen großen Energiestraßen die Spannung auf 400000 V heraufzusetzen. Da mit einer solchen Maßnahme auch ein Umbau bestehender Einrichtungen verbunden ist, ferner auch zunächst Versuche in kleinerem Maßstabe notwendig sind, wird die Einführung so hoher Spannungen noch geraume Zeit dauern. Eine besondere Schwierigkeit findet sie in der sogenannten Koronabildung auf den Fernleitungen, eine Erscheinung, die sich als Sprühen der Elektrizität in den umgebenden Raum bemerkbar macht und um so früher eintritt, je kleiner der Halbmesser des Leiters ist; die Koronabildung wächst außerdem mit der Höhe der Spannungen. Man hat daher die Leitungen als Hohlleiter ausgebildet, so daß sie bei gleichbleibendem Leiterquerschnitt eine größere Oberfläche erhalten, und hat auf diese Weise gute Ergebnisse erzielt. Bei Steigerung der Spannung auf 400000 V wird man wohl der Ausbildung der Hohlleiter noch besondere Aufmerksamkeit widmen müssen, doch hält man die hier auftretenden Schwierigkeiten für überwindbar.

In neuester Zeit hat man zum Energietransport auf den Fernleitungen einen zweiten Weg gefunden, der zum erstenmal eine Abkehr von der Bahn bringt, die Frankfurt uns gewiesen hat: Die Wechselspannung auf den Fernleitungen wird abgesetzt und eine Rückkehr zur Gleichspannung vorgenommen. Warum geschieht das und wie heißt der Weg? Die erste Frage ist leicht beantwortet und die Antwort uns allen bekannt. Die Effektivspannung der auf der Hochspannungsleitung gefahrenen Sinusspannung beträgt nur einen Bruchteil $= 1/\sqrt{2}$ der Höchstspannung, auf die aber die Leitung wegen der Koronabildung zugeschnitten sein muß; die Leitung

[15]) Bei diesen Angaben sind stets Mittelwerte (Nennwerte) gemeint. Die Spannung auf den Fernleitungen schwankt natürlich mit der Belastung; sie kann zu Zeiten geringer Last bis zu 10% ansteigen.

kann also bei Wechselspannung erheblich geringer ausgenutzt werden. Abgesehen davon bringen Induktivität und Kapazität bei Wechselspannung so große Schwierigkeiten in der Leitungsberechnung, daß auch aus diesem Grunde der Betrieb mit hochgespanntem Gleichstrom wünschenswert erscheint. Bis in die neueste Zeit bestand indessen keine Möglichkeit der Erzeugung von Gleichspannung in solcher Höhe, daß der Betrieb wirtschaftlich wurde. Der neue Weg, der beschritten ist, wenn auch noch nicht in großem Maßstabe, ist gegeben durch die Entwicklung der Gleichrichter, von denen es bekanntlich drei Arten gibt: Röhrengleichrichter, Quecksilberdampfgleichrichter und Trockengleichrichter. Für die Erstellung großer Leistungen kommt zur Zeit nur der Quecksilberdampfgleichrichter zur Anwendung, der in Einheiten bis zu 7000 kW[16]) herstellbar ist. Nach dem Vorgang, der bei den Elektronenröhren zuerst beschritten worden ist, sind die Quecksilberdampfgleichrichter heute mit Steuergittern versehen, die den Betrieb erst zuverlässig machen. Diese Gleichrichter ermöglichen heute die Gleichrichtung des Drehstromes bis zu Spannungen von vielen tausend Volt[17]); es entsteht eine hohe Gleichspannung, die nun auf die Fernleitung gegeben werden kann. Am anderen Ende wird dann der hochgespannte Gleichstrom durch sogenannte Wechselrichter ähnlicher Konstruktion wieder in Drehstrom rückgewandelt, der in normaler Weise abgespannt und weiter verteilt werden kann. Das ist der neue Weg, auf dem es naturgemäß noch viele Hindernisse gibt. Ob sie für sehr große Spannungen und Leistungen überwunden werden, wissen wir noch nicht.

Die Störungen, denen die Freileitungen ausgesetzt sind (Gewitter, Rauhreif, Schneefall, Stürme), haben immer wieder das Bestreben wachgerufen, die Freileitungen durch Kabel zu ersetzen, wie es ja in den Fernsprechleitungen, den Niederspannungsleitungen der Stromversorgung in den Städten und zum Teil auch schon in den Mittelspannungsnetzen der großen Städte geschieht; 30000-V-Kabel werden bereits vielfach ausgelegt. Mit höheren Spannungen aber wachsen die Schwierigkeiten ganz außerordentlich, woran auch zum Teil wieder die Wechselspannung schuld ist. Vereinzelt finden sich schon kürzere Kabelstrecken für weit höhere Spannungen als 30000 V. Vielleicht wird hier bei Übergang zu Gleich-Hochspannung eine schnellere Entwicklung einsetzen. Einstweilen aber werden für lange Strecken die Hochspannungsfreileitungen beibehalten bleiben und als Hochstraßen der Energie ein Bild unserer Landschaft sein, wahrscheinlich noch an Bedeutung gewinnen, je mehr, wie bemerkt, die Ausnutzung des großen Arbeitsvermögens alpiner Gewässer einen Energietransport auf weite Entfernungen erfordern wird.

Eines aber steht heute unverrückbar fest: Die Kleinverteilung der Energie wird bleiben, wie es Frankfurt vor 50 Jahren vorsah, d. h. mittels niedergespannten Wechselstromes, weil dies eben die einfachste und billigste Art der Verteilung ist und für absehbare Zeit sein wird; hier ist einstweilen noch nicht der kleinste Weg sichtbar, daß es anders werden könnte. Wenn man heute hier und da im Niederspannungsnetz noch Gleichspannung benutzt, so geschieht es aus Gründen, die nach dem Kriege nicht mehr stichhaltig sein werden; im großen gesehen ist dies Verfahren heute unwirtschaftlich. In den Kleinverteilungsnetzen wird daher die Gleichspannung verschwinden. — Aber merkwürdig genug: Dort, wo die Gleichspannung notwendig ist, z. B. in den chemischen Großbetrieben, den Vorortbahnnetzen usw., hat der umfangreichen Ausnutzung des Gleichstromes der hochgespannte Wechselstrom erst den Weg frei gemacht. Ohne ihn wäre man heute nicht in der Lage, die Energie von den Erzeugungsstätten in der notwendigen Menge heranzuführen (und dann umzuformen). In dieser Beziehung ist die Entwicklung ganz anders verlaufen, als die beiden Gegner vor 50 Jahren vorausahnen konnten. Beide Systeme ergänzen sich heute aufs beste, und Gleich- und Wechselstromtechniker arbeiten friedlich nebeneinander und miteinander, wenn auch der Gleichstromgenerator fast verschwunden ist und nur als Erregermaschine sein Dasein fristet und seine Wichtigkeit behält. In dieser Beziehung ist das Planen der neuen Zeit über die damals zu lösenden Aufgaben hinausgewachsen. Aber wie in der Menschheitsgeschichte Ereignisse und Taten oft erst nach hinreichendem Zeitabstand in ihrer Bedeutung sichtbar werden und klar hervortreten, so können wir heute feststellen, daß die Frankfurter Tat Oscar von Millers, die den Auftakt zur modernen Energiewirtschaft gab, ein Ereignis gewesen ist, das in der Elektrotechnik eine Zeitwende bedeutete und für das gesamte Volk von größter Wichtigkeit geworden ist.

Schrifttum.

Über die Versuche, die an der Strecke Lauffen–Frankfurt ausgeführt wurden, über die benutzten technischen Mittel und die Ergebnisse geben folgende Aufsätze aus der Elektrotechnischen Zeitschrift (ETZ) Auskunft:

Oscar von Miller, Über die internationale elektrische Ausstellung. ETZ 1891, S. 236ff.
M. von Dolivo-Dobrowolski, Kraftübertragung mittels Wechselströmen verschiedener Phase (Drehstrom). ETZ 1891, S. 149ff und 161ff.

[16]) Zahlenangaben können wegen der schnellen Entwicklung nur einen ungefähren Anhalt geben.

[17]) Zahlenangaben werden wegen der schnellen Entwicklung vermieden.

Prüfungsergebnisse der Kraftübertragungen auf der elektrischen Ausstellung zu Frankfurt. ETZ 1892, S. 345.
F. Uppenborn, Die Kraftübertragungsanlage Lauffen–Frankfurt. ETZ 1892 S. 379ff und 388.
Außerdem wurden eine Reihe weiterer Aufsätze aus der ETZ benutzt, darunter:
L. Schüler, Geschichte des Transformators. ETZ 1917, S. 185ff, 201ff, 213ff, 231ff.
Ferner wurden eingesehen:
F. Kiebitz, Nicola Tesla zum 75. Geburtstag. Die Naturwissenschaften 1931, S. 665.
Georg Dettmar, Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland, Band I bis 1890. ETZ-Verlag 1940, Berlin-Charlottenburg.
Technik Geschichte, Band 28, 1939, S. 50ff: Geschichte des Drehstroms.
Berliner Kraft- und Licht A.G., Jahrbuch der Verkehrsdirektion, 1934.
C. Matschoss, E. Schulz und A. Th. gross, 50 Jahre Berliner Elektrizitätswerke, 1884 bis 1934. VDI-Verlag, Berlin.
S. Boksan, Nicola Tesla und sein Werk. Deutscher Verlag für Jugend und Volk G.m.b.H., Wien 1932.
C. Matschoss, Das Großkraftwerk Klingenberg. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1927, S. 1829ff. (Sonderheft).
Reichsverkehrsministerium, Hundert Jahre deutsche Eisenbahn. 2. Aufl. 1938.

Betrifft: Lehrgeräte.

Die Lehrmittelstelle für Luftfahrttechnik in Berlin-Tempelhof hat Lehrgeräte entwickelt, deren Einsatz vorwiegend bei der praktischen Ausbildung durch den Ausbildungsingenieur und Gruppenfluglehrer geschehen soll. Ein Teil der Geräte ist aber auch für den Physik- und Fluglehrunterricht der höheren Schule geeignet. Es besteht im Sinne des Erlasses zur Pflege der Luftfahrt K I b 8700/30. 12. 39 die Möglichkeit, solche Geräte allerdings in sehr beschränktem Umfange den Schulen zugänglich zu machen.

Eingehend begründete Anträge (nicht „Bestellungen"!) können der Staatlichen Hauptstelle zugeleitet werden, unter ausdrücklicher Versicherung, daß entsprechende oder ähnliche Geräte noch nicht in der Sammlung vorhanden sind. In diesen Anträgen ist die aus Etatmitteln dafür verfügbare Summe anzugeben. Nur in besonderen Fällen können Reichsbeihilfen gewährt werden. Frist bis zum 1. Januar 1942.

Es handelt sich um folgende Geräte:

1. Schwerer Kreisel (Fahrradkreisel) für Kreiselversuche. (43,— RM.)
2. Drehstuhl für Versuche über Drehbewegungen und unter Verwendung des Kreisels. Darstellung der Kräfte bei Einwirkung von Kippmomenten auf die Kreiselachse. (76,— RM.)
3. Großes Wendezeigermodell. Geeignet für Fluglehre und Kreisellehre. (Kreiselkräfte beim Fahrrad!) (117,50 RM.)
4. Lehrgerät Resonanz, besteht aus kleinem Motor (220 V), der an einer Spiralfeder hängt. Bei bestimmten Drehzahlen treten Resonanzerscheinungen auf. (60,95 RM.)
5. Regelwiderstand in Form eines Gashebels. Passend zu Lehrgerät Resonanz. (55,— RM.)
6. Unwuchtige Luftschraube. Besteht aus Gestell mit Kleinmotor (dazu passend Regelwiderstand in Form eines Gashebels) und aufsetzbaren Luftschrauben. Motor kann auch für andere Zwecke benutzt werden. (Preis noch unbestimmt.)
7. Allseitig bewegliches Flugzeugmodell. Eignet sich zur Veranschaulichung von Fluglagen, Ruder- und Klappenstellungen. (Nicht zum Einhängen in den Luftstrom.) (Preis noch unbestimmt.)

   Nur für eingehendere Beschäftigung, z. B. Arbeitsgemeinschaften, kommen in Frage:
8. Flugzeugmodell auf Spitzenlager vor allem zur Vorführung der Behebung von Störmomenten um die Hochachse im Strahl des Windkanals und im Strahl eines Ventilators mit Strahldrehung. (48,— RM.)
9. Ventilator zum Nachweis der Strahldrehung. (Luftschraube!) (40,50 RM.)
10. Pendelmotor mit zwei Luftschrauben verschiedener Steigung. (Bedeutung der Verstelluftschraube.) (Preis noch unbestimmt.)
11. Gerät „Kreiselkräfte der Luftschraube". (104,— RM.)
12. Gerät „Rückdrehmoment mit Luftschraube". (153,— RM.)
13. Gerät „Trimmung und Beladung". Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen Trimmung und Beladung (zu brauchen im Windkanal). (Preis noch unbestimmt.)

Bücherbesprechungen.

Kron, Dipl.-Ing. A.-W., Der Aristo-Rechenschieber System Darmstadt D und seine Anwendung. Dennert & Pape, Hamburg-Altona. 48 S.

Das Heft beschreibt zunächst den Rechenschieber „Darmstadt", der aus einer Arbeitsgemeinschaft des Institutes für Praktische Mathematik der Technischen Hochschule Darmstadt unter Leitung von Professor Dr. A. Walther hervorgegangen ist. Der Rechenschieber ist aus dem Werkstoff „Aristo" hergestellt, der sich, wie ausführliche Untersuchungen erwiesen haben, ganz hervorragend zur Herstellung eines höchstwertigen Gerätes eignet. Wie alle Aristo-Rechenschieber ist auch der vorliegende nur wenige Millimeter stark. Auf einer Breite von 5 cm enthält er die Grundleiter, die Quadratleiter, eine Kehrwertleiter, die dreiteilige Exponentialleiter von 1,01 bis 10^5, die Kubikleiter, die gleichmäßig geteilte Logarithmusleiter, die trigonometrischen Leitern und die pythagoreische Leiter ($\sqrt{1 - x^2}$) von 0,1 bis 1 sowie mehrere Maßstäbe und zwei Blätter zum Eintragen von Formeln oder Tabellen. Die Schrift von Kron verwendet zur Darstellung des Rechnens mit dem Rechenschieber eine neuartige Methode, indem sie Arbeitsdiagramme mit Hilfe einfacher, rasch zu überblickender Zeichnungen veranschaulicht. In dieser Hinsicht bietet sie jedem, der überhaupt mit irgendeinem Rechenschieber zu tun hat, etwas Neues und sehr Wichtiges. Besonders für die unterrichtliche Behandlung des Rechenschiebers wird diese Methode sehr gut zu verwenden sein. Zu den sämtlichen Arbeitsgängen, die mit dem Rechenschieber ausgeführt werden können, gibt der Verfasser praktische Beispiele. So enthält die Schrift, neben der vorzüglichen, originellen Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers allgemein und des Schiebers „Darmstadt D" im besonderen, eine Sammlung von 100 Aufgaben, die zumeist an praktische Anwendungen anschließen. Zuletzt werden Anweisungen über die Behandlung des Rechenschiebers sowie eine Zusammenstellung des Schrifttums gegeben.

Die Schrift und der Rechenschieber „Darmstadt D" seien der Beachtung aufs dringendste empfohlen.

Dresden. Kerst.

Diesterwegs Populäre Himmelskunde und Mathematische Geographie, neu herausgegeben von Prof. Dr. Arnold Schwassmann. 26. Aufl. 1941. Akad. Verlagsges. Becker & Erlerler, Komm.-Ges. Leipzig. Mit 1 Titelbild, 180 Textfiguren und 43 Tafeln, sowie 6 Sternkarten.

Dieses infolge seiner wahrhaft vorbildlichen Darstellung der elementaren Astronomie der Erde und des Sonnensystems klassisch gewordene Buch erscheint nunmehr in 26. Auflage, in der diese Abschnitte weithin ungeändert geblieben sind, während es notwendig war, den auf die astrophysikalische Forschung und auf die Fixsternwelt bezüglichen Inhalt wesentlich umzugestalten und beträchtlich zu erweitern. Dem Herausgeber, der an führender Stelle „mit dabei war", ist das in ganz ausgezeichneter Weise gelungen. Das zeigt schon das VII. Kapitel, das die Grundlagen der Erforschung der physikalischen Verhältnisse der Himmelskörper enthält und der Reihe nach die Photographie, Spektralanalyse und Photometrie der Gestirne behandelt. Dann folgt im VIII. Kapitel die Astrophysik des Sonnensystems. Kapitel IX bringt einen Überblick über die Messung und Berechnung der Entfernungen auf der Erde und am Himmel. Jetzt ist alles vorbereitet, um in Kapitel X die einzelnen Arten der Mitglieder der Fixsternwelt, das heißt das Nebeneinander in der Fixsternwelt eingehend zu schildern. In Kapitel XI folgt dann die Deutung dieses Nebeneinander als eines zeitlichen Nacheinander, das heißt die Frage nach der Entwicklungsgeschichte der Sterne und Nebel und die nach der Kosmogonie, das heißt der Entwicklung der Welt als Ganzes. Das Buch schließt mit einer kurzen Übersicht über die Geschichte der Astronomie, einer ganz besonders lehrreichen Beschreibung der Hamburger Sternwarte in Bergedorf und einer Sammlung astronomischer Tafeln.

Das Werk sollte in keiner Lehrer- und keiner Schülerbücherei fehlen und stellt zugleich einen der schönsten Schulpreise dar, die ich mir denken kann.

Tübingen. K. Fladt.

Verantwortlich f. d. Inhalt: Oberregierungsrat Bruno Kerst, Dresden. – Anzeigenleiter: i. V. Berth. Giesel, Berlin W35, Potsdamer Str. 199. – Pl. 6. – Verlag: Otto Salle, Frankfurt a. M. – Druck: Piererscher Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co., Altenburg, Thür.