

Beobachtungen an photographischen Strichspuren der Sterne.

Von S. Janß in Wandsbek.

Nach W. VOLKMANN<sup>1</sup> sind für das astronomische Schulfernrohr 50 mm Öffnung und 60 cm Brennweite ausreichend. Es ist in dieser Größe leicht tragbar, verhältnismäßig billig und zeigt alles, was für die Schule an reinen Beobachtungen notwendig erscheint. Darüber hinaus kann man es aber auch zur Ermittlung mancher astronomischen Zahlenwerte benutzen. Dafür wird hier die Photographie empfohlen; sie hat manche Vorzüge. Die Aufnahme ist eine bessere Grundlage für die unterrichtliche Behandlung als die Zahlenangaben über visuelle Beobachtungen einzelner Schüler; das Gesichtsfeld ist bei starker Vergrößerung größer, etwa  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ , gegenüber nur etwa  $\frac{3}{4}^{\circ}$  bei visueller Beobachtung; Irrtümer sind seltener als bei aufgeschriebenen Zahlen; die Messung am Photogramm ist bequemer als visuell mit einem Okularmikrometer; sie kann jederzeit wiederholt werden.

Benutzt wurde ein Schulfernrohr von Merz, Öffnung 54 mm, 66 cm Brennweite, Preis 165 RM. Es ist parallaktisch aufgestellt; dies ist für die folgenden Versuche nicht notwendig, für andere Beobachtungen aber durchaus erwünscht. Die Messungen werden an photographischen Strichspuren gemacht, die bei feststehendem Fernrohr erzeugt werden. Schon früher<sup>2</sup> habe ich gezeigt, daß man auch ohne Gelbscheibe relativ scharfe Spuren erhält, weil am Plattenort in der Hauptsache nur die dort fokussierte Wellenlänge wirksam ist. (Gelbscheibe schwächt so sehr, daß man in der Äquatorgegend nicht viel weiter als Größenklasse 2 kommt, ohne sie aber bis etwa 6 m.)

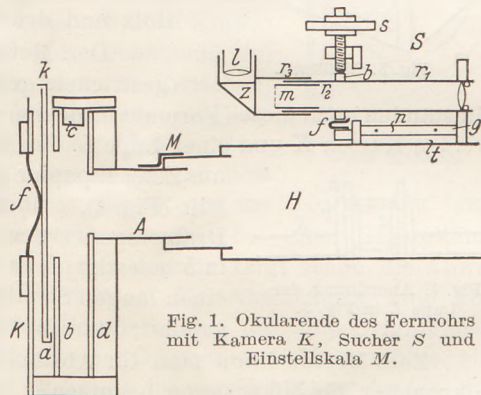


Fig. 1. Okularende des Fernrohrs mit Kamera K, Sucher S und Einstellskala M.

I. Nebenapparate.

Der Bau der Kamera K (Fig. 1) dürfte aus der Zeichnung ersichtlich sein. Raum a dient zur Aufnahme der Kassette k ( $4\frac{1}{2} \times 6$ ). Der Raum ist so lang, daß durch Verschiebung der Kassette nach und nach immer andere Teile der Platte in die Fernrohrachse gebracht werden können. Federn f drücken die Kassette in eine sichere Lage. Der Raum b dient zur Aufnahme eines Gelbfilters, wie für Photographie üblich. Wird kein Filter benutzt, dann wird Raum b durch Brett c geschlossen. Brett d hat eine Durchbohrung für den Okularauszug A des Fernrohrs; die Durchbohrung des Brettchens zwischen b und d hat etwas kleineren Durchmesser.

Zur Einstellung der Platte habe ich an das Hauptrohr H einen Messingstreifen M gelötet und darauf den Nebenmaßstab eines Nonius (9 mm in 10 Teile) mit Asphaltlack befestigt. Auf den Auszug A habe ich in gleicher Weise eine Millimeterteilung geklebt. Beide Maßstäbe wurden hergestellt durch Photographie und Kopie einer 20fach größeren Zeichnung.

<sup>1</sup> W. VOLKMANN: Diese Zeitschrift 35, 21 (1922).

<sup>2</sup> Z. math.-naturw. Unt. 59, 61 (1928).

Ein Sucher ist notwendig, um zu kontrollieren, ob ein Stern auf der Platte ist. Er besteht ( $S$  in Fig. 1) aus einer einfachen Linse von 14 cm Brennweite (Brillenglas genügt). In der Brennebene befindet sich das Mikrometer  $m$ , ein Stück einer fixierten photographischen Platte mit einer Zeichnung wie Fig. 2 aus etwa 0,5 mm dicken Tuschestrichen; die beiden Sehnen sind in dem Maße exzentrisch, daß der Eckpunkt des größten Sektors Mittelpunkt des Gesichtsfeldes wird; der Kreis bezeichnet ein Gesichtsfeld, das etwas größer ist als das photographische Bildfeld des Hauptrohrs. Die Zeichnung ist hinreichend deutlich auch gegen den dunklen Himmel sichtbar. Das Mikrometer ist am Ende eines kleinen Rohres  $r_2$  aus altem Zeichenpapier befestigt;  $r_2$  läßt sich in dem Rohr  $r_1$  gleicher Art zur Einstellung verschieben. Über  $r_1$  wird ein kurzes Rohr  $r_3$  mit Zenitprisma  $z$  und Augenlinse  $l$  (Lupe) geschoben. Durch Feder  $f$  und zwei Schrauben  $s$  (in der schematischen Figur an falscher Stelle) werden die Visierlinien von Sucher und Hauptrohr parallel gerichtet. Das drehbare Zenitprisma gestattet bequemes Einstellen in allen Fernrohrlagen; es ist geringfügig beschädigt (wie sie Zeiß unentgeltlich an Schulen abgibt). Durch Grundbrett  $g$ , zwei Leisten  $t$ , Nägel  $n$  und Bindfaden wird der Sucher am Hauptrohr befestigt. Die Schrauben  $s$  sind Stücke von Gewindestiften der Stabilbauteile; sie drehen sich in Holz und drücken gegen einen Blechring  $b$ .



Fig. 2.  
Fadenkreuz  
des Suchers  $S$   
aus Fig. 1.

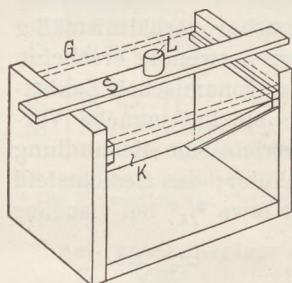


Fig. 3. Meßtisch.

Der Meßtisch (Fig. 3) besteht aus einer Glasplatte  $G$  (gestrichelt gezeichnet, größer als  $9 \times 12 \text{ cm}^2$ , damit unter Umständen auch dieses Format vermessen werden kann), einem unter  $45^\circ$  zu ihr geneigten weißen Karton  $K$  und einer Lupe  $L$ . Zur Befestigung von  $L$  wurden drei kleine Zylinder aus Zeichenpapier gewickelt, der innere  $a$  über einem dicken Bleistift (Fig. 4),  $b$  über  $a$  und  $c$  über  $b$ . Durch Zylinder  $a$  und zwei Drahringe werden die beiden Lupen von je etwa 3 cm Brennweite in  $b$  befestigt;  $b$  ist zur Scharfstellung in  $c$  verschiebbar;  $c$  wird in einen langen Streifen  $S$  aus Zigarrenkistenholz oder Laubsägeholz geleimt; dann kann man die Lupe über jeden Punkt der Platte legen.

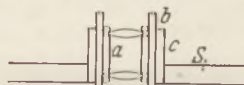


Fig. 4. Anordnung der  
Lupe  $L$  in Fig. 3.

Zum Messen kann man für Abstände bis zu 1 cm ein in 0,1 mm geteiltes Okularmikrometer für Mikroskope benutzen<sup>1</sup>. Ein noch längere Strecken messendes Mikrometer habe ich durch fortlaufende Kopie des Okularmikrometers folgendermaßen hergestellt. Das schwarze Papier  $P$  (Fig. 5) mit einer Öffnung  $O$  von etwa  $5 \times 12 \text{ mm}^2$  ist um eine Heftzwecke  $H$  drehbar. Die Drehung wird ausgeführt mittels einer im Kerbschnittholz  $K_1$  geführten Stabilschraube  $S$ , deren Widerlager  $K_2$  ist;  $K_2$  ist auf  $P$  geleimt; die entgegengesetzte Bewegung bewirkt ein Gummiring  $G$ . Unter  $O$  klebt man das Okularmikrometer

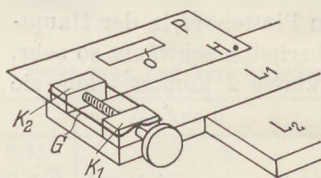


Fig. 5. Vorrichtung zur Herstellung  
langer Meßstreifen durch Kopieren  
des Mikrometers.

<sup>1</sup> Von W. VOLKMANNS wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß die Firma J. D. Möller G. m. b. H. in Wedel in Holstein Glasteilungen bis zu 5 cm Länge, in 0,1 mm geteilt, herstellt. Sie kosten, 2 cm lang in Photographie, RM 6.—, in Photoätzung RM 7.— und 5 cm lang entsprechend RM 20.— und RM 25.—. Die Firma hat mir freundlichst einen Maßstab der letzten Art zur Verfügung gestellt, wofür ihr auch hier gedankt sei. Nach Angabe der Firma haben die Maßstäbe eine innere Genauigkeit von  $\pm 0,01 \text{ mm}$ . Dieses Mikrometer hat noch folgenden Vorteil. Die Okularmikrometer werden aus guten Gründen mit kurzen Teilstrichen von etwa 0,15 mm hergestellt; der lange Maßstab hat dagegen Striche von 1,5 mm Länge. Daher kann man vortrefflich beurteilen, ob der Maßstab hinreichend senkrecht zu den Strichspuren liegt. Abweichungen von 0,01 mm an den beiden Enden der Teilstriche kann man noch erkennen, das ist bei 1,5 mm Länge im Bogen  $\frac{1}{150}$  oder  $23'$ ; dies ist völlig ohne Einfluß, da der Kosinus dann nur um etwas mehr als 0,00002 von der Einheit abweicht. — Auch der selbsthergestellte Maßstab gibt bei Strecken bis zu 10 mm Länge nicht leicht zu Fehlern Anlaß, da erst  $2\frac{1}{2}^\circ$  Abweichung vom rechten Winkel eine Unsicherheit von  $1\frac{0}{00}$  bedingt.

mit der Teilung nach unten; die Teilstriche des Mikrometers werden dadurch stärker geschwärzt, daß man mit einem weichen Bleistift darüber reibt.  $H$  und  $K_1$  sind auf einem Lineal  $L_1$  befestigt;  $L_1$  kann an  $L_2$  entlang bewegt werden.  $P$  muß um  $H$  so gedreht werden, daß bei Verschiebung von  $L_1$  an  $L_2$  die Mikromerteilung genau in ihrer Längsrichtung verschoben wird. Dies kontrolliert man folgendermaßen. Man legt unter  $O$  auf die Glasplatte  $G$  des Meßtisches (Fig. 3) eine Glasplatte mit einem feinen Kreuz; das Kreuz legt man so, daß das eine Ende des Mikrometers damit zusammenfällt. Beim Verschieben muß dann das zweite Ende des Mikrometers auf das Kreuz treffen. Wenn das nicht der Fall ist, muß  $P$  durch  $S$  gedreht werden. — Ist  $O$  in dieser Weise ausgerichtet, dann legt man unter  $O$  einen Streifen einer Diapositivplatte (etwa  $2 \times 12 \text{ cm}^2$ ), preßt das Mikrometer gegen den Streifen und belichtet mit einer Taschenlampenbirne aus etwa 50 cm Abstand gegen 5 Sek. Darauf verschiebt man  $L_1$  an  $L_2$  entlang um etwa 15 mm, belichtet erneut usw. Später kopiert man auf einen Streifen einer Diapositivplatte. Die Lücken zwischen den einzelnen Kopien mißt man mit dem ursprünglichen Mikrometer aus. — Die Meßgenauigkeit für längere Strecken (mehr als 10 mm) mittels dieser Kopien läßt sich ohne Kontrolle mit einem exakten Meßapparat wohl nur schwer beurteilen. a) Die Streifen folgen nicht ganz geradlinig aufeinander, sondern die Enden sind reichlich 0,1 mm gegeneinander versetzt; dieser Mangel wird bei Messungen unter 10 cm kaum merklich. b) Die Zwischenräume zwischen zwei Kopien können bis zu 0,005 mm unsicher sein, wenn die Schätzung auf 0,01 mm als sicher angenommen wird; fallen demnach zwei Zwischenräume in den Meßbereich, dann ist ein Fehler von 0,01 mm möglich. c) Fehler durch Schichtverzerrung können folgendermaßen beurteilt werden. Auf die Kopie legt man das Originalmikrometer und liest für mehrere Teilstriche ab. Tatsächlich erscheint jede Kopie um 0,01 mm zu lang; zwei verschiedene Streifen aufeinandergelegt ergeben selbst bei einer Gesamtlänge von 10 cm keinen merklichen Unterschied; auch das Negativ zeigt schon die Abweichung. Eine Erklärung dafür kann ich nicht finden. Die Abweichung muß aber beachtet werden, namentlich deshalb, weil die Zwischenräume mit dem Originalmaßstab gemessen werden. d) Ungleichmäßigkeit des Originalmaßstabes müßte sich bemerkbar machen, wenn man Kopie und Original in verschiedenen Lagen aufeinanderlegt; bei Beachtung von c) ergeben sich keine merklichen Abweichungen. e) Ist etwa die Länge des Originals nicht genau 10 mm, so ändert das an der Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen nichts, da die Dimensionen auf der Platte und die Brennweite einander proportional geändert werden. f) Die Ausdehnung durch Wärme bleibt eben belanglos; denn bei  $20^\circ$  Temperaturunterschied und 30 mm Länge beträgt sie annähernd  $30 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 0,006 \text{ mm}$ . — Bei den Messungen legt man die Seite des Mikrometers mit der Teilung auf die Schicht und verschiebt, nötigenfalls unter Verwendung einer Lupe von 5 bis 6 cm Brennweite, das Mikrometer so, daß es günstig zu den Strichspuren liegt. Im allgemeinen macht die Schätzung auf 0,01 mm keine Schwierigkeit. Man macht mehrere Ablesungen bei verschiedener Lage der Strichspuren zum Mikrometer. — Bei den einzelnen Beobachtungen wird angegeben, welche Genauigkeit erreicht werden kann, wenn man nur an die Ausmessung auf der Platte denkt (0,01 mm, höchstens  $1\text{‰}$ ). Diese Genauigkeit wird aber nur selten erreicht. Der Grund ist wohl hauptsächlich in kleinen Verbiegungen des Rohres und des Fußes infolge von Temperaturschwankungen zu suchen. Auch die Unterlage ist von Einfluß; Stuhl oder Tisch sind durchaus ungeeignet (vgl. auch Aberration III 2). Bei den meisten Aufnahmen stand das Fernrohr auf einem Balkon einer Erdgeschoßwohnung; dann übersteigen die Fehler äußerst selten 0,03 mm (Temperaturschwankungen; Erschütterungen durch Lastautos).

Um Objektivblenden u. dgl. zu befestigen, dient eine Vorrichtung nach Fig. 6. Aus einem 2 cm breiten Streifen von altem Zeichenpapier wird ein etwa 3 mm dicker

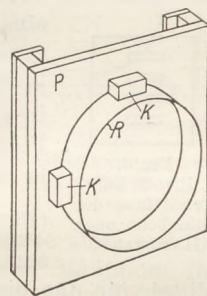


Fig. 6. Objektivkappe für Blenden.

Ring *R* geleimt. Daran befestigt man durch kleine Nägel (von innen durchschlagen) die Holzklötze *K*. Auf diese wird dann die Pappe *P* genagelt. Daran können in Falzen von Pappstreifen die Blenden bequem befestigt werden. Man kann die Falze etwa 4 mm weit machen; dann gelingt es ohne merkliche Erschütterung des Fernrohrs, das Objektiv durch ein passend geschnittenes Stück eines schwarzen Heftumschlages (Ecken abrunden) abzudecken. — Der Ring *R* hat zur rohen Orientierung der Blenden eine Gradeinteilung von 10 zu 10° (Umfang messen, einen entsprechend langen Papierstreifen in 36 Teile teilen und auf *R* kleben!).

II. Untersuchung des Objektivs.

1. Strahlenvereinigung in der visuellen Bildebene. In Anlehnung an HARTMANN<sup>1</sup> befestigt man vor dem Objektiv eine Blende wie in Fig. 7, die Länge der rechteckigen Öffnungen parallel der augenblicklichen Bewegung des Polarsterns. Mit Gelbfilter in dem Raum *b* (Fig. 1) macht man auf eine orthochromatische Platte eine intrafokale Aufnahme bei der Stellung *a*<sub>1</sub> des Auszuges (Fig. 8) von etwa 5 Min. Dauer und, nachdem man die Kassette um einige Millimeter in Raum *a* (Fig. 1) weiter hineingeschoben hat, eine zweite extrafokale in *a*<sub>2</sub> (Fig. 8) von etwa 10 Min. Dauer; *a*<sub>2</sub>—*a*<sub>1</sub> etwa 10 mm. Auf der Platte erhält man zwei Strichspurengruppen von je vier Strichen. Für je zwei Strahlen kann man die Vereinigungsweite *a*<sub>0</sub> berechnen. Es ist



Fig. 7. Blende zur Ermittlung der Bildebene nach HARTMANN.

(Fig. 8)  $a_0 = \frac{d_1 a_2 + d_2 a_1}{d_1 + d_2}$ . Die Vereinigungsweiten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die günstigste Vereinigungsweite ergibt sich aus dem Mittel, für das die Einzelwerte mit entsprechendem Gewicht angesetzt wurden (für die in den weiteren Abschnitten beschriebenen Aufnahmen ist die so ermittelte visuelle Bildebene und Bildgüte ohne Bedeutung; sie hat nur Wert für Sonnen- und Mondaufnahmen; darüber vielleicht später).

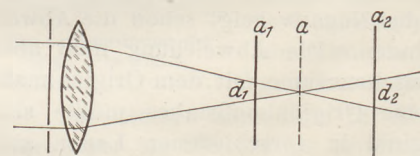


Fig. 8. Strahlenverlauf bei der Objektivuntersuchung nach HARTMANN.

Tabelle 1. *a*<sub>1</sub> = 14,7; *a*<sub>2</sub> = 4,0.

Strahlen	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	<i>a</i>	Gewicht
1/2	1,1	1,2	9,58	1
2/3	1,0	1,2	9,84	1
3/4	1,1	1,2	9,58	1
1/3	2,1	2,4	9,71	2
2/4	2,1	2,4	9,71	2
1/4	3,2	3,6	9,66	3

Mittel: 9,7

2. Brennweite. Man läßt  $\delta, \epsilon, \zeta, \eta, \sigma$  Orionis zur Zeit der Kulmination bei feststehendem Rohr ohne Gelscheibe und bei geeigneter Stellung des Auszuges (vgl. unten 3.) über die Platte laufen, entnimmt aus dem Jahrbuch die Deklinationsdifferenzen, berechnet aus den Deklinationen die Zenitdistanzen und entnimmt aus einer Tabelle die Refraktionsunterschiede. Aus den scheinbaren Deklinationsdifferenzen  $\Delta \delta_1$

Tabelle 2.

Stern	$\delta$			$\Delta \delta$ gegen $\delta$ Orionis	<i>Z</i>		Refraktion <i>R</i>		$\Delta R$	$\Delta \delta_1$	<i>d</i> mm	<i>f</i> mm
	o	'	''		o	'	'	''				
$\delta$ Orionis	—0	20	53		53	54	1	19				
$\epsilon$ ..	—1	14	39	3226	54	48	1	22	3	3223	10,33	661,1
$\zeta$ ..	—1	58	37	5864	55	32	1	24	5	5859	18,78	661,1
$\eta$ ..	—2	27	30	7597	56	1	1	25	6	7591	24,31	660,6
$\sigma$ ..	—2	38	17	8244	56	12	1	26	7	8237	26,39	660,8

Mittel: 661

<sup>1</sup> HARTMANN: Z. f. Instrumentenkunde 24, 1—21, 33—47, 97—117 (1924).

und dem gemessenen Abstand  $d$  der Spuren folgt  $f = \frac{d}{\text{tg } \Delta \delta_1}$  (Tabelle 2). — Über ein Verfahren, das von astronomischen Jahrbüchern unabhängig ist, vgl. III 4.

3. Sekundäres Spektrum. Das Verfahren mittels Objektivgitter nach HERTZSPRUNG<sup>1</sup> habe ich schon früher beschrieben<sup>2</sup>. Da die Brennweite des jetzt benutzten Fernrohrs nur etwa  $\frac{2}{3}$  des früheren beträgt, habe ich ein engeres Gitter hergestellt. Auf Stabilwellen (Fig. 9) wurde Kupferdraht von 0,4 mm Durchmesser eng anliegend gewickelt und dann in ersichtlicher Weise mit dünnem Zwirn bespannt; das ergibt eine Gitterkonstante  $D = 0,4$  mm oder genauer (aus Gesamtbreite 54,6 mm und 139 Fäden)  $D = 0,393$  mm. Befindet sich ein solches Gitter parallel der täglichen Bewegung des Sterns vor dem Objektiv, so erscheinen auf der Platte das Mittelbild und zwei Seitenspektren. Letztere stellen sich aber auch nur als Striche dar, da nur die fokussierten Wellenlängen merklich werden. Mit der Stellung des Auszuges ändert sich auch die Wellenlänge für die Spur und damit der Abstand  $d$  der Seitenspektren. Die Wellenlänge

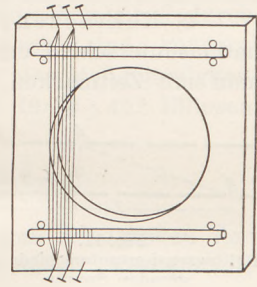


Fig. 9. Objektivgitter nach HERTZSPRUNG.

kann man berechnen nach der Formel  $\lambda = \frac{d \cdot D}{2f}$ . Benutzt wurde sowohl  $\alpha$  Lyrae als auch  $\beta$  Orionis. Im visuellen Gebiet erhält man zwei schwache und verwaschene Spuren; die Lücke entspricht dem Empfindlichkeitsminimum orthochromatischer Platten im Blaugrün. Tabelle 3 enthält die notwendigen Angaben, Fig. 10 das übliche Schaubild. — Für die weiteren Aufnahmen wurde stets auf die Vereinigungsweite für etwa  $\lambda = 430 \mu\mu$  eingestellt (photographisches Maximum für Spektrum  $G_0$ ).

—  $f$  unter 2. muß man zunächst für eine beliebige Einstellung ermitteln, da man es bei der Ermittlung des sekundären Spektrums bereits benötigt. Dann findet man es für  $\lambda = 430 \mu\mu$  sehr leicht aus der am Nonius des Auszuges abgelesenen Einstellungsdifferenz.

Tabelle 3.  $D = 54,6 : 139 = 0,393$  mm.

Auszug mm	$f$ mm	$D$ mm	$\lambda$ $\mu\mu$
7	658	1,73	517
8	659	1,68	501
9	660	1,60	476
11	662	1,51	448
13	664	1,41	417
15	666	1,33	392
17	668	1,28	377
19	670	1,23	361

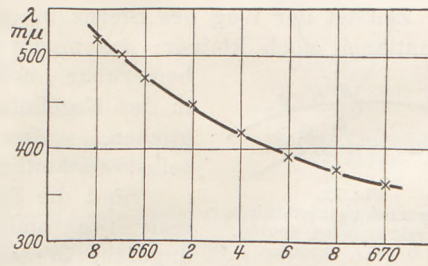


Fig. 10. Sekundäres Spektrum.

4. Verzeichnung. Die Abstände  $\rho$  vom Mittelpunkt der Platte sind gegeben durch

$$\rho = f \cdot \text{tg } \alpha = f \left( \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \frac{2\alpha^5}{15} + \dots \right).$$

Die Abweichung von  $f \cdot \alpha$  beträgt also in erster Annäherung  $\Delta \rho = f \frac{\alpha^3}{3}$ . Da  $\rho$  maximal etwa 15 mm betragen kann, ist  $\alpha$  annähernd  $\frac{\rho}{f} = \frac{15}{660}$  und  $\Delta \rho = f \cdot \frac{15^3}{3 \cdot 660^3} = \frac{5 \cdot 15^2}{3 \cdot 660^2}$ . Der Fehler für den Rand des Gesichtsfeldes ist demnach annähernd 0,005 mm. Das kann sich bei Messung des Abstandes der Strichspuren gerade eben bemerkbar machen, bei ihren Längenmessungen kaum. — Ob diese Güte der Abbildung durch das Objektiv verwirklicht ist, kann man folgendermaßen ermitteln. Man erzeugt Strichspuren von  $\delta$  und  $\epsilon$  oder  $\epsilon$  und  $\zeta$  Orionis symmetrisch zur Mitte über die ganze Platte. Häufige Messungen ergaben, daß am Rande des Gesichtsfeldes der Abstand vielleicht ein wenig größer ist, jedenfalls aber unter 0,01 mm.

<sup>1</sup> Astronom. Nachr. 207, 87 (1918).

<sup>2</sup> Z. math.-naturw. Unt. 59, 61 (1928).

III. Fixsternkoordinaten.

1. Deklinationsunterschiede. Sie lassen sich sehr leicht bestimmen, indem man die Sterne bei feststehendem Rohr über die Platte laufen läßt. Ist der Unterschied in  $\alpha$  groß, so muß man in der Zwischenzeit das Objektiv abblenden, um Verschleierung zu vermeiden. Bei störendem Mond- oder Straßenlicht u. dgl. muß man für jeden Stern das Objektiv nur für kurze Zeit freigeben (1 Min.) und durch Beobachtung im Sucher kontrollieren, wenn die zweite Spur günstig zur ersten liegt. — Die Genauigkeit kann etwa 0,01 mm erreichen oder etwa 3". Wesentlich ist feste Unterlage; Stuhl und Tisch genügen nicht, um diese Grenze zu erreichen (vgl. auch IV 2).

2. Rektaszensionsunterschiede. Von Sternen mit nicht mehr als 2° Deklinationsunterschied erzeugt man bei feststehendem Rohr Strichspuren. Diese versieht man mit Zeitmarken, indem man das Objektiv zu Beginn jeder Minute kurze Zeit verdeckt, bei dem benutzten Rohr in der Äquatorgegend eine Sekunde, sonst ist  $1 : \cos \delta$  sek. ein ungefähres Maß. Das ergibt ein Bild wie in Fig. 11.  $B$  sei  $t_1$  sek. später erzeugt als  $A$ . Man mißt  $d$  und  $c$ . Dann ist  $FB = \sqrt{c^2 - d^2}$ . Zu  $FB$  gehört die Zeit  $t_2 = \frac{FB}{z}$  min. oder  $\frac{60 FB}{z}$  sek. oder genauer  $t_2 = \frac{60 n FB}{l} = \frac{60 n}{l} \sqrt{c^2 - d^2}$ . — Für die Beurteilung

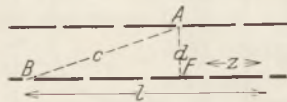


Fig. 11. Rektaszensionsunterschiede aus geraden Spuren.

der Genauigkeit kommt in Betracht die Vermessung auf der Platte, die Sicherheit beim Anbringen der Zeitmarken genau nach der Uhr und der Gang der Uhr. a) Die Vermessung auf der Platte ergibt für  $d$  Sicherheit auf 0,01 mm. Der relative Fehler von  $l$  nimmt ab, wenn  $l$  zunimmt (0,02 mm Unsicherheit). Auch  $c$  muß möglichst groß gewählt werden, damit  $\Delta c$ , auch etwa 0,02 mm, wenig Einfluß hat; das erkennt man besser, wenn man schreibt  $t_2 = \frac{60 n c}{l} \sqrt{1 - \frac{d^2}{c^2}}$ . b) Zeitmarken habe ich nach der Stoppuhr angebracht; die Unsicherheit ist mindestens  $\frac{1}{5}$  Sek. In dieser Zeit ist der Weg des Sterns in der Äquatorgegend rund 0,01 mm, für andere Deklinationen noch kleiner; das macht sich bei Vermessung der Zeitmarken kaum bemerkbar. c) Der Gang der Uhr geht mit vollem Betrage in das Ergebnis ein; ich habe sie mit einer Standuhr verglichen. — Der Rektaszensionsunterschied ist  $\Delta t' = t_1' + t_2'$ ; selbstverständlich muß  $\Delta t'$  in Sternzeit umgerechnet werden.

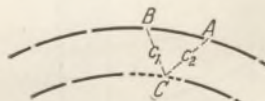


Fig. 12. Rektaszensionsunterschiede aus gekrümmten Spuren.

Sind die Spuren schon merklich gekrümmt, dann muß man etwas anders verfahren. Eine der beiden Spuren erhält ungefähr in der Mitte der Platte Zeitmarken in Abständen von etwa 10 Sek. oder 20 Sek. usw., je nach  $\delta$ . Das ergibt ein Bild nach Art von Fig. 12. Eine der engen Zeitmarken ( $C$ ) vergleicht man mit  $A$  und  $B$ .  $C$  wählt man so, daß  $c_1$  und  $c_2$  möglichst gleich werden. Dann ist die Zeit für  $C$  gut an  $(t_B + t_A) : 2$  zu beurteilen.

3. Doppelsterne. Geeignete Doppelsterne mit Angabe der gemessenen  $\Delta \alpha$  und  $\Delta \delta$  und daraus berechnetem  $p$  und  $d$  sind in Tabelle 4 enthalten. Da die Spuren eng sind, fallen beide in dieselbe Mikrometerskala; darum ist auch  $\Delta \alpha$  leicht zu messen. Für  $\Delta \delta$  muß man bei einigen Sternen darauf achten, daß zwischen den beiden Spuren ein Mikrometerstrich liegt; befinden sich nämlich beide Spuren in

Tabelle 4.

Stern	$\Delta \delta$		$\Delta \alpha$		$p$	$d$		$p_1$	$d_1$	
	'	"	'	"	0	'	"	0	'	"
$\zeta$ Ursae maj. . . . .	3	48	—	—	72	11	47	71	11	47
$\epsilon$ Lyrae . . . . .	3	29	—	—	—	3	29	173	3	27
$\beta$ Cygni . . . . .	19	—	31	—	59	—	37	55	—	34
$\nu$ Draconis . . . . .	41	—	44	—	317	—	59	312	—	62

demselben Zwischenraum, so ist die Schätzung der 0,01 mm durchaus unsicher. Zur Vergleichung sind unter  $p_1$  und  $d_1$  die Angaben aus dem Sternatlas von SCHURIG-GÖRTZ abgedruckt.

4. Deklination aus der Länge der Strichspur. Die Länge der Strichspur hängt von der Länge der Zeit und der Deklination ab. Ein Stern im Äquator macht in 4 Min. Sternzeit einen Weg von  $1^\circ$  oder  $a_0 = f \cdot 0,017455$  auf der Platte, in  $n$  Sek. also  $l_0 = \frac{n a_0}{4 \cdot 60}$ . Für einen Stern mit der Deklination  $\delta$  ist der Weg dann  $l = \frac{n a_0}{4 \cdot 60} \cos \delta = n k \cos \delta$ . Daraus findet man  $\cos \delta = \frac{l \cdot 4 \cdot 60}{n \cdot a_0}$ .

Man muß also die Längen der Strichspuren messen; dies wird scheinbar dadurch schwierig, daß sie im allgemeinen weder gerade Linien noch Kreise sind, sondern Kegelschnitte. Die Spur auf der Platte weicht aber innerhalb der Meßgenauigkeit nicht von einem Kreise ab. Man kann nämlich beweisen, daß für  $\delta > 45^\circ$  Ellipsen entstehen mit ( $f$  = Brennweite des Fernrohrs):

$$a = f \frac{\sin \delta \cos \delta}{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}; \quad b = f \frac{\cos \delta}{\sqrt{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}}; \quad e = f \frac{\cos^2 \delta}{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}$$

und daß für  $\delta < 45^\circ$  Hyperbeln entstehen, für die in den obigen Ausdrücken der Nenner durch  $\cos^2 \delta - \sin^2 \delta$  zu ersetzen ist. Wenn  $\delta = 45^\circ$ , entstehen Parabeln mit der Gleichung  $y^2 = 2fx$ .

Die Ausdrücke lassen sich elementar folgendermaßen ableiten. Man muß sich vorstellen, daß ein ideales Objektiv den Himmel als Kugel abbilden würde, deren Radius gleich der Brennweite  $f$  des Objektivs ist. Ein kleines Stück dieser Kugel wird auf die Platte projiziert; Projektionspol ist der Kugelmittelpunkt; die Projektionsebene ist senkrecht zum Radius und berührt die Kugel in dem eingestellten Stern, wenn dieser durch die Mitte des Gesichtsfeldes geht.

Die Rechnung werde zunächst an Fig. 13 erläutert.  $PB$  ist die Ebene der photographischen Platte,  $PO = f$  die Brennweite des Objektivs,  $N$  der Nordpol des Bildhimmels,  $PAA$  der Deklinationskreis des Sterns,  $\delta$  dessen Deklination und  $z$  seine Poldistanz;  $PB$  schneidet den Kegelmantel  $OPAA$  in einer Ellipse, wenn wie in der Figur  $\delta > 45^\circ$ ; für  $\delta = 45^\circ$  ergibt sich eine Parabel, für  $\delta < 45^\circ$  eine Hyperbel.

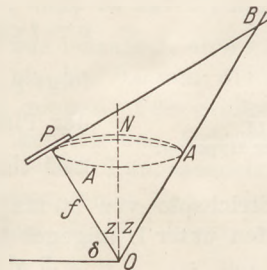


Fig. 13. Lage der Platte zum Bildhimmel.

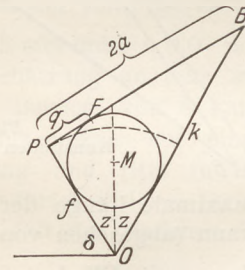


Fig. 14. Konstanten der Ellipse.

Die Ellipse ist durch folgende Größen bestimmt (Fig. 14).  $a = \frac{PB}{2} = \frac{1}{2} f \operatorname{tg} 2z$ . Für einige weitere Rechnungen ist bequemer  $a = \frac{1}{2} f \frac{\sin 2z}{\cos 2z} = f \frac{\sin \delta \cos \delta}{\cos 2z}$ . — Um  $b$  zu finden, berechnet man erst den Abstand  $q$  des Brennpunktes  $F$  vom Scheitel  $P$ . (Der Brennpunkt ist der Berührungspunkt  $F$  der den Kegelmantel und die Schnittebene berührenden Kugel mit dem Mittelpunkt  $M$ .) Es ist

$$\begin{aligned} q &= \frac{f + 2a - k}{2} = \frac{1}{2} f \left( 1 + \frac{2 \sin \delta \cos \delta}{\cos 2z} \right) - \frac{1}{\cos 2z} = \frac{1}{2} f \left( \frac{\cos 2z + 2 \sin \delta \cos \delta - 1}{\cos 2z} \right) \\ &= \frac{1}{2} f \left( \frac{\cos^2 z - \sin^2 z + 2 \sin \delta \cos \delta - \sin^2 \delta - \cos^2 \delta}{\cos 2z} \right) \\ &= \frac{1}{2} f \left( \frac{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta + 2 \sin \delta \cos \delta - \sin^2 \delta - \cos^2 \delta}{\cos 2z} \right) \\ &= \frac{1}{2} f \left( \frac{2 \sin \delta \cos \delta - 2 \cos^2 \delta}{\cos 2z} \right) = f \frac{\cos \delta (\sin \delta - \cos \delta)}{\cos 2z} \end{aligned}$$

Ferner ist  $b^2 = a^2 - (a - q)^2 = q(2a - q)$ .

Nach dem Obigen ist

$$2a - q = f \frac{2 \sin \delta \cos \delta - \cos \delta (\sin \delta - \cos \delta)}{\cos 2z}$$

$$= f \frac{\sin \delta \cos \delta + \cos^2 \delta}{\cos 2z} = f \frac{\cos \delta (\sin \delta + \cos \delta)}{\cos 2z}$$

Dann wird

$$b^2 = q(2a - q) = f^2 \frac{\cos^2 \delta (\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)}{\cos^2 2z} = f^2 \frac{\cos^2 \delta (\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)}{(\cos^2 z - \sin^2 z)^2}$$

$$= f^2 \frac{\cos^2 \delta (\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)}{(\sin^2 \delta - \cos^2 \delta)^2} = f^2 \frac{\cos^2 \delta}{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}; \quad b = f \frac{\cos \delta}{\sqrt{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}}$$

Vorteilhaft sucht man auch noch  $e = a - q$ . Es ergibt sich sehr einfach

$$e = f \frac{\cos^2 \delta}{\sin^2 \delta - \cos^2 \delta}$$

Für die Hyperbel ( $\delta < 45^\circ$ ) findet man die angegebenen Größen durch eine ganz ähnliche Rechnung an Hand von Fig. 15 ( $\sphericalangle POB = 2R - 2z$ ).

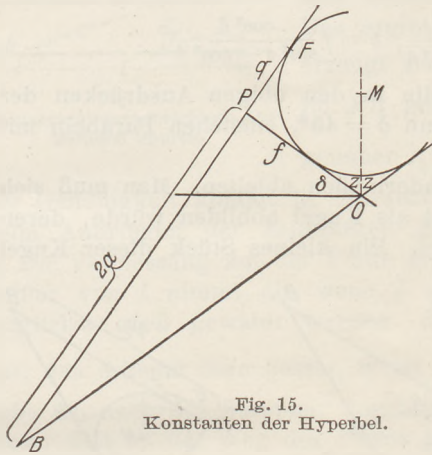


Fig. 15.  
Konstanten der Hyperbel.

Die Parabel entsteht bei einem Stern mit  $\delta = 45^\circ$ . An einer entsprechenden Figur erkennt man leicht, daß der Abstand des Brennpunktes vom Scheitel  $\frac{1}{2} f$  ist. Die Gleichung der Parabel ist also  $y^2 = 2fx$ .

Der Krümmungsradius eines Kegelschnittes ist  $\varrho = \frac{b^2}{a} \left(1 + \frac{e^2}{b^4} y^2\right)^{\frac{3}{2}}$ . Aus den obigen Formeln folgt aber  $\frac{b^2}{a} = f \operatorname{ctg} \delta$  und  $\frac{e^2}{b^4} = \frac{1}{f^2}$ ; dann wird  $\varrho = f \operatorname{ctg} \delta \left(1 + \frac{y^2}{f^2}\right)^{\frac{3}{2}}$ . Für den Scheitel mit  $y = 0$  folgt  $\varrho_0 = f \operatorname{ctg} \delta$ , also  $\varrho = \varrho_0 \left(1 + \frac{y^2}{f^2}\right)^{\frac{3}{2}}$ . Da auf der Platte  $y < 15$  mm ist, ist Reihenentwicklung zulässig, also  $\varrho = \varrho_0 \left(1 + \frac{3}{2} \frac{y^2}{f^2} + \dots\right)$ . Da die

maximale Länge der Strichspur von 30 mm auf etwa  $\frac{1}{2000}$  genau gemessen werden kann (abgesehen von den unter I. angegebenen Mängeln des Mikrometers), darf man das zweite Glied vernachlässigen, wenn  $\frac{3}{2} \frac{y^2}{f^2} < 0,0005$  ist; für  $f = 660$  darf  $y = 12$  mm sein. Die Krümmung ist also praktisch konstant; die Kurvenstücke können vermessen werden als Kreise mit  $\varrho = f \operatorname{ctg} \delta$ .

Die Aufnahmen gehen folgendermaßen vor sich. Mit dem Sucher stellt man den Stern so ein, daß er eben auf der Platte ist, gibt das Objektiv frei und unterbricht bei äquaturnahen Sternen eine Sekunde, sonst zwei oder mehr Sekunden; die Unterbrechungen kann man jede Minute wiederholen, mindestens aber zur letzten vollen Minute, die der Stern noch auf der Platte ist. Dann schiebt man die Kassette etwas weiter hinein (2 bis 3 mm) und stellt einen anderen Stern ein usw.; es lassen sich bei nicht zu störendem Mondlicht leicht 10 Spuren auf eine Platte bringen. — Die Unterbrechungen habe ich nach einer Stoppuhr gemacht und diese dann kontrolliert an dem Sekundenpendel einer Standuhr. — Der Unterschied zwischen Stern- und mittlerer Zeit ist rund  $3^0/_{00}$ ; das ist bei

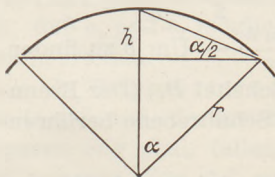


Fig. 16. Berechnung der Spurlänge  $l$  aus Sehne  $s$  und Höhe  $h$ .

25 mm Spurlänge etwa 0,08 mm und durchaus merklich; es muß also reduziert werden. — Will man für Sterne gleichzeitig  $\Delta \delta$ ,  $\delta$  und  $\Delta \alpha$  bestimmen, dann darf man natürlich Fernrohr und Platte nicht bewegen.

Auf der Platte muß die Länge  $l$  des Bogens ermittelt werden. Messen kann man die Sehne  $s$  (Fig. 16) und die Höhe  $h$ . Dann ist  $l = 2r\alpha$ ;  $r^2 = \frac{s^2}{4} + (r - h)^2$ ,



also  $r = \frac{s^2 + 4h^2}{8h}$ ;  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{2h}{s}$ . Eine Berechnung von  $l$  aus diesen Formeln liefert aber nur sehr rohe Werte, da  $h$  im allgemeinen klein und darum mit großem relativem Fehler behaftet ist, und dieser macht sich mit vollem Betrage bemerkbar. Vorteilhafter ist folgendes. Aus  $\operatorname{arc} \operatorname{tg} x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \dots$  und aus  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{2h}{s}$  folgt die Reihe  $\frac{\alpha}{2} = \frac{2h}{s} \left( 1 - \frac{4h^2}{3s^2} + \frac{16h^4}{5s^4} - \dots \right)$ . Demnach wird  $l = 2r\alpha = 2 \frac{s^2 + 4h^2}{8h} \cdot \frac{4h}{s} \left( 1 - \frac{4h^2}{3s^2} + \frac{16h^4}{5s^4} \dots \right) = \left( s + \frac{4h^2}{s} \right) \left( 1 - \frac{4h^2}{3s^2} + \frac{16h^4}{5s^4} \dots \right) = s + \frac{8h^2}{3s} - \frac{32}{15} \frac{h^4}{s^3} + \dots$  Bei einer Meßgenauigkeit von günstigstenfalls 0,01 mm darf man das dritte Glied vernachlässigen, wenn es unter 0,005 mm liegt, also für  $h \approx 2,8$  mm. Auch das erste braucht man nicht zu beachten, wenn es unter 0,005 mm ist, also bis  $h \approx 0,24$  mm. Innerhalb dieser Grenzen ist daher  $l \approx s$  bzw.  $l \approx s + \frac{8h^2}{3s}$ . — Es läßt sich leicht berechnen, bis zu welcher Deklination diese Beziehungen genügen. Nämlich aus  $r = f \operatorname{ctg} \delta$  folgt für den ersten Fall  $\delta < 60^\circ$  (Cassiope) und für den zweiten Fall  $\delta < 84^\circ$  ( $\delta$  Ursae min.), wenn  $f \approx 600$  mm.

Die Messung von  $s$  macht keine Schwierigkeit; in bezug auf  $h$  soll zunächst untersucht werden, wie genau es gemessen werden muß. Die genauen Werte von  $l$  und  $h$  seien durch  $l = s + \frac{8h^2}{3s}$  verbunden; ein Fehler  $\Delta h$  ergebe die Gleichung  $l + \Delta l = \frac{8(h + \Delta h)^2}{3s}$ . Nach Subtraktion folgt mit großer Näherung  $\Delta l = \frac{16h}{3s} \Delta h$ ; da  $\Delta l$  nicht wesentlich mehr als 0,005 mm betragen darf und  $s$  maximal 25 mm ist, wird  $\Delta h = \frac{0,023}{h}$ , d. h. wenn  $h \approx 0,2$  mm, muß es auf 0,1 mm sicher sein; ist es 0,3 bis 0,5 mm, so muß die Genauigkeit 0,05 mm betragen; ab  $h > 1,5$  mm müssen 0,01 mm gemessen werden. — Es scheint, daß bis  $h = 0,5$  mm die Schätzung an dem zur Messung von  $s$  angelegten Mikrometer genügt. Für größere Beträge von  $h$  kann man folgendermaßen verfahren. Man kopiert das Originalmikrometer auf einen Streifen einer Diapositivplatte senkrecht zur Längsausdehnung und ritzt in die Schicht senkrecht zum Mikrometer mit einer feinen Nadel einen Strich. Diesen Strich legt man als Sehne durch die Endmarken der Strichspur, so daß der Maßstab die Höhe mißt.

Erzeugt man auf derselben Platte auch die Strichspur eines äquatornahen Sterns, dann wird man von der Verwandlung in Sternzeit, dem Gang der Uhr und der Brennweite (Änderung durch Temperatur) unabhängig. Geeignete Sterne sind allerdings nur wenige vorhanden:  $\delta$  Ceti, 10 Tauri,  $\delta$  Orionis,  $\gamma$  Virginis,  $\eta$  und  $\vartheta$  Aquilae,  $\alpha$  Aquarii. Für diese Sterne ist  $l_0 = n_0 k$ , für einen anderen  $l_1 = n_1 k \cos \delta$ ; daraus folgt  $\cos \delta = \frac{l_1 n_0}{l_0 n_1}$ .

Den möglichen Fehler für  $\delta$  schätzt man am besten nach trigonometrischen Tafeln. Nimmt man (etwas willkürlich) die Unsicherheit von  $\cos \delta = \frac{l_1 n_0}{l_0 n_1}$  auf 0,001 des Betrages an, so bedingt das bei  $\delta = 0^\circ$  eine Fehlergrenze bis  $2^\circ$ , bei  $\delta = 10^\circ$  etwa  $20'$  usw.

Unter II 2 wurde die Bestimmung von  $f$  aus Deklinationsdifferenzen empfohlen; letztere können einem Jahrbuch entnommen werden. Davon wird man aber unabhängig, wenn man bei feststehendem Rohr  $\delta$  und  $\varepsilon$  Orionis über die Platte laufen läßt, die Längen beider Spuren zwischen zwei Zeitmarken und die Zeit (Sternzeit) mißt; für gleiche Zeiten sind die Längen gleich. Eine nur rohe Messung von  $f$  mittels eines Lineals und ferner des Spurenabstandes  $\Delta d$  ergibt  $\Delta \delta \approx 1^\circ$ . In einem Intervall von  $1^\circ$  ändert sich  $\cos \delta$  also nicht um etwa  $0,01 : 25 = 0,0004$ ; daraus folgt  $\delta$  höchstens  $\pm 1^\circ$ , also  $l = l_0 (1 \pm 0,0004)$  oder  $l_n = f \cdot \frac{0,01745}{4 \cdot 60}$  und  $f = \frac{l_n \cdot 4 \cdot 60}{0,01745}$ . Eine Messung ergab  $f = 661$  mm.

IV. Änderung der Fixsternkoordinaten.

1. Refraktion. Man läßt bei klarem Wetter zur Zeit der unteren Kulmination  $\beta, \delta, \epsilon, \zeta$  Ursae maj. ( $\Delta\delta \approx 2^\circ$ ) bei feststehendem Fernrohr nacheinander über die Platte laufen und ebenso zur Zeit der oberen Kulmination. Die Abstände unterscheiden sich entsprechend dem Betrage der differentiellen Refraktion für die Spuren in der unteren Kulmination. Die Höhen muß man aus  $\delta$  und  $\varphi$  berechnen oder messen. Auch  $\beta, \gamma, \delta$  Cassiop. sind geeignet. — Beim Aufgang stehen die Gürtelsterne des Orion annähernd senkrecht zum Horizont. Bei klarem Wetter läßt man sie gleichzeitig zu zweien bei geringer Höhe (günstigstenfalls  $5^\circ$ ) über die Platte laufen und versieht beide Spuren durch Ablenden des Objektivs für 1 oder 2 Sek. mit Zeitmarken; deren Abstand ist ebenfalls um die differentielle Refraktion verkleinert. Die Vergleichsaufnahme macht man beim Durchgang durch den Meridian.

(Auch mit einer kleinen photographischen Kamera kommt man zum Ziel; nur muß man Sterne mit größeren Deklinationsunterschieden wählen. Für Messung der Strichspurenabstände gut geeignet sind die sieben hellen Sterne im großen Bären und die fünf hellen in der Cassiopeia. Brauchbare Aufnahmen mit Zeitmarken geben Castor und Pollux und zwar für recht verschiedene Höhen. — Beim Ausmessen muß man allerdings beachten, daß  $d = f \cdot \text{tg } \alpha$  und nicht  $d \approx f \alpha$ , da die Winkel erheblich größer sind.)



Fig. 17. Grundtatsache der Aberration.

2. Aberration. Die Aberrationskonstante von  $20,5''$  ist mit einem Schulfernrohr unbedingt beobachtbar. Sie läßt sich an Deklinationsdifferenzen polnaher Sterne verfolgen; die Schwankungen betragen über  $50''$ , d. h. beim benutzten Fernrohr über  $0,15 \text{ mm}$ .

Zunächst sollen mit Hilfe der Schulmathematik solche Formeln der Aberration abgeleitet werden, die der mit dem Schulfernrohr erreichbaren Genauigkeit entsprechen<sup>1</sup>. Es lassen sich mit dem Mikrometer günstigstenfalls  $0,01 \text{ mm}$  oder  $3''$  messen. Die Verlagerung des Fernrohrs innerhalb  $5\frac{1}{2}$  Stunden bedingt aber größere Fehler, die auch unter günstigen Verhältnissen  $10''$  erreichen können.

Die Grundgleichung der Fixsternaberration ergibt sich aus Fig. 17 folgendermaßen. Ein Körper  $E$  bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $EA = v$ , senkrecht zum

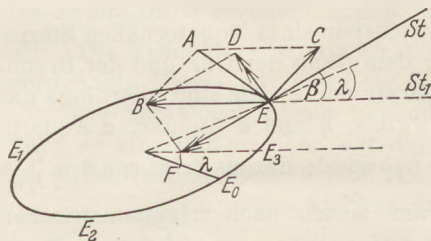


Fig. 18. Komponenten der Aberration in  $\lambda$  und  $\beta$ .

Lichtstrahl mit der Geschwindigkeit  $EB = c$ . Dem Beobachter in  $E$  scheint dann das Licht aus der Richtung  $EC$  zu kommen; der Winkel  $\alpha$  zwischen der wirklichen und scheinbaren Richtung des Lichtes ist bestimmt durch  $\text{tg } \alpha = \frac{v}{c}$ ; da  $\alpha$  maximal  $20''$  oder analytisch  $0,0001$  ist, ist hinreichend genau  $\alpha = \frac{v}{c}$  (Fehler  $\frac{1}{3} \cdot 10^{-12}$ ).

Für die weitere Entwicklung wird angenommen, daß die Erdbahn kreisförmig ist und mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen wird. Dies bedingt durch Vernachlässigung der Exzentrizität eine Ungenauigkeit von  $2 \cdot \frac{1}{60} \cdot 50''$ , die unmerklich ist.

In Fig. 18 sei  $E_{1-3}$  die Erdbahn; in  $E_0$  sei die heliozentrische Länge der Erde  $0$ ; in  $E$  sei sie  $q$ ; die Ekliptikkordinaten des Sterns seien  $\lambda$  und  $\beta$ ; dann ist  $\sphericalangle E_3SE = q - \lambda^*$ ;  $EA = v$  sei die Bahngeschwindigkeit der Erde. Diese zerlegt man zunächst innerhalb der Erdbahn in die beiden Komponenten  $EC = v \cos(q - \lambda)$  und  $EB = v \cdot \sin(q - \lambda)$ . Davon ist  $EC$  senkrecht zum Lichtstrahl  $ESt$ ; man kann darauf

<sup>1</sup> Vgl. auch ZWINGER: Aberrationsellipsen. Unterrichtsbl. 27, 12 (1921) (schwieriger und weniger anschaulich).

\* In Fig. 18 steht für den gleichen Winkel an  $ESt_1$  nicht  $q - \lambda$ , sondern nur  $\lambda$ .

also die Grundformel der Aberration anwenden und erhält, gemessen auf einem Großkreis,  $x = +\frac{v}{c} \cos (q - \lambda) = +\alpha \cos (q - \lambda)$ , wenn  $\frac{v}{c} = \alpha$  gesetzt wird. Das positive Vorzeichen ist gewählt, da unter den angenommenen Verhältnissen die Länge des Sterns größer wird. Demnach ist  $x = \alpha_\lambda = \alpha \cos (q - \lambda)$ . — Die andere Komponente  $EB$  wird innerhalb der Ebene durch  $StESt_1$ , welche senkrecht zur Erdbahn steht, in  $EF$  und  $ED = EB \sin \beta = v \sin (q - \lambda) \sin \beta$  zerlegt. Da  $EF$  in die Richtung des Lichtstrahls fällt, ist sie für die Aberration unwirksam.  $ED$  steht senkrecht zum Lichtstrahl und bedingt eine Verschiebung  $y = \alpha_\beta = \frac{v}{c} \sin \beta \sin (q - \lambda) = +\alpha \sin \beta \sin (q - \lambda)$ . Auch hier ist der Betrag für die gezeichnete Stellung positiv, da die Breite größer wird. — Im Bogenmaß gemessen, sind also die Komponenten der Verschiebung  $x = \alpha \cos (q - \lambda)$ ; maximal  $x_m = \alpha$ ;  $y = \alpha \sin \beta \sin (q - \lambda)$ ; maximal  $y_m = \alpha \sin \beta$ . Man erkennt leicht, daß dadurch eine Ellipse definiert ist; denn es ist

$$\frac{x_m^2}{\alpha^2} + \frac{y_m^2}{\alpha^2 \sin^2 \beta} = \frac{\alpha^2 \cos^2 (q - \lambda)}{\alpha^2} + \frac{\alpha^2 \sin^2 \beta \sin^2 (q - \lambda)}{\alpha^2 \sin^2 \beta} = 1.$$

Diese Formel soll nun auf zwei Sterne in der Nähe des Pols angewandt werden. Fig. 19 ist eine Zeichnung des Nordpolgebiets nach dem Atlas von SCHURIG-GÖTZ<sup>1</sup>. Beobachtet wurden 24 Ursae min. bei  $\delta$  und ein Stern im Cepheus, mit  $x$  bezeichnet. Für 24 Ursae min. greift man auf dem Atlas leicht ab  $\beta = 69 \frac{1}{2}^\circ$ . Dann ist  $\alpha_\beta = 20'' \cdot 0,94 \cdot \sin (q - \lambda)$ . Der Faktor 0,94 bedingt keine merkliche Abweichung von der Kreisbahn. — Ähnlich erhält man für  $x$  Cephei  $\beta = 67^\circ$ . Da  $\sin 67^\circ$  um 8% von der Einheit abweicht, kann auch hier noch die Bahn als Kreis angesehen werden.

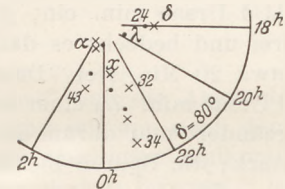


Fig. 19. Karte mit geeigneten Sternen.

Weiter ergibt eine anschauliche Überlegung mit Hilfe der Sternkarte folgendes. Am 21. III. ist die Richtung der Erdbewegung annähernd parallel zum Stundenkreis durch 24 Ursae min. Die Aberration ergibt eine Verschiebung auf diesem nach kleineren Deklinationen um  $20''$ ;  $x$  Cephei ändert nur seinen Stundenwinkel, nicht seine Deklination. Die Spuren ergeben dann einen Abstand etwa wie in Fig. 20 a (gestrichelt = mittlerer Ort). Ähnlich findet man die Deklinationsänderungen am 21. VI. (Fig. 20 b), 23. IX. (Fig. 20 c) und 21. XII. (Fig. 20 d).

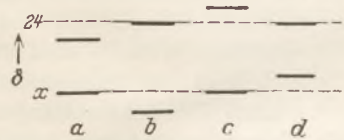


Fig. 20. Schema der Änderung des Strichspurenabstandes.

Durch eine einfache Rechnung findet man die günstigsten Zeiten für die Aufnahmen, d. h. diejenigen Zeiten, in denen die Spuren den kleinsten und größten Abstand haben. Auf der Sternkarte übersieht man leicht, daß die Deklinationsänderung bei 24 Ursae min. durch eine Breitenänderung hervorgerufen wird, daß aber  $\Delta \beta$  und  $\Delta \delta$  entgegengesetztes Vorzeichen haben, also  $\Delta \delta_{24} = -\alpha \sin (\zeta - \lambda) = -\alpha \sin (\zeta - 90) = +\alpha \cos \zeta$ . Ebenso erkennt man, daß bei  $x$  Cephei die Deklinationsänderung vorwiegend durch  $\Delta \lambda$  bedingt ist; nimmt man dann noch an, daß innerhalb der durch die Aufstellung bedingten Fehler  $\lambda_x \approx 90^\circ$ , so wird  $\Delta \delta_x = +\alpha \cos (\zeta - 90) = +\alpha \sin \zeta$ . Die Änderung des Abstandes beider Spuren ist also  $\Delta \delta = \Delta \delta_{24} - \Delta \delta_x = \alpha (\cos \zeta - \sin \zeta) = -\alpha \sqrt{2} \cdot \sin (\zeta - 45)$ . Demnach schwankt die Abstandsänderung zwischen  $\alpha \sqrt{2}$  um den 6. August und  $-\alpha \sqrt{2}$  um den 6. Februar. Der Unterschied zu diesen Zeiten beträgt also rund  $2\sqrt{2} \cdot \alpha$  oder über  $50''$ . — Vernachlässigt wurde folgendes: 1. für 24 Ursae min. ist  $\Delta \lambda$  nicht maximal  $20''$ , Fehler etwa  $\sqrt{2} \cdot 6\%$  oder  $4''$ ; 2.  $\lambda_x$  ist nicht  $90^\circ$ , Fehler etwa  $6''$  bei der Aberration; 3. die Deklinationsänderung wird nicht nur durch  $\Delta \lambda_x$ , sondern auch durch  $\Delta \beta_x$  hervorgerufen, Fehler etwa  $0,5''$ . Es kann also der Wert nur auf  $\frac{1}{5}$  genau werden; die Sicherheit meiner Aufstellung ist aber

<sup>1</sup> In Fig. 19 ist  $\alpha$  Polaris irrtümlich doppelt gezeichnet.

bestimmt unzuverlässiger. — Für eine genauere Rechnung kann man zunächst die Äquatorkoordinaten folgendermaßen erhalten. Man schließt gemäß oben II 1 und 2 sowohl 24 Ursae min. als auch  $\alpha$  Cephei an  $\delta$  Ursae min. (Jahrbuchstern) an. Diese Äquatorkoordinaten verwandelt man nach den üblichen Formeln in Ekliptikkoordinaten. Dann berechnet man für beide Sterne den Winkel zwischen beiden Systemen (für 24 Ursae min. auch bei festester Fernrohraufstellung nicht merklich von Null verschieden) und kann nach den Formeln der analytischen Geometrie  $\Delta\lambda$  und  $\Delta\beta$  in  $\Delta\alpha$  und  $\Delta\delta$  umrechnen. — Noch eleganter ist es natürlich, etwa das Formelsystem von BAUSCHINGER<sup>1</sup> zu benutzen; mir scheint jedoch, daß die dort gegebene Ableitung kaum Gegenstand des Schulunterrichts sein kann.

Die Aufnahmen macht man folgendermaßen. Man stellt mittels Sucher auf 24/ $\delta$  Ursae min. ein, gibt bei feststehendem Rohr das Objektiv für etwa 10 Min. frei und bedeckt es dann wieder. Nach etwa 5<sup>h</sup> 25<sup>min</sup> gibt man das Objektiv wieder etwa 20 Min. frei. Dann erhält man die Strichspur von  $\alpha$  Cephei zwischen 24 und  $\delta$  Ursae min. Zu einer anderen Zeit sind die Deklinationsunterschiede durch Aberration geändert und darum auch der Abstand der Spuren. Im August verschleiert die Platte stark; die Spuren bleiben aber gut meßbar.

Die Genauigkeit hängt vor allem von der Sicherheit der Aufstellung ab. Bei den beiden ersten Aufnahmen stand das Fernrohr auf einer Fensterbank eines schmalen Fensters; die Verlagerung des Rohrs scheint in 5<sup>1/2</sup> Stunden nicht mehr als 6'' (0,02 mm) zu betragen. Infolge Wohnungswechsels konnte ich das Rohr später nur auf eine recht kräftige Wandkonsole stellen; dann sind aber die Schwankungen so stark, daß die Aberration kaum merkbar bleibt. (Für Präzession und Nutation anderer Sterne, siehe in 2., kann ich einen erdgemauerten Balkon einer Erdgeschoßwohnung benutzen; falls dann in einer Nacht nicht zu große Temperaturschwankungen vorkommen, ist der Fehler nicht über 9'') — Man kann auch in anderen Gegenden als um den Pol geeignete Sterne finden; sie ändern aber im Laufe des Jahres ihr Azimut so stark, daß vom Balkon aus nicht zu jeder Zeit Aufnahmen möglich sind. — Noch günstiger als die hier empfohlenen Sterne sind etwa  $\delta$  Ursae min. und 51 Hev. (75''); da aber ihr Rektaszensionsunterschied rund 11<sup>h</sup> ist, sind Aufnahmen nur im Winter möglich. Aus gleichem Grunde sind auch  $\delta$  Ursae min. und 43 Hev. nicht zu empfehlen (7<sup>h</sup>), obgleich man die Aufnahmen gut nach dem *B.A.J.* kontrollieren könnte.

Auch die Schwankungen in  $\alpha$  sind verfolgbare, wenn man gemäß II 2 verfährt. Die Unterbrechungszeit muß etwa 15 Sek. sein. Die Beträge auf der Platte sind von derselben Ordnung wie für  $\Delta\delta$ ; im Zeitmaß sind sie 56:15  $\cos \delta \approx 60$  Sek. Die Uhr müßte also in 5<sup>1/2</sup> Stunden nicht um 10 Sek. unsicher sein. Da aber die  $\Delta\alpha$  sich nur recht unsicher messen lassen, wurden die Aufnahmen nicht fortgesetzt.

Bei längeren Rohren ist die relative Meßgenauigkeit größer; ich fürchte aber, daß die Unsicherheit der Aufstellung diesen Vorteil mindestens vollständig aufhebt. Das benutzte Rohr steht verhältnismäßig sicher.

3. Präzession. Sie läßt sich sowohl in  $\alpha$  als auch in  $\delta$  verfolgen. Die jährlichen Beträge sind  $\Delta\delta = 20'' \cos \alpha$  und  $\Delta\alpha = 46'' + 20'' \operatorname{tg} \delta \sin \alpha^2$ .

Die Beobachtungen der  $\Delta\delta$  sind am bequemsten. Man läßt geeignete Sterne mit Deklinationsunterschieden von maximal 2° bei feststehendem Rohr nacheinander über die Platte laufen und wiederholt nach einigen Jahren dieselbe Aufnahme. Die größten Änderungen gegeneinander ergeben Sterne mit  $\alpha = 0^h$  gegen solche in  $\alpha = 12^h$ , da sich die Deklinationen um +20'' und -20'' ändern, der Abstand also um 40''; dies läßt sich nach einem Jahre leicht nachweisen (0,12 mm). Die Aberration kann man ausschalten, wenn man wenigstens annähernd dasselbe Datum wählt. Geeignete Sterne sind  $\alpha$  Cass ( $\delta = 56^0 10'$ ) und  $\varepsilon$  Ursae maj. ( $56^0 20'$ ), ferner  $\alpha$  Pegasi ( $14^0 50'$ )

<sup>1</sup> BAUSCHINGER: WEBER-WELLSTEIN, Enzyklopädie der Elementarmathematik. Bd. 3, 2. Teil, 3. Aufl., S. 519 f.

<sup>2</sup> Ableitung z. B. in PLASSMANN, Himmelskunde.

und  $\beta$  Leonis ( $14^{\circ}57'$ ). Da die Beobachtungen im Winter möglich sind, ist  $\Delta\alpha = 12^h$  nicht störend. — Ebenso beachtenswert ist, daß nach dem Ausdruck  $20'' (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$  Sterne in  $\alpha = 6^h$  keine Änderung zeigen gegen solche mit  $\alpha = 18^h$ ; Beispiele:  $\delta$  Ursae min. ( $86^{\circ}37'$ ) und 51 *H* Cephei ( $87^{\circ}9'$ );  $\theta$  Aurigae ( $37^{\circ}13'$ ) und  $\delta/\zeta$  Lyrae. — Für beide Sterngruppen ist ungünstig, daß man das Fernrohr (unbewacht) 12 Stunden draußen lassen muß. Man kann aber auch für andere Rektaszensionsunterschiede leicht Sterne finden, die in einigen Jahren deutlich relative Deklinationsänderungen zeigen. Folgende Gruppen sind empfehlenswert:

a) Symmetrisch zum Kreise  $0/12^h$ ; keine Änderung, da die  $\Delta\delta$  für beide Sterne gleich sind.

b) Symmetrisch zum Kreise  $6/18^h$ ; beide Änderungen haben entgegengesetztes Vorzeichen, also deutliche Abstandsänderungen.

c)  $\alpha_1 = 0^h$  und  $\alpha_2 = 6^h$  oder  $12^h$  und  $18^h$ ; Betrag  $20''$ .

d) Beliebige Sterne; sie genügen der Formel  $20'' (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$ .

Diese Aufnahmen kann ich von einem Balkon aus machen, und die Abstände der Spuren sind bis auf  $\pm 0,03$  mm oder  $10''$  in Übereinstimmung mit den nach dem *B. A. J.* errechneten. — Bei Auswertung der Aufnahmen für die Aberration muß man die Präzession mit dem Betrage  $20'' (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) t$  in Anrechnung bringen ( $t$  in Bruchteilen des Jahres).

Auch mit einer photographischen Kamera ( $f = 135$  mm) sind Messungen möglich. Man kann die Zwischenzeit ja beliebig groß wählen. In bezug auf einen einzigen Schülerjahrgang ist das zwar ein Nachteil; denn die jährliche Änderung liegt selbst mit dem größten Betrage von  $40''$  ( $0,03$  mm) sehr nahe an der Grenze der Meßgenauigkeit. Aber in 3 Jahren ist sicher ein Erfolg vorhanden. Vielleicht ist auch die Aberration erkennbar. — Selbst eine Kamera mit einem einfachen Brillenglas als Objektiv liefert hinreichend scharfe Spuren; da das Gesichtsfeld aber nur klein ist, darf  $\Delta\delta$  nicht über  $1^{\circ}$  betragen.

Die Aufnahmen für  $\Delta\alpha$  können so durchgeführt werden, wie oben unter II 2 beschrieben. Bei der Auswahl der Sterne ist folgendes zu beachten. Der Betrag von  $46''$  ist für alle Sterne konstant, macht sich also bei dieser Art der Beobachtung nicht bemerkbar. Der Betrag  $20'' \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha$  ist die Änderung der Rektaszension; am Großkreis und auf der Platte ergibt sich ein Betrag entsprechend  $20'' \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha \cdot \cos \delta = 20'' \sin \delta \cdot \sin \alpha$ . Da  $\delta$  für beide Sterne annähernd gleich sein muß, kann man die Brauchbarkeit zweier Sterne gut abschätzen an  $20'' \sin \delta (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$ . Am günstigsten ist demnach die Polgend. Geeignet sind  $\delta$  Ursae min. und 51 *H* Cephei; es ist nach einem Jahr eine Strecke entsprechend  $40''$  zu messen; ein Gegenstück dazu sind 43 *H* Cephei und ein schwacher Stern im Camelop. (keine Änderung von  $\Delta\alpha$ ). Bei den anderen oben für  $\Delta\delta$  genannten Sterngruppen ist der Betrag auf der Platte gemäß  $\sin \delta$  kleiner; aber die Zahl der Jahre ist ja unbegrenzt und darum auch hier ein Erfolg möglich. — Die Spuren müssen durch Abblenden des Objektivs (etwa 1 Sek.:  $\cos \delta$ ) mit Zeitmarken versehen werden. Die Anforderungen an die Uhr beurteilt man an  $\Delta\alpha = 20'' \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha$ ; je kleiner  $\delta$ , desto zuverlässiger muß die Uhr sein, und desto präziser muß die Abblendung des Objektivs gehandhabt werden.

4. Nutation. Auch sie ist an den Abständen der Strichspuren bemerkbar, stört aber in einem Jahr kaum, also nicht bei der Aberration. Die Aufnahmen für Präzession werden aber beeinflusst, wenn der Zeitunterschied mehrere Jahre beträgt und in der Gegend die Nutation stärker schwankt.

5. Eigenbewegung. Die Eigenbewegung in  $\delta$  dürfte nachweisbar sein in mehr als 10 Jahren für  $\alpha$  Canis min.; im Jahr  $1''$ ;  $\gamma$  Orionis als Vergleichssterne —  $\alpha$  Canis maj.;  $1,2''$ ;  $\beta$  Canis maj. — in mehr als 5 Jahren bei  $\alpha$  Bootis;  $2''$ ;  $\eta$  Bootis. Man muß dann die Änderung durch Präzession und Nutation und (falls die Aufnahmen nicht zum annähernd gleichen Datum wiederholt werden) Aberration berechnen und dartun, daß die Abstände von dem so ermittelten Ergebnis abweichen.

## V. Photometrie.

Die Strichspuren sind um so schwärzer, je heller der Stern ist; aber auch die Breite der Spur nimmt zu; denn durch schwache Sterne entsteht nur ein schmaler Strich durch die am Plattenort fokussierte Wellenlänge; bei helleren Sternen wirken auch noch die Zerstreungskreise der nächst benachbarten Wellenlängen und machen die Spur breiter. Die Spur von Sirius ist z. B. rund 0,15 mm breit. — Es dürften sich in dieser Weise hellere Veränderliche mit stärkeren Lichtschwankungen nachweisen lassen (Algol,  $\beta$  Lyrae).

Auch die spektrale Energieverteilung läßt sich roh ermitteln. Man macht Aufnahmen bei Stellungen der Platte im Gebiet zwischen den FRAUNHOFERSCHEN Linien  $F$  und  $G$ ,  $G$  und  $K$ ,  $K$  und der Grenze der Wasserstoffserie ( $365 \mu\mu$ ), sowie jenseits dieser Grenze, also gemäß Fig. 10 im Fokus von 1. 450, 2. 420, 3. 385, 4. 355  $\mu\mu$ . Für die verschiedenen Spektraltypen ist die relative Intensität in den Gebieten sehr verschieden; brauchbar sind  $\gamma$ ,  $\beta$  Orionis,  $\alpha$  Geminorum,  $\alpha$  Canis min.,  $\alpha$  Aurigae,  $\alpha$  Tauri,  $\alpha$  Orionis. Man kann folgendes erkennen:

- Bei den  $A$ -Sternen macht sich die Absorption jenseits der Grenze der Wasserstoffserie dadurch bemerkbar, daß der relative Unterschied der Aufnahmen in Gebieten 3. und 4. bei  $\alpha$  Geminorum größer ist als bei  $\gamma$  Orionis.
- Bei  $G$ -Sternen ist außer 4. auch schon 3. relativ schwach.
- Bei  $K$ -Sternen ist schon 3. wenig merklich, 2. schon geschwächt.
- Bei  $M$ -Sternen ist dies noch auffallender.

## Kleine Mitteilungen.

## Singuläre Punkte bei Projektionen.

Von H. Bock in Hamburg.

Die Parallelprojektion achsensymmetrischer Gebilde mit negativem Krümmungsmaß liefert oft Kurven, die mit Singularitäten behaftet sind. Insbesondere tritt dieser Fall bei Ringen (Toroiden) und Teilen von ihnen auf. Beim Skizzieren derartiger

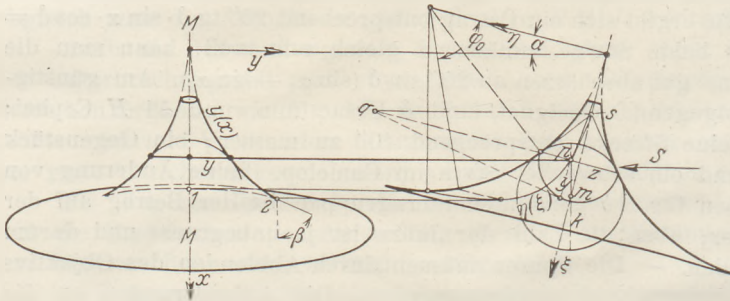


Fig. 1. Aufriß und axonometrische Projektion des Drehkörpers.

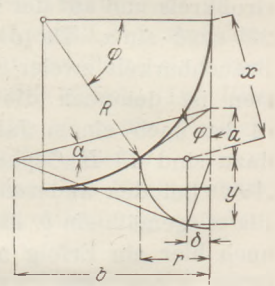


Fig. 2. Geometrischer Zusammenhang.

Körper muß man besonders achtgeben, weil die bloße Anschauung hierbei leicht zu Irrtümern führen kann.

Im folgenden wird der mathematisch nicht uninteressante Zusammenhang an dem oft vorkommenden „Lampenuß“ untersucht, den man von rückwärts gesehen auch als Trompetentrichter deuten kann. Fig. 1 zeigt ihn im Aufriß und in axonometrischer Projektion (Sehrichtung  $S$ ) unter der Voraussetzung, daß der Drehkörper-Meridian ein Viertelkreis ist.

Der Umriß der schrägen Projektion läßt sich zeichnerisch als Enveloppe einer einbeschriebenen Kugelschar oder auch punktweise, wie bekannt, leicht finden, wenn man an die unendlich schmale Zone  $z$  des Drehkörpers eine Berührungskugel mit dem

Mittelpunkt  $m$  oder einen Berührungskegel mit der Spitze  $s$  anlegt. Im ersten Fall ist die Kugel bis zum Hauptkreis  $k$  sichtbar und somit  $p$  ein Punkt der gesuchten Umrißlinie, dessen Abstand  $y$  von der Symmetrale  $M$  durch Umklappen der Zone leicht gefunden wird; im zweiten Falle ist  $q$  der Punkt, wo der durch die Spitze  $s$  gehende Sehstrahl die Kegelgrundfläche schneidet, und deshalb berührt eine durch  $sq$  gelegte Tangentialebene den Kegel längs der Mantellinie  $sp$ , so daß  $p$  wieder einen Punkt der krummen Fläche vorstellt, in dem diese von einer zur Sehrichtung parallelen Ebene hyperbolisch berührt wird. So entstehen gleichzeitig die Kurven  $y(x)$  und  $\eta(\xi)$ , die die Projektionen einer und derselben Raumkurve sind.

Die analytische Betrachtung liefert einige eigenartige Zusammenhänge. Zur Ableitung der Kurvengleichungen können wir die eben erwähnte Kegelkonstruktion verwenden. Als unabhängiger Parameter diene der Winkel  $\varphi$ . Dann wird nach Fig. 2  $r = R(1 - \cos \varphi)$ ,  $a = r \cdot \operatorname{ctg} \varphi$ ,  $b = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$  und weiter  $\delta = R(1 - \cos \varphi) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi$ . Hieraus folgt  $y^2 = r^2 - \delta^2$ , oder ausgerechnet:

$$y = R \cdot (1 - \cos \varphi) \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}. \quad (1)$$

Weiter wird  $x = R \cdot \sin \varphi \cdot \cos \alpha - \delta \cdot \sin \alpha$  oder:

$$x = R \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \alpha} \left( 1 - \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \varphi} \right). \quad (2)$$

Die Parametergleichungen (1) und (2) beschreiben also den Lauf der Umrißlinie  $y(x)$ . Da ferner  $\xi = R \cdot \sin \varphi$  und  $\eta = \delta$ , so ergibt sich auch die Gleichung der Kurve  $\eta(\xi)$  in expliziter Form durch Elimination von  $\varphi$ :

$$\eta = \xi \cdot \left[ \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\xi^2}{R^2}}} - 1 \right] \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

Die Grundlinie des Drehkörpers ist somit Asymptote an die analytische Fortsetzung der Kurve  $\eta(\xi)$ , denn  $\eta$  wird unendlich für  $\xi = R$ . Die Koordinaten der Punkte 1 und 2 ergeben sich so. Unmittelbar ersichtlich ist

$$x_1 = R(1 - \sin \alpha). \quad (4)$$

Mit Hilfe der Differentialquotienten

$$\frac{dy}{d\varphi} = R \cdot \frac{\sin \varphi (\cos^3 \varphi - \sin^2 \alpha)}{\cos^3 \varphi \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha}} \quad (5)$$

und

$$\frac{dx}{d\varphi} = R \cdot \frac{\cos^3 \varphi - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \varphi \cdot \cos \alpha}, \quad (6)$$

die beide für Punkt 2 verschwinden müssen, ergibt sich der für 2 maßgebliche Parameter  $\varphi_0$  aus:

$$\cos^3 \varphi_0 = \sin^2 \alpha. \quad (7)$$

$\varphi_0$  ist in Fig. 1 angegeben. Setzt man ihn in Gleichung (1) und (2) ein, so kommt:

$$x_2 = R \cdot \frac{(1 - \sin^{4/3} \alpha)^{3/2}}{\cos \alpha}, \quad (8)$$

sowie:

$$y_2 = R \cdot \frac{(1 - \sin^{7/3} \alpha)^{3/2}}{\cos \alpha}. \quad (9)$$

Der Winkel, den die Spizentangente im Punkt 2 mit der Symmetrale  $M$  bildet, folgt aus:

$$\operatorname{tg} \beta = \left( \frac{dy}{dx} \right)_2 = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi}}, \quad (10)$$

worin  $\cos \varphi = \sin^{2/3} \alpha$ .

Schließlich ist noch bemerkenswert, daß für die Punkt 2 zugeordnete Stelle der Kurve  $\eta(\xi)$  gilt:  $\frac{d\eta}{d\xi} = \operatorname{ctg} \alpha$ . Hieraus folgt wegen

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \left[ \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\xi^2}{R^2}\right)^3}} - 1 \right] \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

noch:

$$\xi_z = R \cdot \sqrt{1 - \sin^4 \alpha}. \quad (11)$$

Man beachte, daß  $sp$  nicht Tangente an  $\eta(\xi)$  in  $p$  ist.

Damit wären die wesentlichen Punkte des Problems erledigt. Das wichtigste Ergebnis der Untersuchung ist die Gleichung (7). Eine regelrechte „Konstruktion“ der Spitze 2 ist wegen der Transzendenz von (7) natürlich unmöglich.

### Ein Verfahren zur Veranschaulichung der Methode der kleinsten Quadrate.

Von Boris Germansky in Berlin.

Die Methode der kleinsten Quadrate kann dazu verwendet werden, Beobachtungsergebnisse, die aus Messungen an physikalischen oder anderen Instrumenten stammen, durch geeignete Kurven auszugleichen und zu interpolieren. Oft wird die gesuchte Kurve eine Gerade sein. Bezeichnen wir die den Meßergebnissen entsprechenden Wertepaare, die wir graphisch in einer  $x$ - $y$ -Ebene darstellen, mit  $(x_n, y_n)$  für  $n = 1, \dots, N$  ( $N$  ist die Anzahl der gemessenen Punkte), so handelt es sich bei der Methode der kleinsten Quadrate darum, die Parameter  $a$  und  $b$  der Geradenschar  $y = a + bx$  so zu bestimmen, daß der Ausdruck  $\sum_1^N [y_n - (a + bx_n)]^2$ , der die Summe der Quadrate der Abweichungen der Meßergebnisse von der Ausgleichsgeraden darstellt, zum Minimum wird. Ist die gesuchte Kurve keine Gerade, so gibt es Methoden, die gestatten, auch diesen allgemeinen Fall auf den linearen zurückzuführen. Aus diesem Grunde ist der Fall, daß die Ausgleichskurve eine Gerade ist, von besonderer Bedeutung. Im folgenden soll eine Anordnung angegeben werden, die sich mit den einfachsten Mitteln herstellen läßt und erlaubt, die gesuchte Ausgleichsgerade mechanisch zu ermitteln; sie erscheint besonders geeignet, die Methode der kleinsten Quadrate anschaulich zu machen.

Durch Differentiation der angegebenen Quadratsumme nach den Parametern  $a$  und  $b$  erhält man die beiden Bestimmungsgleichungen<sup>1</sup>:

$$\sum_1^N [y_n - (a + bx_n)] = 0 \quad \text{und} \quad \sum_1^N [y_n - (a + bx_n)] x_n = 0.$$

Man denke sich nun die Gerade  $y = a + bx$  materiell, starr und in der  $x$ - $y$ -Ebene frei beweglich; es mögen daran die  $N$  zur  $y$ -Achse parallelen Kräfte  $P_n = c[y_n - (a + bx_n)]$  in den Punkten  $(x_n, a + bx_n)$  angreifen<sup>2</sup>. Dann stellen die beiden Bestimmungsgleichungen für  $a$  und  $b$  die Gleichgewichtsbedingungen für diese Kräfte dar, d. h. die Bedingung des Verschwindens der resultierenden Kraft und die Bedingung des Verschwindens des resultierenden Momentes. Gelingt es, solche Kräfte zu verwirklichen, so ist die Gleichgewichtslage der materiellen Geraden, also die Lage, in der sich die Gerade unter der Einwirkung der Kräfte einstellt, die gesuchte, im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate optimale Lage.

Die Kräfte  $P_n = c[y_n - (a + bx_n)]$  für  $n = 1, \dots, N$ , lassen sich leicht verwirklichen. Denn ihre Gleichungen besagen, daß die Kräfte proportional zur Abweichung  $y_n - (a + bx_n)$  sein sollen, und dies ist das HOOKEsche Gesetz. Man wird daher die Kräfte mittels Federn oder dergl. verwirklichen. Für die Zwecke der Selbstherstellung und Vorführung, wo keine allzu große Genauigkeit verlangt wird, eignet sich folgende Anordnung.

Auf ein Reißbrett spannt man einen Bogen Millimeterpapier, worauf ein Achsenkreuz gezeichnet ist. In die den Meßergebnissen entsprechenden Punkte  $(x_n, y_n)$  werden im ganzen  $N$  Stecknadeln<sup>3</sup> senkrecht zur Papieroberfläche eingesteckt. Ferner steckt

<sup>1</sup> Vgl. etwa die Darstellung in FR. A. WILLERS: Methoden der praktischen Analysis. Berlin 1928. S. 244.

<sup>2</sup>  $c$  ist ein für alle Kräfte gemeinsamer Proportionalitätsfaktor.

<sup>3</sup> Man benutzt am besten sog. Glaskopfstecknadeln.



man durch  $N$  Gummibändchen, wie sie zum Verschnüren von Päckchen im Gebrauch sind, einen dünnen Metallstab, etwa eine Stricknadel, so daß die Gummibändchen lose an dem Stabe hängen. Bringt man jetzt den Stab zwischen die Stecknadeln und legt die Gummibändchen um die Stecknadeln, so werden die Gummibändchen gespannt, und der Stab stellt sich in einer gewissen Gleichgewichtslage ein. Achtet man nun darauf, daß in der Gleichgewichtslage alle gespannten Gummibänder zueinander und zur  $y$ -Achse parallel sind, so wirken auf den Stab Kräfte der verlangten Art. Zu berücksichtigen ist noch, daß die Gummibänder im ungespannten Zustand die Länge  $l_0$  besitzen. Um den durch die Eigenlänge der Gummibänder entstehenden Fehler zu beseitigen, wird man die Stecknadeln nicht unmittelbar in den Meßpunkten  $(x_\kappa, y_\kappa)$  befestigen, sondern darüber in Richtung der  $y$ -Achse um die Länge  $l_0$  hinausgehen; das hat in Richtung der positiven oder negativen  $y$ -Achse zu geschehen, je nachdem die Abweichung  $y_\kappa - (a + b x_\kappa)$  für  $\kappa = 1, \dots, N$  positiv oder negativ ist. Als Ort der mathematischen Ausgleichsgeraden kann man die Mittellinie des Stabes annehmen. Es entsteht somit noch ein kleiner Fehler, da diese „materialisierte“ Gerade eine endliche Stärke  $s$  hat. Soll auch dieser Fehler noch verbessert werden, so muß die halbe Stärke  $\frac{s}{2}$  vom absoluten Betrag der ersten Korrektur abgezogen werden, da beide Fehler einander entgegenwirken. Jedenfalls sieht man, daß alle durch die endlichen Dimensionen der Anordnung entstehenden Fehler nötigenfalls streng beseitigt werden können. Natürlich müssen alle Gummibänder gleiche Beschaffenheit haben, was nahe der Fall ist, wenn sie gleiche Herkunft haben.

Um zu verhindern, daß die Gummibänder von selbst auf dem Stabe rutschen, wodurch bei schräger Lage des Stabes ihre Einstellung parallel zur  $y$ -Achse unmöglich gemacht werden könnte, empfiehlt es sich, den Stab rau zu machen. Zum bequemeren Ablesen der Geraden auf dem Millimeterpapier macht man die Enden des Stabes spitz oder versieht sie mit zwei Stecknadeln, die es ermöglichen, die Koordinaten der Endpunkte  $a_1, b_1$  und  $a_2, b_2$  festzustellen. Dann ist die Gleichung der gesuchten Ausgleichsgeraden  $y = \frac{b_2 - b_1}{a_2 - a_1} x + b_1 - a_1 \frac{b_2 - b_1}{a_2 - a_1}$ .

Diese praktischen Winke mögen genügen. Wie man sieht, ist die Anordnung mit so einfachen Mitteln herstellbar, daß jeder Schüler sie nachahmen kann. Das Verfahren gibt bereits in der beschriebenen Form, die unter der Mitwirkung von Herrn Professor ERNST GEHROCKE entstanden ist, eine für viele Zwecke ausreichende Genauigkeit.

Schließlich sei noch erwähnt, daß diese Anordnung sich auch zur Veranschaulichung der TSCHEBYSCHEFFSchen Ausgleichsmethode eignet. Dann müssen alle Gummibänder dem Sinn dieser Methode entsprechend senkrecht zum Stab angeordnet werden.

*Mitteilung aus dem Institut für angewandte Mathematik an der Technischen Hochschule Berlin.*

### Einige Ergänzungen zum Unterricht über das Nicolsche Prisma.

Von F. Streicher in Hof/Saale.

In verschiedenen Lehrbüchern wird lediglich die Tatsache angegeben, daß das NICOLSche Prisma entsteht, wenn man den Winkel  $71^\circ$ , den die Längskante eines natürlichen Kalkspatprismas mit seiner kleineren Rhombusfläche bildet, auf  $68^\circ$  abschleift.

Einen Grund dafür gibt selbst CHWOLSON (Bd. II, 2; 2. Aufl., 1922, S. 756) nicht an.

Geradezu irreführend ist die folgende Bemerkung in dem sonst so ausgezeichneten Lehrbuch der Physik von GRIMSEHL (6. Aufl., 1923, S. 1008): „Durch einen von W. NICOL (1841) angewandten Kunstgriff läßt sich die Trennung vollkommen durchführen: Von einem verlängerten Kalkspatrhomboeder ... wird von den Endflächen so viel abgeschliffen, daß die neuen Endflächen mit den Längskanten einen Winkel von nur noch  $68^\circ$  bilden.“

Die Frage eines Schülers, ob denn die drei Grad wirklich eine solch grundlegende Änderung herbeiführen können, veranlaßte mich, der Sache weiter nachzugehen.

Eine umfassende Theorie der Polarisationsprismen hat H. SCHULZ in der Zeitschrift für Instrumentenkunde gegeben, Bd. 36, S. 247, Jahrg. 1916: „Einfluß von Strahlen, welche außerhalb des Hauptschnittes verlaufen, auf die Größe des Gesichtsfeldes“; Bd. 38, S. 69, 1918: „Grundformeln für Prismen, bei welchen die Kristallachse im Hauptschnitt liegt“; Bd. 39, S. 154 u. S. 350, 1919: „Die Farbenzerstreuung und Grundformeln für Prismen, bei denen die Kristallachse senkrecht zur Prismenachse liegt“; Bd. 40, S. 180, 1920: „Die FEUSSNERSCHEN Prismen mit Kristallamellen“; Bd. 41, S. 118, 1921: „Schnittwinkel und Gesichtsfelder für Prismen, bei denen die Kristallachse im Hauptschnitt liegt“; Bd. 44, S. 453, 1924: „Prismen aus Spat und Glas“.

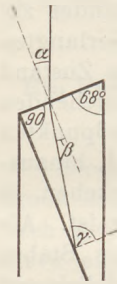


Fig. 1. Weg des ordentlichen Strahles im Hauptschnitt.

Eine allgemeine Theorie aller gebauten und aller möglichen Ausführungen geht natürlich weit über den Rahmen des Physikunterrichtes an höheren Lehranstalten hinaus. Hier handelt es sich um die „Idee“ des Polarisationsprismas. Als dessen Vertreter wird das NICOLSCHES Prisma behandelt. Will man darauf näher eingehen, wie die erwähnte Schülerfrage es veranlaßte, so könnte man sich etwa mit dem folgenden Umfange begnügen.

Verfolgen wir zunächst den ordentlichen Strahl auf seinem Wege.

1. Der Winkel ist  $68^\circ$ . Fig. 1 stellt den bekannten Hauptschnitt dar.  $\alpha = 22^\circ$ . Für  $n$  ist der Wert 1,6585 (CHWOLSON, S. 738) zugrunde gelegt.  $\beta$  ist dann  $13^\circ 3'$  und  $\gamma = 76^\circ 57'$ . Für die Brechzahl des Kanadabalsams ist 1,549 gewählt

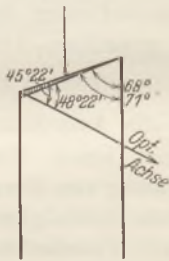


Fig. 2. Winkel der optischen Achse mit der kleinen Seitenfläche.

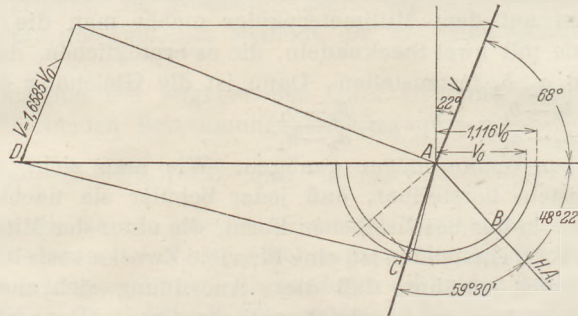


Fig. 3. Konstruktion des außerordentlichen Strahles für den  $68^\circ$ -Winkel.

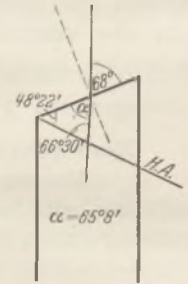


Fig. 4. Außerordentlicher Strahl für  $n = 1,515$  (CHWOLSON'S Wert).

(CHWOLSON, S. 757). (Über den Einfluß von Veränderungen des Kittbrechungsindex siehe Zeitschrift für Instrumentenkunde, Bd. 38, S. 75, 1918.)

Das Brechungsverhältnis beim Übergang von Spat in den Balsam ist dann  $\frac{1,549}{1,6585} = 0,9419$ . Der Grenzwinkel der totalen Reflexion beträgt  $70^\circ 22'$ . Demnach wird der ordentliche Strahl total reflektiert.

2. Der Winkel ist  $71^\circ$ . Wir denken uns auch jetzt die Schnittfläche senkrecht zur Endfläche.  $\alpha = 19^\circ$ ; für  $\beta$  erhält man  $11^\circ 19'$ ;  $\gamma$  wird  $78^\circ 41'$ . Auch der Wert dieses Winkels liegt weit über dem Grenzwerte der totalen Reflexion. Der ordentliche Strahl wird also in beiden Fällen total reflektiert.

Weg des außerordentlichen Strahles für den Winkel  $68^\circ$ .

Die Berechnung des Brechungswinkels macht für unsere Schüler zu große Schwierigkeiten (siehe die Formeln in der Zeitschrift für Instrumentenkunde). Es wurde daher vorgezogen, im Unterrichte den gebrochenen Strahl zu konstruieren

und den Winkel zu messen. (Wie aus dem Folgenden hervorgeht, ändern kleine Meßfehler nichts an dem Sinne des Ergebnisses.) In den Fig. 2 u. 3 ist als Winkel der optischen Hauptachse gegen die Seitenflächen nach CHWOLSON, S. 735 der Winkel  $45^{\circ} 22'$  gewählt. Nehmen wir  $AB$  als  $V_0$  an, so muß  $V$  die Länge  $1,6585 V_0$  haben, da  $\frac{V}{V_0} = 1,6585$  ist.  $n_e = 1,4864$ . Für die große Ellipsenachse gilt  $n_e = \frac{V}{b}$ , also  $\frac{V}{n_e} = 1,116 V_0$ . Konstruiert man die Ellipsentangente von  $D$  aus, so ergibt die Messung des Winkels  $BAC$  den Wert  $59^{\circ} \frac{1}{2}$ . Diesen Winkel bildet also der gebrochene Strahl mit der Hauptachse.

Es läßt sich nun einfach ein Zusammenhang zwischen  $n'_e$  und dem Winkel mit der optischen Hauptachse herstellen (siehe CHWOLSON, S. 745):

$$n'_e = \sqrt{n_0^2 \cos^2 \varphi + n_e^2 \sin^2 \varphi}.$$

Für den gemessenen Winkel  $59^{\circ} \frac{1}{2}$  ergibt sich  $n'_e = 1,533$ . (CHWOLSON gibt den Wert 1,515 an; das scheint nicht zu stimmen.) Dem Werte 1,515 entspräche  $\varphi = 66^{\circ} 30'$ . Es würde daraus folgen, daß der Lichtstrahl, der parallel zu den Längskanten ankommt, vom Lote weggebrochen wird, was den Tatsachen widerspricht (Fig. 4). Für den gemessenen Strahl ist also der Spat optisch dünner als der Balsam. Der Strahl geht ungehindert durch.

Der Weg des außerordentlichen Strahles für den Winkel  $71^{\circ}$ .

Die Messung des Winkels ergibt jetzt den Wert  $58^{\circ}$ ;  $n'_e$  wird gleich 1,535. Die Verhältnisse sind also die gleichen wie bei dem Winkel  $68^{\circ}$ . Der Satz in GRIMSEHL, S. 1009: „Der Einfallswinkel des außerordentlichen Strahles ist kleiner als der Grenzwinkel der totalen Reflexion“, stimmt mit dem gefundenen Werte nicht überein. Der Brechungsexponent 1,549 des Kanadabalsams wird erst erreicht, wenn  $\varphi$  den Wert  $\sim 53^{\circ} 40'$  annimmt. Trotz kleinerer Ungenauigkeiten der Konstruktion ändert sich unser Ergebnis nicht, der Spielraum bis zu  $58^{\circ}$  beträgt über  $4^{\circ}$ .

#### Das Gesichtsfeld.

Bei den verschiedenen Ausführungen spielt neben dem Abfall von Material das Gesichtsfeld die Hauptrolle. NICOL hat selbst im Laufe von etwa 10 Jahren verschiedene Polarisatoren ausgeführt. Vielleicht interessieren einige geschichtliche Bemerkungen.

Die erste Veröffentlichung von seiten NICOLs erfolgte im Edinburgh New phil. Journal 11, S. 83. Darüber berichten Poggendorffs Annalen, Bd. 29, S. 182, Jahrg. 1833, 3:

„Herr NICOL hat vor einigen Jahren ein Instrument beschrieben, welches auf den ersten Blick nichts vor einem guten achromatisierten Kalkspatprisma vorauszuhaben scheint, welches aber doch, wie ich mich jetzt aus eigener Erfahrung überzeugt habe, wesentliche Vorzüge vor einem solchen besitzt, indem es die Bilder viel weiter auseinander wirft.“ Und S. 183 lesen wir: „Dabei besitzt das Gesichtsfeld eine zu optischen Versuchen hinlängliche Größe.“ An verschiedenen Orten ist ausgesprochen, daß NICOL über theoretische Erwägungen sich nicht ausgelassen hat. So heißt es hier: „Über den Grund dieser großen Divergenz hat sich Herr NICOL nicht ausgesprochen.“ Von einer Verbesserung — es handelt sich wieder um die Größe des Gesichtsfeldes — lesen wir in Poggendorffs Annalen, Bd. 44, 1838, 2, S. 168 und Bd. 49, 1840, S. 238 folgendes: „Das Kalkspatprisma mit einfachem Bilde, welches Herr NICOL vor einigen Jahren erfand, eignet sich zwar vorzüglich zur Untersuchung der Polarisationserscheinungen, hat aber wegen seiner Länge, die viel größer als seine Dicke oder Breite ist, nur ein verhältnismäßig kleines Gesichtsfeld.“ Um diesem Mangel abzuhelpen, empfiehlt Herr NICOL im Edinburgh New phil. Journal, Vol. 27, S. 332 folgende Konstruktion. (Fig. 5 zeigt kurz das Wesentliche.) Die uns heute

geläufige Form des Nicols wurde wieder später bekanntgegeben. Wir lesen in Poggendorffs Annalen, Bd. 50, 1840, 2, S. 25: „Neuerdings hat NICOL eine Änderung der Konstruktion des nach ihm benannten Kalkspatprismas angegeben, durch welche ein namhaft größeres Gesichtsfeld gewonnen wird.“ Wieder ist die Rede von einem Erfolge, welche diese auf Versuche gegründete Veränderung gehabt hat.

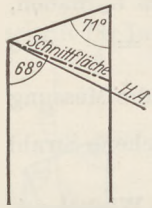


Fig. 5.  
Schnitt des  
ursprünglichen  
NICOLSchen  
Prismas.

Eine allgemeine Theorie sollte tatsächlich bis zum Jahre 1916 auf sich warten lassen, denn H. SCHULZ schreibt in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Bd. 36, S. 247: „Eine systematische Behandlung der Polarisationsprismen fehlte bislang vollkommen.“ Das Gesichtsfeld beträgt beim Nicol  $29^\circ$ . Eine Zusammenstellung findet sich in FRICKS physikalischer Technik. Mir liegt die 7. Auflage vom Jahre 1909 vor, dort findet sich im Bande 2, S. 1277, daß die damals vollkommensten aus Kalkspat hergestellten Prismen, die HARTNACK-PRAZMOWSKISCHEN, ein Gesichtsfeld von  $41,9^\circ$  erreichten, allerdings bei einem Materialverlust von 68%. Bei den Nicols ist der Materialverlust sehr klein, angesichts der Tatsache, daß reiner Spat immer seltener wird, offenbar der Grund, warum sich die Nicols in der alten Form so lange behaupten konnten.

### Induktive Abstoßung und kapazitive Anziehung.

Von E. Hensel in Villingen.

Die im 38. Jahrgang (1925) dieser Zeitschrift, S. 75f., von mir veröffentlichte Arbeit, betitelt: „Die Wechselwirkung zwischen Wechselfeldern“, auf die im folgenden verwiesen sei, kann inhaltlich in mehrfacher Hinsicht ergänzt werden. Was die Versuchsanordnung betrifft, so ziehe ich jetzt vor, die Spule, an der die Bewegungserscheinungen gezeigt werden sollen, nicht an Schnüren aufzuhängen, sondern am unteren Ende einer an einem Querbalken hängenden Spulfeder aus hartem Messing zu befestigen, an der sie frei und leicht ausschlagen kann. Der Durchmesser der Federwindungen ist so zu bemessen, daß der weit aus der feststehenden Spule herausragende Eisenkern von ihnen nicht berührt wird. In sachlicher Hinsicht sei bemerkt, daß es das Verständnis für die in Frage kommenden Vorgänge fördert, wenn man die Versuchsbedingungen variabel gestaltet. Ich verwende mehrere bewegliche Spulen mit verschieden großer Selbstinduktion. Es mögen zwei extreme Fälle herausgegriffen werden. Eine solche Spule war mit sehr vielen Windungen eines 0,1 mm starken umspinnenen Kupferdrahtes bewickelt. Sie wurde bei Einschaltung von zunächst 6 Mikrofarad Kapazität abgestoßen. Bei Verminderung derselben auf 3 Mikrofarad zeigte sich dagegen Anziehung. Ein in den Kreis eingeschaltetes 6-Volt-Lämpchen glühte bei 2 Mikrofarad noch ziemlich stark, vorher und nachher jedoch nicht. Die Maximalstromstärke, bei der sich der induktive und der kapazitive Widerstand die Waage halten und die Abstoßung in Anziehung übergeht, wird also zwischen 2 und 3 Mikrofarad zu suchen sein. Bei einem zweiten Versuch, der sehr instruktiv verläuft, verwende ich eine Spule mit geringer Selbstinduktion. Der Vorgang verläuft dann umgekehrt. Ich benutze eine in den Ausmaßen mit der vorhin erwähnten übereinstimmende Spule, jedoch mit 1 mm starkem Draht bewickelt. Dem geringen induktiven Widerstand  $\omega L$  ist demnach ein äquivalenter kapazitiver Widerstand  $\frac{1}{\omega C}$  entgegenzusetzen. Es müssen also große Kapazitäten eingeschaltet werden. Geht man zunächst ebenfalls von 6 Mikrofarad aus, so zeigt sich geringe Anziehung, die sich mit zunehmender Kapazität steigert, unter gleichzeitig stärker aufleuchtender Glühlampe (45-Volt-Lampe). Auch 50 Mikrofarad ergeben noch das gleiche Resultat. Da größere Kapazitäten nicht zur Verfügung standen, suchte ich den Ausgleich durch Hinzuschaltung einer veränderlichen Selbstinduktion (größere Spule mit geringem OHMSchem Widerstand und

beweglichem Eisenkern) herbeizuführen. Dies gelang denn auch bei einer bestimmten Stellung des Eisenkerns. Weiteres Einschieben des letzteren, wodurch die hell glühende Lampe wieder dunkler brannte, bewirkte lebhafteste Abstoßung. Eindrucksvoller wird der Versuch, wenn die Lampe durch ein Hitzdraht-Amperemeter ersetzt wird. Die Stromstärke betrug bei 50 Mikروفarad und eingeschalteter Hilfsspule ohne Eisenkern etwa 4 Amp. Die bewegliche Spule wird angezogen. Führt man das Eisen langsam ein, so geht der Zeiger vor bis auf 14 Amp. Weiteres Einschieben treibt den Zeiger wieder zurück auf die vorige Stellung, und die Spule erfährt eine starke Abstoßung.

### Zwei Vorschläge zur Herstellung eines Minimaxfeuerlöschapparates.

Von Dr. Ing. H. Römisch in Dresden.

Am einfachsten kann das Prinzip des Minimaxfeuerlöschapparates in der Weise gezeigt werden, daß eine dickwandige Glasflasche zu dreiviertel mit Natriumbikarbonatlösung gefüllt wird, vorsichtig — um eine zu starke Durchmischung zu vermeiden — Salzsäure etwa 1 : 4 verdünnt zugegeben und schnell ein entsprechendes Glasrohr mit Gummistopfen aufgesetzt wird. Mit der Hand wird der Stopfen festgehalten. Bei richtiger Wahl der Konzentrationen und vorsichtiger Übersichtung der Säure bildet sich eine Kochsalz-zwischenschicht, die es ermöglicht, die notwendige Säuremenge ohne große Kohlenstoffdioxidverluste zuzugeben.

So einfach diese Ausführungsform ist, habe ich doch wegen der ihr anhaftenden Mängel, wie z. B. leichtes Überschäumen vor Aufsetzen des Stopfens, vorzeitige Säureerschöpfung usw., versucht, eine bessere und womöglich noch demonstrativere Versuchsform zu finden, und ich habe sie in den folgenden Nachbildungen eines Feuerlöschapparates erhalten:

I. Eine dickwandige, farblose Glasflasche (vgl. Fig. 1), am besten eine Selterwasserflasche mit nicht zu starkem Boden, wird in der Mitte des Bodens mit einem Loch, Durchmesser etwa 2,3 cm, versehen, das man allerdings in der Regel von einem Glasbläser oder Optiker bohren lassen muß. (Die folgenden Zahlenangaben beziehen sich auf eine Flaschengröße: 350 ccm Inhalt, Bodenbreite 7 cm, Höhe 20 cm.) Das Drahtgeflecht, das die Säureampulle und die beiden Gummistopfen hält, wird aus vier 40 cm langen, 1,5 mm starken Kupferdrähten, einer Metallscheibe und einem Stück Klingeldraht hergestellt.

Als Metallscheibe dient z. B. ein Pfennigstück, das auf die Größe: Breite 12 mm, Länge 15 mm abgefeilt und mit drei in einer Reihe liegenden Löchern versehen wird. Das mittlere, größere Loch mit einem Durchmesser von etwa 4 mm, dient zur Aufnahme der Ampullenspitze, die beiden anderen, sehr nahe am Rande liegenden für die Kupferdrähte.

Zwei der Kupferdrähte werden in 4 mm gegenseitigem Abstand 10 cm von dem einen Ende entfernt in einen Schraubstock gespannt und 8 cm hoch zusammengedreht. Dann wird die Kupferscheibe eingesetzt, die Drähte werden weitere 2 cm zusammengedreht und der eine abgeknipst. Dasselbe geschieht mit den anderen beiden Drähten. Darauf werden die Enden der beiden Drahtpaare 2,5 cm über der Kupferscheibe zusammengeführt, 5 cm hoch zusammengedreht, dann der eine und in 8 cm Länge auch der letzte Draht abgeknipst. Durch Hämmern oder durch Pressen im Schraubstock werden die zusammengedrehten Kupferdrähte vom freien Ende bis zur Metallscheibe zusammengedrückt, um den Ampullenraum zu vergrößern und die Einführung des Drahtgestelles in die Flasche zu erleichtern.

Die vier freien Drahtenden werden nun in einen kräftigen Gummistopfen eingesetzt (Ölen der Drähte bei der Einführung!) und nach Auflegen einer mit den

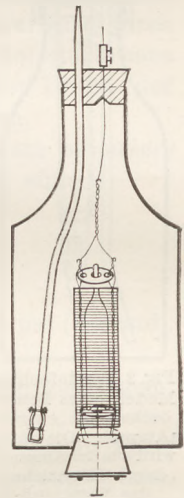


Fig. 1. Modell des Feuerlöschers mit zugeschmolzter Säureampulle. Die Säure wird durch Zertrümmerung des Ampullenbodens in Freiheit gesetzt.

entsprechenden Löchern versehenen Kupferscheibe, z. B. eines Zweipfennigstückes, 1 cm zusammengedreht, abgeknipst und umgebogen. Die Löcher für die Drähte und ein fünftes Loch in der Mitte zur Durchführung eines kräftigen, runden, 7 cm langen Nagels als Dorn werden mit einer Nadel durchgebrannt. (Es wird eine geölte Hut- oder Stricknadel, fest gefaßt mit einer Zange, zunächst kalt durchgestochen. Nach richtiger Führung wird die Nadel hinter dem Stopfen glühend gemacht und durchgezogen.)

0,8 cm über dem Stopfenboden wird an dem Drahtgestell ein Drahttring aus Klingeldraht angebracht, damit die Ampulle in jedem Fall erhöht liegt und der Säureausfluß nicht gehemmt wird. Der Nagel (besser ein 3 mm starker nichtrostender Neusilberdraht) wird vorn zu einer scharfen Spitze ausgefeilt und kurz dahinter, zur stärkeren Aufreißung des Ampullenbodens, mit einer Kerbe versehen, um die entweder ein stärkerer Drahttring gelegt oder durch die ein Loch gebohrt wird, in das ein 6 mm langes Nagelstück eingefügt wird. Der Nagelkopf wird zum Herausziehen des Nagels mit einer Bindfadenschlaufe versehen.

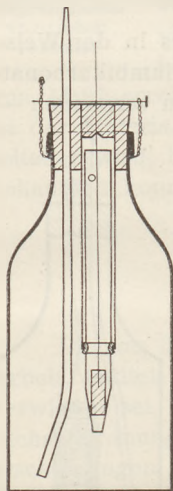


Fig. 2. Vereinfachtes Modell eines Feuerlöschers mit „ewiger“ Ampulle. Die Säure wird aus der Ampulle durch Hochziehen des Verschlusstopfens in Freiheit gesetzt.

Das die Ampulle tragende Drahtgestell wird bis zur Höhe der Metallscheibe mit einem Kupferdrahtgazenetz umgeben, das die Ampulle halten, die herausfließende Säure verteilen und die Glassplitter festhalten soll. Es wird in der Weise hergestellt: Ein Stück Drahtgaze, 9 cm lang, 7 cm breit, dessen oberer und unterer Rand zur Versteifung je 0,5 cm nach außen umgebogen worden sind, wird über einem entsprechenden Stab, z. B. Reagensglas, geformt, mit einer Zange zusammengebogen und mit einem dünnen Kupferdraht genäht. Der die Naht tragende Rand wird umgebogen. In der Höhe des ersten und zweiten Drittels des Netzes wird noch je ein Drahttring aus Klingeldraht herumgelegt.

Die Ampullen stellt man sich aus kleinen Reagensgläsern (Durchmesser 1,2 cm), am besten vor der Gebläseflamme, doch auch mit dem Bunsenbrenner evtl. unter Verwendung eines Schwalbenschwanzbrenneraufsatzes, her. Der erhitzte Boden des Glases wird vorsichtig — nicht zu stark — durch Saugen nach innen eingebogen. Dann wird das Glas ausgezogen, wobei man darauf achte, daß der Halsdurchmesser nicht zu eng werde. Darauf wird die Säure: Konz. Salzsäure 1 : 0,5 verdünnt, eingegossen und das Glas abgeschmolzt. (Kennzeichnung der Abschmelzstelle durch Fettstift!)

Das Spritzrohr, ein kräftiges, 26 cm langes Glasrohr, zu einer etwa 1,2 mm weiten Spitze ausgezogen, wird entsprechend der Flaschenform zurechtgebogen. Unten wird es durch ein Drahtnetz, dessen Ränder der Längsseiten je 2 mm umgebogen sind, von der Breite des Glasrohres gegen Splitterverstopfungen geschützt.

Zur Ausführung eines Versuches wird eine Ampulle in das Drahtgestell eingesetzt. Sie ruht mit dem Boden auf der Nagelspitze. Dann wird das Drahtnetz übergezogen, das Gestell in die Flasche eingefügt, die gesättigte Natriumbikarbonatlösung zugegossen und das Spritzrohr mit dem oberen Gummistopfen eingesetzt. Damit der Draht leicht in das Stopfenloch eindringe, ist er oben rund gefeilt und das Stopfenloch trichterförmig ausgebrannt. Zum Festhalten wird die Klemmschraube aufgesetzt.

Zur Zertrümmerung des Ampullenbodens wird die Flasche mit einem gelinden Ruck mit dem Nagel auf einer festen Unterlage aufgesetzt. Nach dem Versuch werden die Flaschenteile mit Wasser abgespült und an der Luft zum Trocknen liegen gelassen. Der Nageldorn und der durch den oberen Stopfen führende Draht müssen des leichten Gleitens wegen öfter mit Talkum bzw. Öl eingefettet werden.

II. Wesentlich einfacher in der Herstellung ist der in Fig. 2 zur Abbildung gebrachte Feuerlöcher.

Die Säureampulle ist durch ein immer wieder verwendbares Glasrohr ersetzt. Dieses unten zu einer Spitze ausgezogene Röhrchen wird durch einen Gummistopfen, in den ein kräftiger Kupferdraht eingebrannt ist, verschlossen. Es ruht in einem Führungsglasrohr, in dem es durch einen Gummiring (Gasschlauchstück) haftet. An der Stelle des Ringes ist das Säureglasrohr ein wenig kerbartig eingeschmolzt. Das Führungsrohr ist kurz unterhalb des Stopfens des Druckausgleiches wegen mit einem Loch versehen (Herstellung durch Ausblasen). Bei einer Flaschengröße von 500 ccm Inhalt, 20 cm Höhe, 2,8 cm Halsweite hat das Säurerohr etwa die Maße: 16 cm Länge, 1 cm innerer Durchmesser. Die Spitze hat einen inneren Durchmesser von etwa 4 mm. Die Stopfen des Säurerohres und des Führungsrohres sind Teile der Bohrstücke des großen Stopfens.

Die Handhabung geschieht in der folgenden Weise: Das Säurerohr wird aus dem Führungsrohr gezogen. Dann wird der Draht mit dem Gummistück aus dem Stopfen gezogen und in das Säurerohr eingesetzt. Nach Einfüllung der Säure (etwa 50% Schwefelsäure) wird das Säurerohr in das Führungsrohr eingefügt (der Draht wird dabei durch das Gummistopfenstück des Führungsrohres geschoben; Gleitendmachen des Drahtes!) und der Stopfen auf die gefüllte Flasche gesetzt. Ein Nagel wird durch die Drahtschlaufen als Verschluss gesteckt. (Evtl. Unterlegen eines Holzstückchens unter den Nagelriegel!) Zur Intätigkeitsetzung des Apparates wird der Draht, der das Gummiverschlußstück des Säurerohres trägt, ein wenig hochgezogen.

Es sei noch darauf verwiesen, daß sich die Herstellung dieser Apparate besonders als Schülerarbeit für den Werkunterricht oder für häusliche Betätigung eignet.

## Für die Praxis.

**Eine „Lämpcheneins“ als Objekt in der Optik.** Von K. Wilde in Dorpat (Estland), Städtisches Deutsches Gymnasium.

Als „Gegenstand“ benutze ich in der Optik eine aus Taschenlämpchen zusammengestellte „Eins“<sup>1</sup>, die sich leicht folgendermaßen anfertigen läßt.

Die im Handel erhältlichen Fassungen für Taschenlämpchen werden in Form einer „Eins“ auf einem schwarz gebeizten Brettchen aus Laubsägeholz angeordnet. Da die Lämpchen parallel geschaltet werden sollen, so verbindet man zunächst alle unter den Fassungen befindlichen Klemmen mit einem 0,5 mm dicken isolierten Draht miteinander. Die Fassungen sind mit zwei Füßen versehen, in jedem Fuß ist ein Loch für die Schraube. Um nun die Gewinde der Fassungen miteinander zu verbinden, legt man den Fuß der einen Fassung so auf den Fuß der folgenden, daß die Löcher sich decken und befestigt sie hier gemeinsam mit einem Schraubchen am Brett. An den ersten Fuß und ebenso an das Ende des vorher erwähnten isolierten Drahtes lötet man die beiden Enden der Zuleitungsschnur. Die Zahl der Lämpchen richtet sich nach der Größe der vorhandenen Spiegel und Linsen; allerdings glaube ich, daß man aus weniger als sieben Lämpchen keine gut aussehende „Eins“ wird anfertigen können.

Die Lämpchen werden von einer Akkumulatorenbatterie oder einem selbstgefertigten kleinen Transformator gespeist. Die optischen Bilder, die man mit der Lämpcheneins erhält, sind sehr lichtstark und weithin sichtbar. Die „Lämpcheneins“ eignet sich besonders zur Erklärung der Wirkungsweise der Lochkamera.

<sup>1</sup> Die Zusammensetzung einer leuchtenden Figur für Linsenversuche aus Glühlämpchen (zuvor solche aus Gasflämmchen) ist zwar nicht neu, erhält aber heute im Wechselstromnetz erneut Bedeutung. Inzwischen wurden am Gleichstrom Lampen mit gestrecktem Faden verwendet (diese Zeitschr. 19, 8; 1906) und Anordnungen aus Glaskugeln, die dadurch, daß sie wie starke Linsen wirken, Figuren aus Lampenbildchen herstellen (diese Zeitschr. 36, 26; 1923). Gemeinsam ist allen diesen Verfahren, daß jeder Lichtpunkt auf die ganze Linse Licht wirft, während bei einer ins gerichtete Licht gesetzten Lochfigur jedes der Löcher nur einen Teil der Linse mit Licht versorgt, was fehlerhaft ist, aber immer noch oft angewendet wird.

Man hält vor die „Eins“ ein  $50 \times 50$  cm großes Kartonstück, das in der Mitte mit einem Loch versehen ist. Das Bild wird auf der Wand oder auf einem Schirm aufgefangen. Zur Erklärung der Lochkamera ist es zweckmäßig, zunächst ein Lämpchen brennen zu lassen, dann ein zweites, drittes usw. Ebenso ist es lehrreich, die Form der Öffnung zu verändern, indem man vor der Kartonöffnung mit Reißstiften schwarze Papierstücke anbringt, die mit verschiedenen großen und verschieden geformten Öffnungen versehen sind.

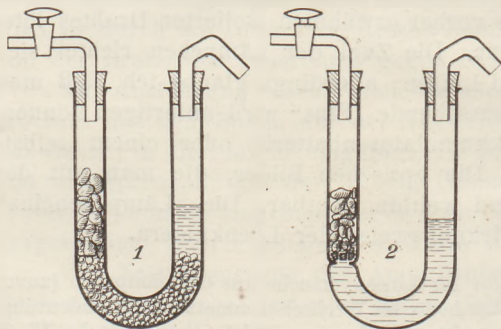
**Verwendung von Rasierklingen in der physikalischen Praxis.** Von K. Wilde in Dorpat (Estland), Städtisches Deutsches Gymnasium.

Rasierklingen von Taschenrasierapparaten (Gillett) eignen sich weit besser als Nähnadeln zum Nachweise der Oberflächenspannung des Wassers. Legt man die Rasierklingen mit der flachen Seite aufs Wasser, oder läßt man sie aufs Wasser fallen, so sinken sie nicht unter, sondern werden von dem Oberflächenhäutchen des Wassers getragen. Dank ihrer Größe können die „schwimmenden Rasierklingen“ auch objektiv einem größeren Zuhörerkreise vorgeführt werden.

Ferner kann man sich aus zwei Rasierklingen einen vorzüglichen Spalt für optische Versuche anfertigen. Man versieht eine Blechscheibe, die man später zum Aufsetzen für den Projektionsapparat einrichtet oder an einem Bunsenstativ befestigt, mit einem rechteckigen Ausschnitt. Für die gegenwärtig im Handel befindlichen Klingen eignet sich ein Rechteck von 3 cm Höhe und 1,5 cm Breite. Angrenzend an die beiden kürzeren Seiten legt man zwei 0,5 cm breite und 10 cm lange Blechstreifen, deren Enden man an die Blechscheibe annietet. Der rechteckige Ausschnitt bildet dann mit den beiden schmalen Blechstreifen eine flache römische Eins. Die Gillett-klingen werden nun unter die beiden parallelen Blechstreifen geschoben und durch diese an die Blechscheibe angedrückt und festgehalten. Statt Blech kann man als Material auch Karton verwenden, und endlich ist es auch möglich, die beiden Rasierklingen in einem Kork zu befestigen. Man versieht einen Kork mit einem 1 bis 2 cm tiefen Einschnitt und steckt hier die Klingen hinein. Die Öffnungen in den Klingen werden mit schwarzem Papier verklebt.

Da sich aus Rasierklingen gute permanente Magnete anfertigen lassen, so können sie auch als Bussolen oder als Magnete in Magnetometern oder Galvanometern verwendet werden.

**Ein billiger Kippischer Apparat.** Von Dr. W. Siebeling in Berlin-Steglitz. — Einen sowohl für Schülerübungen wie für Versuche auf dem Experimentiertisch verwendbaren Apparat zur Darstellung von Wasserstoff, Kohlensäure und anderen Gasen kann man sich mit einfachsten Mitteln aus einem U-Rohr herstellen, wie es für Chlorcalcium benutzt wird. Verfasser verwendet Röhren von etwa 20 mm lichter Weite und 180 mm Höhe; doch kann man sie auch kleiner oder größer wählen, je nach der Gasmenge, die man zu entnehmen beabsichtigt.



Das Rohr wird in die Klammer eines Bunsenstativs geklemmt. Füllt man in das Rohr eine Handvoll erbsengroßer Glasperlen (siehe Fig. 1), so bilden diese infolge gegenseitiger Reibung einen ziemlich festen Boden für die darauf geschichteten Zink- oder Marmorstücke, die den einen Schenkel bis zur halben Höhe anfüllen. In den anderen gießt man die Säure und



verschließt diesen Schenkel mit einem weitgebohrten Korkstopfen, mit nach unten gebogenem Sicherheitsrohr. Auf den anderen Schenkel setzt man einen passenden Gummistopfen, durch den ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr mit Absperrhahn führt.

Man kann nun aus dem Apparat wie aus dem KIPPSchen nach Belieben Gas entnehmen; denn nach dem Schließen des Hahnes wird die Flüssigkeit wieder in ihren Schenkel zurückgedrückt. Nach Gebrauch spült man den Apparat, ohne die Füllung zu entfernen, tüchtig unter der Wasserleitung durch und verschließt ihn wieder an beiden Enden. Bei Reaktionen, die der Erwärmung bedürfen, senkt man das U-Rohr in ein darunter gestelltes Heizbad.

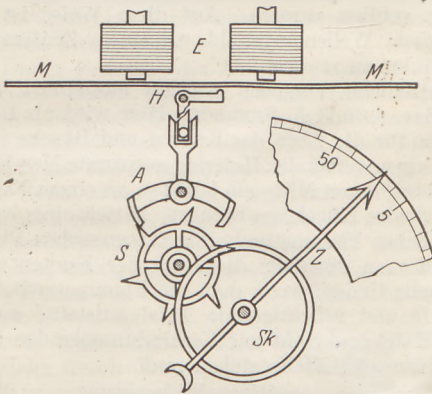
An Stelle der Glasperlenunterlage läßt sich auch ein Filterplättchen aus Porzellan oder eine Wasserleitungsscheibe als Unterlage für die Zink- oder Marmorstücke verwenden. Um dem Plättchen einen Halt zu geben, drückt man in die erweichte Glaswand mit einer Bleistiftspitze in gleicher Höhe 3 bis 4 Vertiefungen, oder man läßt vom Glasbläser eine ringförmige Einschnürung an dem einen Schenkel des U-Rohres anbringen (Fig. 2). Jedoch haben die Glasperlen den Vorteil, daß sie Raum ausfüllen und man infolgedessen an Säure spart.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Ein einfaches Zählwerk für schwache Stromstöße. Von F. LÖHLE in Göttingen.

H. GEIGER und seine Schüler haben seit Jahren den GEIGERSchen Spitzenzähler und Zählrohre in Verbindung mit mechanischen Zählwerken benutzt. Diese GEIGERSchen Anordnungen haben



Zählwerk für schwache Stromstöße (schematisch).  
E Elektromagnet, M Membran, H Hebel, A Anker,  
S Steigrad, Sk Sekundenrad, Z Sekundenzeiger.

sich in mannigfachen Ausführungen eingebürgert und speziell die Untersuchung der kosmischen Ultrastrahlung in wochenlangen Beobachtungsreihen überhaupt erst ermöglicht. Ferner erlauben sie in Experimentalvorlesungen eine Reihe sehr eindrucksvoller Vorführungen. Für Vorlesungszwecke muß ein Instrument besonders robust und betriebssicher sein, und das war der Anlaß für die vorliegende Neukonstruktion. — Der wesentliche Punkt ist: GEIGER und seine Mitarbeiter haben die passend verstärkten Stromstöße zum elektromagnetischen Vorschub eines Zählwerkes (nach Art der Telefongesprächszähler) benutzt.

Bei der hier in Rede stehenden Neukonstruktion wird das Zählwerk von einem Uhrwerk betätigt; der Stromstoß gibt nur das Steigrad um einen Zahn frei (vgl. die Figur). Äußerlich ist das Zählwerk eine umgebaute Stoppuhr. Der „Sekundenzeiger“ legt mit 50 Stromstößen einen vollen Umlauf zurück, der „Minutenzeiger“ zählt die ganzen Umläufe. Das Zifferblatt ist auf Metall geteilt und wird für Projektionszwecke mit spiegelschriftlich gravierten Zahlen auf schwach gewölbter Fläche (Ersatz für optischen Kondensator) geliefert. Der Anker für das Steigrad wird durch die Membran eines Telefons (Radiolautsprechers) betätigt. Die 50 Stromstöße des technischen Wechselstroms pro Sekunde werden mühelos gezählt.

Verfasser hat das Instrument gemeinsam mit dem Uhrmacher G. WILICHOWSKI in Göttingen ausgearbeitet; es kann von dessen Werkstatt bezogen werden.

I. Physikal. Institut der Universität Göttingen.

Wellenlängenmessungen in der Schule. Von LISELOTTE TRÖMEL-ARENDDT in Düsseldorf.

Interessante Themen für physikalische Schülerübungen oder Arbeitsgemeinschaften sind Wellenlängenmessungen. Sie ermöglichen dem Schüler einen tiefen Einblick in die verschiedensten Gebiete der Physik und sind oft mit sehr einfachen Mitteln ausführbar. Es soll im folgenden ausführlich berichtet werden über die Arbeit: LISELOTTE ARENDT, „Methoden zur Messung der Wellenlängen in der Physik“.

I. Im ersten Teil der Arbeit werden nach Definition der Wellenbewegung ihre prinzipiellen Eigenschaften erörtert, und es wird gezeigt, daß diese Bewegungen physikalisch immer durch den Ausdruck

$$y = a \cdot \sin(x - vt)$$

zu interpretieren sind, wobei  $a$  die Amplitude und  $(x-vt)$  die Phase der Schwingung bedeutet.

Der Messung zugänglich sind meist nicht einfache Wellen, sondern Überlagerungen mehrerer, wie sie z. B. bei den Erscheinungen der Interferenz zu beobachten sind.

Nach einer Diskussion der Messungsgrundlagen wird eine Übersicht gegeben über die Größenverhältnisse in den einzelnen Bereichen des optischen und akustischen Spektrums, die in Tab. I für den Schulgebrauch zweckmäßig zusammengestellt ist<sup>1</sup>.

Tabelle I.

Elektromagnetische Schwingungen.		
	$\lambda$	
Härteste Gammastrahlen . . . . .	0,6	$\cdot 10^{-10}$ cm
Härteste Röntgenstrahlen . . . . .	0,6	$\cdot 10^{-9}$ „
Weichste Röntgenstrahlen . . . . .	0,3	$\cdot 10^{-7}$ „
Äußerstes Ultraviolett . . . . .	1,44	$\cdot 10^{-6}$ „
Violettes Ende des Sichtbaren . . . . .	3,3	$\cdot 10^{-5}$ „
Rotes Ende des Sichtbaren . . . . .	8,12	$\cdot 10^{-5}$ „
Längste Wärmewellen . . . . .	3,43	$\cdot 10^{-2}$ „
Kürzeste elektrische Wellen, gedämpft . . . . .	1,0	$\cdot 10^{-2}$ „
Kürzeste ungedämpfte elektrische Wellen . . . . .	2,4	$\cdot 10^{+1}$ „
Wellen der drahtlosen Telegraphie	2,4	$\cdot 10^{+1}$ bis mehrere 1000 m.
Schallwellen.		
	$\lambda$	
Obere Hörgrenze 20000 Hertz	etwa	1,5 cm
Untere Hörgrenze 16 „	„	19 m

Die exakte Messung einer Wellenlänge ist nur möglich, wenn eine Strahlung nur einer bestimmten Schwingungszahl vorhanden ist. Falls die Strahlungsquelle selbst nicht monochromatische Strahlen liefert, müssen diese aus einem größeren Wellenbereich ausgesondert werden. Man benutzt entweder die Dispersion der Strahlung und wählt bestimmte Spektralbereiche aus oder die selektive Absorption und Reflexion gewisser Substanzen bei Verwendung geeigneter Filter. Bei akustischen und elektrischen Wellen geschieht die Aussonderung gewöhnlich durch Resonanzerscheinungen bei Überlagerungen eines Suchtones bekannter Wellenlänge.

Relative Messungen werden im allgemeinen den absoluten vorgezogen, da mit ihnen leichter gute Genauigkeit erreicht werden kann. In jedem Gebiete hat man daher eine Anzahl „Normalen“ aufgestellt, das sind bestimmte Wellenlängen, die von fest definierter Strahlungsquelle stammen und von verschiedenen Forschern übereinstimmend genau gemessen worden sind. Damit werden die übrigen Werte verglichen.

II. Messungen an stehenden Wellen. Trifft eine fortlaufende Welle auf eine Stelle, die diese Bewegung nicht mitzumachen vermag, so wird die Bewegung reflektiert, es entsteht durch Überlagerung eine stehende Welle.

Die Wellenlängenmessungen beruhen alle auf Beobachtung des Abstandes der Schwingungs-

bäuche oder Knoten. Diese müssen also zunächst auf irgendeine Weise beobachtbar gemacht und dann gemessen werden.

Meßmethoden an stehenden Lichtwellen sind ausgearbeitet worden von O. WIENER<sup>1</sup> und K. LEISTNER<sup>2</sup>, an akustischen Wellen von F. A. SCHULZE<sup>3</sup>, N. SAVART und A. SEEBECK, A. KUNDT, G. QUINCKE<sup>4</sup>, von H. RUBENS und O. KRIGARMENZEL<sup>5</sup>. Stehende elektrische Wellen (von etwa 1 bis 10 m Länge) werden nach der Methode von E. LECHER gemessen.

Für Schulzwecke werden die Messungen an Lichtwellen wohl kaum in Frage kommen. Die Vorgänge werden von photographischen Platten aufgenommen, auf denen man Streifensysteme erhält. Stark belichtete Streifen rühren von den Bäuchen her und schwache von den Knoten. Der Abstand zweier Streifen beträgt eine Wellenlänge, kann aber der Kleinheit der Lichtwellen wegen nicht direkt gemessen werden. Man könnte sie zu indirekter Messung benutzen, d. h. als Beugungsgitter verwenden; die Ergebnisse würden aber ungenau und die Methode für Schülerversuche dadurch zu kompliziert und unübersichtlich.

Charakteristisch für die einzelnen Methoden ist: F. A. SCHULZE ließ den von einer Tonquelle abgestrahlten Schall an einer wagerechten Tischplatte reflektieren. Die Bäuche der Schwingungen wurden bestimmt durch das an diesen Stellen auftretende Mitschwingen von sandbestreuten Glimmerplättchen, welche langsam auf dem von der Schallquelle auf die Platte gefällten Lot entlang geführt wurden. Auf diese Weise ist es möglich, Wellenlängen bis zu einem Zentimeter herunter zu messen.

Ähnliche Versuche wurden ausgeführt von N. SAVART und A. SEEBECK. Hier wird als Indikator für die Lage der Knoten und Bäuche eine auf einen vertikalen Holzring gespannte Membran benutzt, deren Mitte ein leichtes, an einem Faden hängendes Kügelchen berührt. Mittels einer empfindlichen Flamme und einer GALTONSchen Pfeife kann man ebenfalls die Lage der Knoten und Bäuche finden, wenn man die Flamme zwischen Pfeife und reflektierende Tafel aufstellt, wobei die Tafel senkrecht zur Verbindungsgeraden von Flamme und Pfeife stehen muß.

Geht man von diesen Beobachtungen zu Messungen an stehenden Wellen innerhalb von Röhren über, so findet man weit einfachere und exaktere Methoden. Die Ergebnisse müssen aber kritisch gewertet werden, da die Wellenlänge in einer Röhre, deren Durchmesser nicht groß gegen die Länge der Röhre ist, von der im freien Raum verschieden ist. Die Wärmeabgabe an die Röhrenwand bewirkt, daß der Schallvorgang vom adiabatischen Prozeß des freien Raumes zum isothermen Prozeß übergeht. Im gleichen Sinne Energie entnehmend macht sich die, besonders

<sup>1</sup> Wied. Ann. 40, 203 (1890).<sup>2</sup> Ann. Physik 74, 325 (1924).<sup>3</sup> Ann. Physik 24, 785 (1907).<sup>4</sup> Poggendorffs Ann. 128, 177 (1866).<sup>5</sup> Ann. Physik 17, 149 (1905).<sup>1</sup> K. FÖRSTERLING: Lehrbuch der Optik, S. 18.

vom Röhrenmaterial abhängige, Schallabsorption der Wandung bemerkbar. Die Schallgeschwindigkeit verringert sich gegenüber den Werten im freien Raume.

Die Sichtbarmachung der Bauch- und Knotenstellen einer solchen akustischen Welle geschieht am besten mittels der KUNDTschen Staubfiguren. Leichtes Pulver, Korkpulver oder Lykopodiumsamen, sammelt sich an den Knotenstellen der Schallschwingung, deren Entfernung in einfacher Weise die Wellenlänge auszumessen gestattet. Die Erregung der Röhre erfolgt vorteilhaft durch einen longitudinal angeriebenen Stab, dessen Eigenton der Röhre übermittelt wird.

Auf ähnliche Weise mißt man Wellenlängen, nur bei subjektiver Beobachtung, an der Resonanzröhre von QUNCKE; in einem an der einen Seite offenen Rohr wird ein Stempel verschoben oder einfacher der Boden durch eine verstellbare Wasseroberfläche gebildet. Die Tonquelle befindet sich vor dem offenen Ende des Rohres. Die Intensität des Mitschwingens der Resonanzröhre wird durch einen an einem seitlichen Stutzen angebrachten Schlauch abgehört. Der Abstand zweier Maxima beim Verschieben des Stempels ergibt die halbe Wellenlänge. Eine Verstärkung der Maxima durch Mikrophone kann die Meßgenauigkeit noch erhöhen.

Ein an beiden Enden verschlossenes Rohr von veränderlicher Länge kann zu Resonanzschwingungen erregt werden, wenn die halbe Wellenlänge mit der Röhrenlänge übereinstimmt<sup>1</sup>. Als Schallquelle dient eine durch einen Elektromotor angetriebene Sirenscheibe im Rohr.

Dieser Gedanke, die Anregung einer im Rohr eingeschlossenen Gassäule zu stehenden Schwingungen, liegt auch den Arbeiten von H. RUBENS und O. KRIGAR-MENZEL zugrunde. Auf einer solchen Röhre, die mit brennbarem Gas gefüllt ist, sind eine Reihe kleiner Löcher angebracht, aus denen Flammen brennen. Knoten und Bäuche sind durch die verschiedene Höhe der Flammen markiert.

Ganz analog diesen Methoden mißt man Hertzsch Wellen von etwa 1 bis 10 m Länge nach der Methode von LECHER.

Aus einer fortlaufenden elektrischen Welle entsteht durch Reflexion eine stehende Welle, wenn die erste auf eine Stelle trifft, die ihre Schwingung nicht in demselben Sinne mitzumachen vermag; das ist eine Stelle, die einen anderen Wellenwiderstand hat. In der Leitungstheorie wird mit Wellenwiderstand die Größe  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  ( $L$  Selbstinduktion,  $C$  Kapazität) bezeichnet.

Daher bilden sich z. B. stehende Wellen, wenn man an die Elektroden einer Funkenstrecke zwei lineare Leiter mit isolierten Enden anschließt und sie mit Hilfe einer geeigneten Stromquelle ladet, bis an der Funkenstrecke ein Überschlag stattfindet. Während des Funkenüberganges ist die Stromstärke an den Elektroden am stärksten, an den Enden aber Null. An der Funkenstrecke

besteht also ein Bauch, an den Enden je ein Knoten der Stromwelle. Während des Stromüberganges ist die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden Null, an den Enden am größten. An der Funkenstrecke liegt also ein Knoten, an den Enden zwei entgegengesetzte Bäuche der Spannungswelle.

Das LECHERSche Drahtsystem besteht aus zwei parallelen, langen Drähten, deren Abstand groß gegen den Drahtradius und deren Länge groß gegen den Abstand ist. Für Wellen, die kleiner als 1 m sind, ist die Anordnung natürlich noch möglich, aber sehr empfindlich gegen äußere Störungen und daher zur Messung ungeeignet. Ein Schwingungskreis wird mit diesem Drahtsystem induktiv gekoppelt. Die Schwingung bildet sich längs des Doppeldrahtes maximal aus, wenn dessen Länge  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge der Schwingung beträgt, je nachdem das Drahtsystem beiderseits oder nur an einem Ende leitend überbrückt ist.

Die Resonanzbestimmung des Drahtsystems wird durch Änderung der Drahtlänge mittels eines längs der Drähte verschiebbaren Drahtbügels vorgenommen. Das Eintreten der Resonanz beobachtet man an der Ausbildung der Strom- oder Spannungsbäuche mit Hilfe von Indikatoren, die mit der Brücke in Verbindung stehen. Aus dem Abstand zweier oder mehrere Bäuche oder Knoten findet man  $\lambda$ .

Als Indikator läßt sich u. a. die GEISSLERSche Röhre verwenden, mit der die Schwingungsbäuche am stärksten Aufleuchten erkannt werden. Mit besonders empfindlichen Röhren sucht man besser die Strombäuche auf, wo das Aufleuchten ausbleibt. Bei ungedämpften Wellen sind zum Auffinden der Strombäuche auch 4-Volt-Glühlampen geeignet.

Bringt man einen beträchtlichen Teil der Doppelleitung (2 bis 3 m) in ein Glasrohr, das evakuiert werden kann, so sieht man unmittelbar das Gas abwechselnd leuchten und dunkel bleiben (L. ARONS). Der Wellenverlauf kann auch mit einem Bolometer, Thermolement oder Hitzdrahtamperemeter verfolgt werden, oder man koppelt in die Nähe der Strombäuche einen besonderen Detektorkreis.

III. Messungen an fortlaufenden Wellen. Zur Messung von Wellenlängen nehmen die Methoden, die mit fortlaufenden Wellen ausgeführt werden, den größeren Umfang an, da alle Wellenbewegungen von Natur aus fortlaufende sind und erst durch einen besonderen Kunstgriff zu stehenden gemacht werden müssen.

An erster Stelle stehen hier die auf Interferenz durch Reflexion oder Beugung beruhenden Methoden, die auf jedem Gebiet anwendbar sind. Für Schülerversuche sind sie fast alle gut geeignet, sofern nur ein einfaches Thermolement und die Apparate, die im Unterricht über die Interferenz des Lichtes (Hohlspiegel, planparalleler Glasplattensatz, Stufengitter, Drahtgitter usw.) gebraucht werden, zur Verfügung stehen<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Messungen von M. THIESEN: Ann. Physik 25, 506 (1908).

<sup>1</sup> Die einzelnen teuren Glasapparate dürften wohl leihweise zu bekommen sein.

Eine wesentliche Bedingung für das Zustandekommen der optischen Interferenzerscheinungen ist die Kohärenz. Kohärente Schwingungen stimmen in der Schwingungsform überein. Bei allen Veränderungen ihrer Phasen bleibt die Phasendifferenz zeitlich konstant, während sie bei inkohärenten Schwingungen in der Zeit einer Messung oft unregelmäßig hin und her schwankt. Kohärente Lichtstrahlen können nur aus einer und derselben Strahlungsquelle stammen, da die lichtsussendenden Moleküle keineswegs für beliebig lange Zeit Licht emittieren, sondern nur so lange, bis sie ihren Energievorrat verausgabt haben oder durch den Zusammenstoß mit anderen Molekülen gestört worden sind. Ein einzelnes Molekül sendet eine sinusförmige Welle von endlicher Länge aus. Um Interferenzen herzustellen, darf der Gangunterschied der interferierenden Strahlen nicht größer sein als die Länge des vom Molekül entsandten Wellenzuges, die für jedes Molekül verschieden ist. Soll für das Auftreten der Interferenz die relative Phase der beiden Strahlen während der Beobachtungszeit unverändert andauern, so müssen die interferierenden Strahlen von demselben Molekül herrühren.

Die zweite Bedingung für das Zustandekommen der Interferenz fordert, daß die Phasendifferenz der beiden Strahlen gleich einem Vielfachen von  $\lambda$  bzw. von  $\frac{1}{2} \lambda$  ist.

Die verschiedenen Interferenzmethoden unterscheiden sich dadurch voneinander, auf welche Weise die Strahlen mit Gangunterschied hergestellt werden. Man verfährt im allgemeinen so, daß man sich durch Reflexion an spiegelnden Flächen oder Beugung am Gitter Strahlen mit Gangunterschied herstellt, zur Interferenz bringt und entweder visuell oder photographisch oder mit Hilfe von Indikatoren beobachtet.

Als Indikator für kurze Wellen (Gamma- und Röntgenstrahlen) kann die Ionisationskammer verwendet werden; für Wärmestrahlen benutzt man ein Thermoelement oder ein Radiomikrometer, bei dem ein leichtes Thermoelement zwischen zwei Magnetpolen hängt und bei Bestrahlung einen Ausschlag gibt, oder auch ein Bolometer, in dem die widerstandsändernde Wirkung der Wärme in Metall eine Rolle spielt. Außerdem können ultrarote Strahlen durch die Tatsache angezeigt werden, daß sie die Fähigkeit haben, Phosphoreszenz zu vernichten.

Die Wellenlänge selbst kann bei den Interferenzmethoden leicht ermittelt werden, da der Gangunterschied der die Maxima bzw. Minima aufweisenden Strahlen einerseits ein Vielfaches der halben Wellenlänge ist und sich andererseits aus den jeweiligen Reflexionsbedingungen berechnen läßt. Bei der akustischen Meßmethode mit dem QUINCKESCHEN Interferenzverzweigungsrohr<sup>1</sup> kommt Interferenz auch ohne Reflexion zustande, nur dadurch, daß dem Schall zwei getrennte Wege vorgeschrieben werden, von denen der eine in seiner Länge geändert werden kann.

<sup>1</sup> F. KOHLRAUSCH: Lehrbuch der praktischen Physik.

Bei der Wiedervereinigung kommen die Wellenzüge zur Interferenz. Ebenfalls ohne Reflexion kommt Interferenz bei der Erscheinung der TALBOTSCHEN Streifen zustande. Die beiden interferierenden Strahlen durchlaufen jeder ein anderes Medium und erhalten daher ihren Gangunterschied.

Eine andere akustische Interferenzmethode, die Hohlspiegelmethode (MICHELSON), läßt die Schallwellen einer Tonquelle miteinander interferieren, die infolge von Reflexion verschieden lange Wege durchlaufen.

Am ausführlichsten ausgearbeitet sind die Interferenzmethoden für das sichtbare Gebiet der elektromagnetischen Wellen. Mit einigen Veränderungen kann man sie auch für weitere Teile des Spektrums anwenden. Zur Messung dienen Interferenzspektroskope und Gitter.

Als Interferenzspektroskope, zu denen man das Interferometer von A. MICHELSON, von A. FABRY und CH. PEROT, die LUMMER-GEHRKE-Platte und das MICHELSONSche Stufengitter rechnet, werden solche Apparate definiert, bei denen der Gangunterschied benachbarter Strahlenbündel viel tausend Wellen beträgt. Diese Instrumente besitzen ein Auflösungsvermögen, das dem der mächtigsten Gitter ebenbürtig oder überlegen ist. Ein erheblicher Nachteil ist dagegen, daß ihr Dispersionsgebiet, d. h. das Intervall zwischen Spektren aufeinanderfolgender Ordnung, also der größte Wellenlängenbezirk, der eindeutig analysiert werden kann, nur ein Bruchteil einer Å-Einheit ist. Deshalb kommen diese Apparate wesentlich für die Untersuchung der Feinstruktur einzelner Linien in Frage, die durch einen Monochromator aus dem Spektrum ausgewählt werden müssen.

Das grundlegende Prinzip dieser Methoden ist die Reflexion der Strahlen an einer planparallelen Platte. Die Interferenzfiguren entstehen im Gesichtsfeld eines auf unendlich eingestellten Fernrohres, wenn man es auf die von der Platte reflektierten Strahlen richtet. In jedem Punkte des Gesichtsfeldes interferieren praktisch nur zwei Strahlenbündel von nahezu gleicher Intensität miteinander, die als parallele Strahlen unter bestimmter Neigung von der Platte herkommen und von denen das eine Büschel an der vorderen, das andere an der hinteren Fläche der Platte reflektiert wird. Die Phasendifferenz der beiden interferierenden Strahlenbüschel wird demgemäß eine Funktion des Reflexionswinkels sein. Ist der Brechungswinkel  $\beta$ , das Brechungsverhältnis der Platte  $n$ , ihre Dicke  $d$ , so ergibt sich die Phasendifferenz zu

$$2dn \cdot \cos \beta = k \lambda,$$

wenn  $k$  die Ordnungszahl ist. Der Winkel wird mit einem Spektrometer gemessen.

Beim MICHELSONSchen Interferometer wirkt die Anordnung so, als ob Interferenzen an zwei ebenen Begrenzungen einer Luftplatte zustande kämen.

Zur Erzielung scharfer Interferenzstreifen muß das Reflexionsvermögen der Platten stark sein. Die Interferenzmaxima werden um so schärfer,

je mehr reflektierte Strahlen nahezu gleicher Intensität aus der Platte austreten. FABRY und PEROT erhöhen das Reflexionsvermögen dadurch, daß sie die Reflexion an dünnen Silberschichten stattfinden lassen, so daß sie in dem dazwischen liegenden Luftraum vor sich gehen. Um Zickzackreflexionen im Glas bei dieser Art unschädlich zu machen, wählt man die Platte etwas kegelförmig.

O. LUMMER benutzt die Tatsache, daß das Reflexionsvermögen in einem Körper in der Nähe des Grenzwinkels der totalen Reflexion nahezu den Wert 1 hat.

Das Reflexionsvermögen der magnetischen Schwingungskomponente parallel zur Einfallsebene ist größer als das der senkrecht zur Einfallsebene erfolgenden Schwingung. Die Interferenzstreifen werden also am schärfsten sein, wenn man mit einem Nicol arbeitet, um die magnetische Schwingung allein zu benutzen.

Die Anordnung von FABRY und PEROT bietet den Vorteil, daß man die Plattendicke stetig verändern kann, so daß stark verschiedene Wellenlängen verglichen werden können. Diese Anordnung wird stets benutzt für Linien, deren Wellenlänge man auf Tausendstel Å-Einheit sicherstellen möchte.

Als Material für die Platten kommt für sichtbares Licht Glas in Frage. Für Beobachtungen im Ultraviolett sind sie aus Quarz hergestellt worden. Um die durch die Doppelbrechung verursachten Doppelbilder zu vermeiden, muß man dann ein Nicol einschalten. Bei Verwendung von Quarz ist die Anordnung von FABRY und PEROT auch für tiefes Ultrarot geeignet, denn Quarz besitzt noch bei  $56 \mu$  ein relativ hohes Reflexionsvermögen.

Bei Interferenz- und Beugungsspektren höherer Ordnung ist die Spektrometerablesung genauer, da die Interferenzstreifen weiter ausgebreitet liegen. Sie sind aber leicht lichtschwach. Zur Erzeugung lichtstarker Spektren höherer Ordnung dient das Stufengitter von MICHELSON. Seine Wirkungsweise beruht auf der Tatsache, daß die Beugungsspektren höherer Ordnung durch Strahlenbündel mit großem Gangunterschied erzeugt werden. Der Gangunterschied der gebeugten Strahlen ist abhängig von der Dicke der durchlaufenden Platten. Bei den bisher erwähnten Methoden können Interferenzen höherer Ordnung zwar auch erreicht werden, sie liegen aber, abgesehen von der geringen Intensität, im Spektroskop sehr weit seitlich und sind daher kaum zu beobachten. Dieser Übelstand wird bei dem Stufengitter dadurch behoben, daß die gesamte gebeugte Intensität sich in einem kleinen Winkelbereich befindet. Daher sind die Beugungsbilder relativ sehr lichtstark.

Man kann das Stufengitter auch als Reflexionsgitter ausbilden, indem man z. B. die Glasplatten versilbert. Für sehr langwellige Strahlungen ist ein solches Reflexionsgitter aus Messung mit veränderlicher Stufenbreite von E. F. NICHOLS und J. D. TEAR<sup>1</sup> benutzt worden zur

Aussonderung und Messung bestimmter Wellenlängen.

Bei der Stufenbreite  $\frac{\lambda}{2}$  findet selektive Reflexion statt. Zwei solcher „echalons“ sondern in gekreuzter Stellung zueinander fast monochromatische Strahlung aus. (Mit diesem Stufengitter untersuchten NICHOLS und TEAR die Strahlung eines HERTZschen Oszillators von einigen Millimetern Länge.)

Das MICHELSONsche Stufengitter bildet den Übergang zu den eigentlichen Beugungsgittern, die ihrer großen auflösenden Kraft wegen zur Ermittlung der Wellenlängen in der Optik, das ultrarote und violette Gebiet eingeschlossen, und in der Akustik gute Resultate liefern. Die Wirkung des Beugungsgitters beruht auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Gitterstriche. Breite und Form der Striche werden ohne Einfluß auf den Beugungswinkel und machen sich nur sekundär geltend in der Intensitätsverteilung auf die Spektren verschiedener Ordnung.

Außer zur Messung der Röntgenwellenlängen arbeitet man immer mit eindimensional-periodischen Gittern. Die modernen optischen Gitter sind nach H. A. ROWLAND aus Spiegelmetalle eingritz, die entweder eben oder konkave Kugelschalen sind und als Reflexionsgitter verwendet werden. Im tiefen Ultrarot benutzt man ein aus Drahtstäben bestehendes Gitter (etwa bei  $50 \mu$ ). Auch Schallwellen bis  $\frac{1}{2}$  mm sind von W. ALTBERG<sup>1</sup> mit einem Gitter aus Stahl- oder Glasstäben gemessen worden.

Im Beugungsspektrum ist die Ablenkung des Spaltbildes direkt proportional der Wellenlänge. Dabei gilt für jedes Gitter

bei senkrechtem Lichteinfall:  $k \lambda = 2g \cdot \sin \beta$ ,  
bei schräger Inzidenz:  $k \lambda = 2g (\sin \beta - \sin \alpha)$ .

$g$  ist die Gitterkonstante,  $k$  die Ordnung des Spektrums,  $\alpha$  der Einfallswinkel,  $\beta$  der Beugungswinkel, der Winkel zwischen abgebeugtem Strahl und Gitternormale, bei Röntgenstrahlen der Winkel zwischen abgebeugtem Strahl und Gitterebene. Der Ablenkungswinkel wird wie bei den Interferenzmethoden mit dem Spektrometer gemessen.

Obige Gleichungen lehren, daß  $g > \lambda$  sein muß, aber auch nicht zu groß gegen  $\lambda$  sein darf.

Wäre nämlich  $g < \lambda$ , so wäre  $\frac{k \lambda}{g} > 1$ , könnte also nicht als Differenz zweier Sinus kleiner als 1 sein. Ist dagegen  $g \gg \lambda$ , so wird obige Differenz für mäßige Werte von  $k$  sehr klein, die Spektren 1., 2., ... Ordnung liegen, auf einem Schirm aufgefangen, dicht neben dem direkten Licht.

Zur Erzielung starker Intensitäten auch bei sehr langwelligen Strahlungen wird die Verwendung des „Echeletgitters“ von R. W. WOOD empfohlen.

Zur Messung im sichtbaren Gebiet benutzt man ebene und konkave Gitter aus Glas oder Spiegelmetall (68% Cu, 32% Zn), worin die Furchen mit dem Diamant geritzt sind. Reflexionsgitter

<sup>1</sup> Physic. Rev. **21**, 604 (1923).

<sup>1</sup> Ann. Physik **27**, 1050 (1907).

haben den durchsichtigen gegenüber den großen Vorteil, daß kaum Lichtstärke wegen Absorption verloren geht.

Bei großen Wellenlängen von einigen  $\mu$  reflektieren die meisten Metalle 90 bis fast 100%. Von  $15\mu$  bis etwa  $4000\text{ \AA}$ -E. übertrifft Silber alle anderen Reflektoren; für  $2700$  bis  $3300\text{ \AA}$ -E. empfiehlt sich Gold, Platin oder nichtrostender Stahl. Bei  $1800\text{ \AA}$ -E. ist das Reflexionsvermögen aller Metalle (bis auf Si) auf 20 bis 30% gesunken. Noch kürzere Wellen (bis etwa  $1200\text{ \AA}$ -E.) aus dem Schumanngebiet mißt man bei Verwendung einer Quarzoptik, im Lymangebiet bis  $510\text{ \AA}$ -E. mit Flußspatoptik. Hier vermeidet man auch die starke Absorption der Luft durch Arbeiten im Vakuum. R. MILLIKAN erreicht Messungen an einem konkaven Reflexionsgitter bis zu  $136\text{ \AA}$ -E. Nach der langwelligen Seite des Spektrums hin muß auch die Glasoptik des Spektralapparates durch Quarz, Flußspat, Steinsalz oder Sylvin ersetzt werden.

Im optischen Spektralbereich ist es üblich, bei senkrechtem oder leicht geneigtem Lichteinfall die Beugungserscheinungen zu beobachten. Läßt man aber Röntgenstrahlen nahezu senkrecht auf ein Gitter auffallen, so erhält man keine nennenswerte Reflexion oder Beugung, weil sie durch die Gitterplatte hindurchgehen, oder in ihr mehr oder weniger absorbiert werden. Um aber doch eine Beugung zu erreichen, muß man das Licht tangential auf das Gitter fallen lassen<sup>1</sup>. Der Brechungsindex jedes Materials ist für Röntgenstrahlen kleiner als 1, also der leere Raum optisch dichter als jede Substanz. Es gibt infolgedessen einen Winkelbereich der Totalreflexion, und zwar ist der Grenzwinkel stets klein. Handelt es sich z. B. um eine Spiegelplatte aus Glas, die Dichte 2,5 und  $\lambda = 8,3\text{ \AA}$ -E., so wird  $\varrho_t = 1^\circ 14'$ . Die Genauigkeit der absoluten Messungen liegt noch innerhalb der Fehlergrenzen der Kristallmethoden.

Zur Beobachtung der Beugungsbilder benutzt man auch hier den Vakuumspektographen unter Vermeidung jeglichen Schirmes, der die Intensität vermindern könnte. Mit zunehmender Härte der Strahlen und zunehmender Zahl der Gitterstriche (es werden 50 bis 1000 Striche pro Millimeter benutzt) nimmt die Interferenzfähigkeit stark ab. Die Erklärung dafür könnte in der zunehmenden Durchlässigkeit der angeritzten Oberflächenschicht des Glases gesucht werden<sup>2</sup>.

Bekanntlich gibt es 2 Theorien über das Zustandekommen der Röntgeninterferenzen an Kristallen, die von M. v. LAUE und W. H. und W. D. BRAGG. In der Arbeit sind eingehend die Grundlagen der beiden Theorien und ihre Unterschiede dargestellt. Da anzunehmen ist, daß in den Schulbibliotheken das Buch von P. P. EWALD:

<sup>1</sup> A. H. COMPTON: *Physic. Rev.* **20**, 84 (1922); J. THIBAUD: *Physik. Z.* **29**, 241 (1928); A. H. COMPTON u. R. L. DOAM: *Nat. Acad. Sci.* **11**, 558 (1925); A. P. R. WADLUND: *Physic. Rev.* **32**, 841 (1928).

<sup>2</sup> H. SEEMANN u. K. F. SCHOTZKY: *Z. Physik* **55**, 252 (1929).

„Kristalle und Röntgenstrahlen“ vorhanden ist, sei darauf hingewiesen, daß in diesem Werk die Grundlagen der Röntgenoptik derart übersichtlich dargestellt sind, daß sie selbst dem Schüler verständlich werden können.

Von prinzipieller Bedeutung ist, daß man für die Bestimmung der Wellenlängen die Kenntnis der Gitterkonstante voraussetzt. Ist die Struktur bekannt, so läßt sich  $d$  aus dem Molekulargewicht berechnen. Die Verbesserung der Messungen im Röntgengebiet (M. SIEGBAHN und Schüler) brachte es mit sich, daß die Ablenkungswinkel mit immer wachsender Genauigkeit gemessen werden konnten. Dagegen war es nicht möglich, die Genauigkeit der Berechnung von  $d$  in demselben Maße zu steigern, weil die LOSCHMIDTSche Zahl nicht genau genug bekannt ist. Man hat sich mit einer Normallinie geholfen, für die die LOSCHMIDTSche Zahl aus anderen Daten (MILLIKAN) möglichst genau berechnet wurde<sup>1</sup>. Ein Fehler rührt jetzt wesentlich her von dem Fehler des Millikanwertes. Die Möglichkeit, Röntgenstrahlen an mechanisch hergestellten Gittern mit bekannter Konstante messen zu können, ist also von größter Bedeutung. Auf dem umgekehrten Wege kann man über die als „Normale“ genommene Gitterkonstante des Kalkspats die LOSCHMIDTSche Zahl und die Elementarladung berechnen.

Die einzelnen Methoden der Röntgenspektroskopie beschäftigen sich mit der Messung des Ablenkungswinkels  $\vartheta$ . Da bei gegebenem Netzebenenabstand und einem bestimmten Reflexionswinkel nur eine ganz bestimmte Wellenlänge gemessen werden kann, variiert man den Winkel  $\vartheta$  und kann so ein Spektrum an derselben Kristallfläche ausmessen. Dies läßt sich experimentell auf verschiedenen Wegen erreichen.

W. H. BRAGG fand die Methode des Drehkristalls. Ein kleiner Kristall wird auf einen Goniometertisch im ausgeblendeten Strahlenbüschel gedreht, so daß nacheinander für alle Wellenlängen eines gewissen Bereiches die dazugehörigen Einfallswinkel vorhanden sind.

Bei der Kristallpulvermethode von DEBYE-SCHERRER und P. HULL werden die für die verschiedenen Wellenlängen des Spektrums erforderlichen verschiedenen Auffallswinkel durch die natürliche Unordnung des Kristallpulvers gegeben.

Ebenfalls ohne Drehung des Kristalls wird ein veränderlicher Auffallswinkel durch ein divergierendes oder konvergierendes Strahlenbündel erreicht (H. SEEMANN'S Schneidemethode).

Wegen der Durchdringungsfähigkeit harter Strahlen (Gammastrahlen) ist die genaue Lage der reflektierenden Schichten nicht mehr definiert und die scharfe Messung des Auffallswinkels unmöglich. Man läßt deshalb die Strahlung hindurchgehen. Der Spalt liegt hinter der Kristallplatte<sup>2</sup>.

Bei sehr weichen Strahlen, die in Luft absorbiert werden, muß der ganze Strahlengang im

<sup>1</sup> W. GROTRIAN: *Naturwiss.* **17**, 201 (1929).

<sup>2</sup> E. RUTHERFORD u. E. N. DE ANDRADE: *Phys. Mag.* **28**, 263 (1914); M. SIEGBAHN u. ED. v. JÖNSSON: *Physik. Z.* **20**, 251 (1919).

Vakuum angeordnet werden (Vakuumspektrograph SIEGBAHN, H. G. J. MOSELEY).

Bei allen genannten Methoden wurden die Interferenzkurven auf einem photographischen Film aufgenommen. Man kann aber auch den Film durch die Ionisationskammer ersetzen.

(Ähnlich wie die Beugung der Röntgenstrahlen ist auch die Beugung bewegter Elektronen an dünnen Folien von Gold und anderen Metallen gelungen<sup>1</sup>. G. P. THOMSON<sup>2</sup> erhielt bei solchen Versuchen die charakteristischen DEBYE-SOGERERSchen Beugungsringe.)

Neben den Interferenzmethoden wird über Meßmethoden berichtet, die auf Resonanz und Schwebung beruhen. Sie finden sowohl bei akustischen wie auch bei elektromagnetischen Wellen Anwendung. Ganz gute Ergebnisse für Schallwellen liefert der HELMHOLTZsche Kugelresonator<sup>3</sup>. Reflektierte oder fortlaufende Wellen werden mit einem Resonator, das sind meist abgegrenzte Luftmassen, abgetastet.

Für Messungen an elektromagnetischen Wellen in der Schule lassen sich am einfachsten die klassischen Versuche von H. HERTZ nachbilden. HERTZ arbeitete mit stehenden Wellen niedriger Frequenz, die durch Reflexion der von einem Oszillator ausgesandten Wellen an einer Metallwand zustande kamen. Sein Resonator war eine auf eine bestimmte Wellenlänge abgestimmte Drahtschleife.

Zum Nachweis von elektrischen Schwingungen hoher Frequenz können außer Resonatoren Detektoren verwendet werden, das sind Vorrichtungen, die für die Hochfrequenzschwingungen durch

<sup>1</sup> C. DAVISSON u. L. H. GERMER: *Physic. Rev.* 30, 705 (1927).

<sup>2</sup> G. P. THOMSON: *Proc. roy. Soc. Lond.* 117 (A) 600 (1928).

<sup>3</sup> H. HELMHOLTZ: *Lehre von den Tonempfindungen*, 4. Aufl. 1877. C. STUMPF: *Die Sprachlaute*. Berlin 1926.

Gleichrichtung empfindliche Galvanometer und Telephone anzuwenden gestatten.

Die übrigen in der Arbeit ausgeführten Methoden nehmen mehr Rücksicht auf die in der Technik erforderliche Genauigkeit als auf die Ausführbarkeit in Schülerversuchen.

Infolge ihrer guten Reproduzierbarkeit auch mit sehr einfachen Mitteln empfehlen sich auch die rein elektrischen Methoden: Der Umstand, daß ein OHMScher Widerstand in einem Wechselstromkreis (sofern man die Stromverdrängung vernachlässigen kann) von der Periodenzahl unabhängig ist, ein kapazitiver Widerstand mit zunehmender Periodenzahl sich verkleinert, während ein induktiver wächst, gibt Gesichtspunkte, die sich in verschiedener Weise für die Messung von Periodenzahlen oder der ihnen entsprechenden Wellenlängen benutzen lassen. So zeigen z. B. die Gleichungen für die Spannung  $e_L$  an einer Spule mit dem Selbstinduktionskoeffizienten  $L$  oder für die Spannung  $e_C$  an einem Kondensator mit der Kapazität  $C$

$$e_L = 2\pi\nu Li_L, \quad e_C = \frac{i_C}{2\pi\nu C},$$

daß bei gleichbleibendem Strom für die Bestimmung der Periodenzahl ein Spannungsmesser verwendet werden könnte. Dieses Ergebnis hat zum Bau von Hitzdrahtwellenmessern, hauptsächlich aber von dynamometrischen Wellenmessern geführt.

Zum Schluß der Arbeit wird noch eingegangen auf die indirekte Methode zur Messung von Wellenlängen auf Grund der EINSTEINSchen Beziehung

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV = h\nu.$$

Wenn es auch den Anschein hat, als ob Wellenlängenmessungen für die Schule zu anspruchsvoll sind, so zeigt sich doch nach der Beschäftigung mit diesem Stoff, daß sie geeignet sind, in anregender Weise den Schüler mit den theoretischen und auch den praktischen Grundlagen der modernen Physik vertraut zu machen.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Chemische Schülerversuche auf geschichtlicher Grundlage.** Von RUD. WUNDERLICH, Oldenburg i. O.

Im Jahre 1913 hat AD. KISTNER für „Physikalische Experimente auf historischer Grundlage“ geworben<sup>1</sup>. Er bezeichnete das Durcharbeiten geschichtlich wichtiger Versuche als einen guten Weg, um die Schüler zu der Einsicht zu führen, wie Kenntnisse gewonnen worden sind und gewonnen werden können, als einen besseren Weg als das Lesen der alten Arbeiten, weil bei diesen oft sprachliche Schwierigkeiten zu überwinden sind. Ich muß ihm auch für die Chemie zustimmen, obgleich ich das Lesen grundlegender Arbeiten durchaus nicht als überflüssig ausschließen möchte. Gegen den geschichtlichen Einschlag, der auch von den preußischen Richtlinien empfohlen wird, ist eingewendet worden: „In der Chemie sind geeignete Schriften, abgesehen von ganz alter

Literatur, schwer zu finden“<sup>1</sup>. Das ist ein Irrtum, der leicht behoben wird, wenn man sich in die Bände von OSTWALDS Klassikern der exakten Wissenschaften vertieft, die jede Schule in passender Auswahl trotz aller Sparmaßnahmen anschaffen könnte. Um nicht weitschweifig zu werden, begnüge ich mich hier mit dem Hinweis auf den Band Nr. 35: JACOB BERZELIUS „Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandteile der unorganischen Natur miteinander verbunden sind, 1811—1812“. Dabei setze ich allerdings voraus, daß BERZELIUS nicht etwa als „ganz alt“ abgelehnt wird, weil wir's doch schon so herrlich weit gebracht haben.

Die Chemie begann naturgemäß mit dem Sammeln rein eigenschaftlicher Stoffkenntnisse, die auf einer etwas höheren geistigen Stufe zu einem Einordnen der zuerst zusammenhanglosen

<sup>1</sup> Pädagog. Arch. 55, 296—307 (1913).

<sup>1</sup> Z. f. d. phys. u. chem. Unterr. 45, 281 (1932).

Einzelheiten unter gemeinsame Gesichtspunkte führten. Allmählich wurden die ablaufenden Vorgänge auch quantitativ betrachtet und gewertet. Das ist sicherlich schon sehr früh geschehen, denn auf den chemisch-technischen Tafeln aus der großen Bücherei des ASSURBANIPAL (668—626 v. Chr.) in Ninive wurden für die Glassätze gewichtsmäßige Vorschriften gegeben, die durchaus zweckentsprechend waren<sup>1</sup>. Zur Wissenschaft konnte die Chemie erst werden, als das gewichtsmäßige Verhalten der reinen Stoffe als wesentlich und entscheidend anerkannt wurde. Hierfür hat BERZELIUS mit seinen ausgedehnten Arbeiten eine so breite und feste Grundlage geschaffen, daß sein Werk niemals zu alt, sondern unvergänglich sein wird. Auf diese sichere Grundlage müssen wir zunächst einmal unsere Schüler stellen, bevor wir von neuzeitlichen Aufgaben mit ihnen reden können.

In der genannten, leicht zugänglichen Arbeit des BERZELIUS ist eine Fülle quantitativer Versuche zu finden, die wegen ihrer Einfachheit nach meiner langen Erfahrung auch für die Laboratoriumstätigkeit der Schüler geeignet sind. Die wiederholt gehörte Klage, es gäbe in der Chemie gar zu wenig billige, einfache und zuverlässige Schulversuche quantitativer Art, ist durchaus unberechtigt. Wo BERZELIUS Platintiegel verwendet, kommen unsere Schüler mit guten Probiergläsern aus. Die verbrauchten Stoffmengen sind gering. Außer den Probiergläsern bedarf man noch einer genügenden Anzahl Waagen, die auf cg genau sind. Auch BERZELIUS gab die Gewichte in der Regel nur auf cg genau an.

Für die Schule kann man folgende Versuchsreihen übernehmen: 1. Oxydation von Metallen auf dem Umweg über die Nitrate: Blei (S. 6, 7 und 50), Kupfer (S. 22), Eisen (S. 42), Zink (S. 80), Zinn (S. 176). 2. Zerlegen durch Hitze: braunes Bleioxyd (S. 8), Kaliumchlorat (S. 122), Bleinitrat (S. 129), Bleioxalat (S. 163), basisches Kupfercarbonat (S. 194). 3. Verbinden von Schwefel mit Metallen: Blei (S. 9 und 48), Kupfer (S. 20), Silber (S. 89). 4. Oxydation von Sulfiden zu Sulfaten: Blei (S. 11, 12 und 51). 5. Umwandeln von Carbonaten in Chloride (Sulfate): Barium (S. 14, 15, 24 und 25), Calcium (S. 77), Natrium (S. 110). 6. Umwandeln von Acetaten in Chloride: Natrium und Calcium (S. 180). 7. Chloride auf dem Umweg über die Nitrate: Silber (S. 24) (für Schüler wenig geeignet), Blei (S. 29). 8. Kristallwasser (S. 179 bis 184 und 198). Alle diese Versuche lassen sich leicht mit anderen Metallen und Salzen fortsetzen.

<sup>1</sup> Hierzu: ERNST DARMSTAEDTER: „Assyrische Chemisch-Technische Vorschriften und ihre Erklärung.“ Arch. f. Gesch. d. Math., d. Naturw. u. d. Technik 10, 72—86 (1927).

Solche gewichtsmäßigen Versuche werden in der Schule durch Gasmessungen ergänzt. Es ist besonders bemerkenswert, daß BERZELIUS während dieser großen Arbeit noch nicht im Messen der Gase geübt war, wie die Versuche auf den Seiten 42 und 80 bezeugen. Im ersten Fall ist die räumliche Messung im Gegensatz zu allen vorkommenden Gewichtsbestimmungen sehr ungenau. Überdies sind Temperatur und Druck und Wasserdampfspannung gar nicht berücksichtigt. Einige Jahre später bekannte BERZELIUS in seinem vierten Jahresbericht (S. 51), daß er beim Gasmessen den Fehler gemacht habe, die Temperatur außer acht zu lassen. Im zweiten Falle (S. 80) hat BERZELIUS auf das Messen des Gases überhaupt verzichtet. Auch beim Kaliumchlorat (S. 122) hat er davon abgesehen. Bei dieser Gelegenheit kann den Schülern sehr deutlich gemacht werden, daß die scheinbar einfachsten und selbstverständlichsten Dinge mühsam erdacht, erprobt und geübt werden müssen.

Beim Auswerten der Ergebnisse wird man ebenfalls über den Stand dieser Arbeit des BERZELIUS hinausgehen und auf den Fortschritt hinweisen, z. B. S. 77: 10 g kohlenaurer Kalk wurden in einem abgewogenen gläsernen Kolben in Salzsäure aufgelöst, abgedunstet und auch im Kolben gegliht bis zum Schmelzen. Das geschmolzene Salz wog 10,96 g. In 10 g kohlenaurer Kalk sind 5,64 g Kalk enthalten; also müssen 100 Th. geschmolzener salzaurer Kalk aus 48,54 Th. Säure und 51,46 Th. Kalkerde zusammengesetzt sein.“ BERZELIUS nahm an, daß CO<sub>2</sub> die eigentliche Kohlenäure sei, ein Gedanke, der im Volksmund und in der Technik noch nicht ausgestorben ist; er nahm weiter an, daß jedes Salz aus Metalloxyd und wasserfreier Säure zusammengesetzt sei, also kohlenaurer Kalk CaO · CO<sub>2</sub> aus CaO und CO<sub>2</sub>. Auch in der Salzsäure vermutete er ein Oxyd [Muriumoxyd, von *muria* (lat.) = Salzlake]. Infolgedessen deutete er sein Ergebnis so, daß in den 10,96 g Calciumchlorid die 5,64 g Calciumoxyd vorhanden seien, die aus den 10 g Calciumcarbonat stammen; der Rest von 5,32 g sollte die wasserfreie Salzsäure sein (Muriumoxyd). Wir deuten die Ergebnisse ganz anders: In 10 g Calciumcarbonat sind 4 g Calcium und 6 g der Gruppe CO<sub>3</sub>; den 4 g Calcium entsprechen im Chlorid (10,96—4) g Chlor. Das theoretisch zu erwartende Ergebnis wäre 11,08 g CaCl<sub>2</sub>,  $\left[ \frac{110,98 \cdot 10}{100,07} \right]$ , statt der gefundenen 10,96 g. Unsere Schüler können so hohe Genauigkeit zwar nur in Ausnahmefällen erreichen, aber sie bringen es wenigstens zu brauchbaren Werten, wie folgende Zahlen einer Arbeitsgemeinschaft zeigen. Verwendet wurden wasserklare Spaltstücke des Kalkspats.

Probierglas leer . . . . .	12,255	13,560	12,270	9,985	13,990	11,56
Probierglas mit Kalkspat . . . . .	12,980	14,740	13,060	10,895	14,955	12,62
Kalkspat . . . . .	0,725	1,100	0,790	0,910	0,965	1,06
Probierglas mit CaCl <sub>2</sub> . . . . .	13,050	14,830	13,115	10,945	15,035	12,74
CaCl <sub>2</sub> . . . . .	0,795	1,270	0,845	0,960	1,045	1,18



Es besteht für die Schule noch eine zweite Möglichkeit, die Zahlen nutzbar zu machen: Falls die Äquivalente des Chlors und der Gruppe  $\text{CO}_3$  bereits ermittelt worden sind, kann aus den gefundenen Größen das Äquivalentgewicht des Metalls bestimmt werden. Dabei zeigt sich, daß selbst ein so gutes Ergebnis wie das letzte der Schüler — 1,06 g  $\text{CaCO}_3$ , 1,18 g  $\text{CaCl}_2$  — nicht ausreichend ist. Es sind vorhanden:  $x$  cg Ca,  $y$  cg  $\text{CO}_3$ ,  $z$  cg Cl. Es gelten die Gleichungen

$$x + y = 106$$

$$x + z = 118$$

$$y : z = 30 : 35,5 \text{ (Verhältnis der Äquivalente).}$$

Sie liefern  $y = 65,5$  cg  $\text{CO}_2$ ,  $x = 40,5$  cg Ca. Daraus folgt für das Äquivalent des Calciums

$$405 : 265 = \text{Äq}_{\text{Ca}} : 30;$$

das Äquivalent ist  $\text{Äq}_{\text{Ca}} = 18,6$ , also erheblich zu klein. Wären jedoch nur 1,17 g  $\text{CaCl}_2$  gefunden worden, so würde das Äquivalent 23 errechnet werden, also viel zu hoch. Daraus ist ersichtlich, daß für diese Bestimmungen allerfeinste Waagen notwendig sind.

Es ist lehrreich, gelegentlich die Versuchsergebnisse des BERZELIUS durchzurechnen, obgleich damit die oft bekämpften stöchiometrischen Aufgaben wieder zu Ehren kommen. Schließlich müssen sie doch irgendwann einmal gelernt und geübt werden. Ich wähle zwei Beispiele, die mancherlei Unerwartetes zeigen:

„Ich löste 5,6 g eines dicken reinpolierten Eisendrahts in Salzsäure auf. Das aufgefangene Gas betrug 93 C.Z., und gab, nachdem es in Sauerstoffgas verbrannt worden war, mit Kalkwasser 0,225 g kohlen saure Kalkerde, welchen ein Gehalt von 0,279 g oder  $\frac{1}{2}$  Procent (genau 0,497 Procent) Kohlenstoff entsprechen. Die Auflösung gab nach dem Durchsiehen 0,005 g hellgraue Kieselerde. Fünf Gramm des nämlichen Eisendrahts in einem gewogenen gläsernen Kolben in Salpetersäure aufgelöst, zum Trocknen abgedunstet und gegläht, lieferten 7,19 g rothes Eisenoxyd, oder 43,8 Sauerstoff auf 100 Th. Eisen.“ (S. 42 Versuch 5.) Auf Sauerstoff gleich  $\frac{16}{2}$  bezogen sind das 18,26 Teile Eisen, während

die heute gültige Zahl für dieses Äquivalent 18,61 ist. Verblüffend wirkt, daß BERZELIUS auf dieser Seite zweimal gerade  $\frac{1}{10}$  Grammatom Eisen einwog, obgleich er das Atomgewicht noch gar nicht kennen konnte. (In der ersten Zeile des Versuchs 3 steht als Druckfehler 5 g statt 5,6 g. Solcher Druckfehler treten in der Abhandlung mehrere auf.) Erstaunlich ist ferner, daß BERZELIUS viel zu wenig Gas erhielt, während der Fehler des gewichtsmäßigen Ergebnisses nur 0,9% beträgt.

1 Pariser Zoll war 2,707 cm, ein Kubikzoll demnach 19,84 cm<sup>3</sup>. Statt der 93 Kubikzoll = 1845 cm<sup>3</sup> (Temperatur und Druck sind vergessen) wären bei 5,6 g Eisen (rein) jedoch 2240 cm<sup>3</sup> i. N. zu erwarten. Für den heute gültigen Wert  $C = 12$  enthielt das ausgefallene Calciumcarbonat 27 mg C; das Eisen enthielt also rund  $\frac{1}{2}$  C, genauer 0,482%. In der ersten Einwaage (5,6 g) waren enthalten: 0,027 g C, 0,005 g  $\text{SiO}_2$ , 5,568 g Fe.

Die 27 mg C binden 378 mg Fe zu Eisencarbid  $\text{Fe}_3\text{C}$ , so daß für die Wasserstoffentwicklung durch die restlichen 5,19 g Fe immer noch 2075 cm<sup>3</sup> i. N. zu erwarten wären; dazu kämen die Kohlenwasserstoffe aus den Carbiden.

Die „5 g des nämlichen Eisendrahtes“ enthielten 4,971 g Fe und 0,024 g C. Die Sauerstoffaufnahme im Eisenoxyd betrug also 2,190 + 0,024, zusammen 2,214 g. Entsprechend der Gleichung 2,214 : 4,971 = 8 :  $\text{Äq}_{\text{Fe}}$  finden wir hieraus das Äquivalent des Eisens im roten Eisenoxyd 17,96 (statt 18,61).

Aus dem zweiten Beispiel (S. 169 f.) ist ersichtlich, daß BERZELIUS das Äquivalentgewicht eines Metalls zu finden wußte, das zu jener Zeit noch kein menschliches Auge gesehen hatte. „Ich glühte nun 10 g dieser wasserfreien schwefelsauren Thonerde in einem gewogenen Platintiegel so lange, als sie unter Ausstoßen von schwefliger Säure etwas an Gewicht verloren; sie hinterließen 2,9934 g einer lockeren, sehr weißen und leichten Thonerde. Dieses Salz (die wasserfreie schwefelsaure Thonerde) muß also folgendermaßen zusammengesetzt sein:

Schwefelsäure	70,066	100,00
Thonerde	29,934	42,722

Wenn nun 42,722 Th. Thonerde 19,96 Th. Sauerstoff enthalten, so müssen 100 Th. Thonerde 46,726 Th. Sauerstoff in sich schließen.“ Auf das Äquivalentgewicht  $\frac{1}{2}$  O = 8 umgerechnet, fand BERZELIUS als Äquivalent des Aluminiums 9,12 (statt 8,99 nach heutiger Kenntnis).

Für unsere Schüler können wir die Rechnung etwa folgendermaßen gestalten: Von 10 g wasserfreiem Aluminiumsulfat  $\text{Al}_x(\text{SO}_4)_y$  blieben nach heftigem Glühen 2,9934 g  $\text{Al}_x\text{O}_y$  zurück. Je 80 g (nämlich 32 g S und 3 · 16 g O) des verjagten  $\text{SO}_3$  entsprechen 16 g O im zurückbleibenden Oxyd. Aus der Gleichung

$$80 : 16 = (10 - 2,9934) : z$$

folgt, daß in dem Oxyd  $x = 1,4013$  g Sauerstoff und 1,5921 g Aluminium enthalten waren. Das Äquivalentgewicht findet man aus der Gleichung  $1,4013 : 1,5921 = \frac{16}{2} : \text{Äq}_{\text{Al}}$ . Es ist hiernach  $\text{Äq}_{\text{Al}} = 9,09$ .

Wer die Arbeiten unserer Klassiker durchstöbert, wird nie um praktisch verwertbare, einfache Aufgaben verlegen sein.

**Karl Emil Gruhl** zur hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages.

Am 5. August 1933 ist ein Jahrhundert seit E. GRUHLS Geburt verflossen. Sein Name ist mit der Entwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Preußen für immer unlöslich verknüpft. Der ausgezeichnete Lehrer und hervorragende Führer auf bedeutsamen Gebieten in der preußischen Unterrichtsverwaltung, der lebenslang auf der Höhe seiner Wissenschaft geblieben ist, hat unserer POSKESCHEN Zeitschrift seit ihrem Bestehen durch 30 Jahre rege Teilnahme entgegengebracht und in zäher Beharrlichkeit an den Grundlagen gearbeitet, auf denen

schließlich die Staatliche Hauptstelle errichtet werden konnte. Pflicht der Dankbarkeit ist es, ein Gedenkblatt zur hundertsten Wiederkehr des Geburtstages dieses verehrungswürdigen Mannes zu entwerfen.

1918 ist im Leipziger Verlage O. R. Reisland das Buch von ALFRED G. MEYER erschienen: KARL EMIL GRUHL; ein Lebensbild. Die 126 Seiten umfassende Schrift stellt den Denkpruch an die Spitze: Es ist im Grunde eine sehr einfache Formel, die uns den Weg erschließt zum inneren Reichtum eines gehaltvollen Lebens. Sie heißt: Nicht uns selber leben. „Unser keiner lebt ihm selber.“ Dieses sehr lesenswerte Buch bietet ganz erheblich viel mehr, als sein Titel vermuten läßt. Der in liebevoller Verehrung und aufrichtiger Anhänglichkeit geschriebene Lebenslauf GRUHLS wird von der Geschichte des preußischen Schulwesens seit den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts umrahmt. Auch reizvolle kulturgeschichtliche Bilder aus noch nicht so lange hinter uns liegenden Zeiten findet man. MEYERS Darstellung bildet die Hauptquelle der vorliegenden Würdigung.

GRUHL wurde am 5. August 1833 zu Fraustadt in Posen geboren. Er stammte aus einer alteingesessenen Handwerkerfamilie. Nach kurzem Unterricht bei einem Vetter kam er 1840 in die Bürgerschule seiner Vaterstadt und 3 Jahre später auf die Kreisschule, wo die Fremdsprachen Latein, Polnisch und Französisch getrieben wurden. Hier begründete er sein sicheres mathematisches Können. 1847 wurde er in die Untertertia des Gymnasiums zu Lissa aufgenommen. Im März 1852 bestand er die Reifeprüfung. Besondere Neigung brachte er der Mathematik entgegen; sein Lehrer TÖPLIZ, der in Prima physikalischen Unterricht gab, führte ihn schon während der Gymnasialzeit privatim in die höhere Mathematik ein.

Ostern 1852 bezog GRUHL die Universität Breslau. Er hörte den Chemiker R. BUNSEN, den Physiker G. R. KIRCHHOFF, den Mathematiker E. E. KUMMER, trieb beschreibende Naturwissenschaften und allgemein bildende Studien und trat in die Burschenschaft der Raczeks ein. „Ich habe in Breslau nicht nur studiert, ich bin auch Student gewesen,“ schrieb er im Alter bei einem Rückblick auf sein Leben.

Michaelis 1853 ging er nach Berlin. L. DIRICHLET, K. W. BORCHARDT, J. STEINER waren hier seine Lehrer in der Mathematik, R. CLAUDIUS, H. DOVE, H. G. MAGNUS in Physik und der Begründer des Berliner Zoologischen Gartens M. LICHTENSTEIN in Zoologie. Neben den Fachwissenschaften vernachlässigte er aber die universitas literarum nicht. Im August 1856 legte er unter Mitwirkung von K. SCHELLBACH die Lehramtsprüfung ab und erhielt die Lehrbefähigung in Mathematik und Physik für alle Klassen, in philosophischer Propädeutik für Prima, in Deutsch für Mittelklassen, in Latein bis Quarta und für die Anfangsgründe im Griechischen.

Bis zum Antritt des Probejahres im Oktober 1856 am Gymnasium in Lissa unterrichtete GRUHL

in seiner Vaterstadt in der Vorschule der früheren Kreisschule, die nun Realschule hieß, und in der höheren Töchterschule. Während des Probejahres kam der Dezernent für den höheren Unterricht im Preußischen Kultusministerium, LUDWIG WIESE, nach Lissa. Er fand an GRUHL Gefallen, und auf seine Veranlassung wurde GRUHL eine Lehrerstelle am Gymnasium in Lyck zu Michaelis 1857 angeboten. Obwohl er sich bereits um eine ordentliche Lehrerstelle am städtischen Gymnasium in Greifswald beworben hatte, nahm er an. Kaum in Ostpreußen eingetroffen, erhielt er seine Berufung nach Greifswald. Mit WIESES Zustimmung verließ er Lyck nach halbjähriger Tätigkeit dort und kam Ostern 1858 in die Universitätsstadt Greifswald.

Direktor des Greifswalder Gymnasiums war ROBERT HEINRICH HIECKE, der auf GRUHL einen tiefen Einfluß ausgeübt hat. Als Mathematiker wirkten an der Anstalt J. O. GANDTNER und K. F. JUNGHANS, die auch als Verfasser von Schulbüchern bekannt geworden sind. An beide schloß GRUHL sich eng an. Als JUNGHANS nach Dortmund berufen wurde, trat H. LANGGUTH an seine Stelle, zu dem GRUHL in herzlichste Freundschaft trat. Zu dem angenehmen Umgang mit anregenden Kollegen kam die Annäherung an eine Anzahl Dozenten der Greifswalder Universität, wodurch GRUHL als Lehrer und in seiner Wissenschaft stark gefördert wurde. GANDTNER hatte Gutachten für die von WIESE geplante Neugestaltung des Realschulwesens zu bearbeiten. Daran nahm GRUHL lebhaften Anteil, so daß er die Unterrichts- und Prüfungsordnung vom Jahre 1859, die zwischen Realschulen 1. und 2. Ordnung und höheren Bürgerschulen unterschied, mitbeeinflußt hat.

Da in Greifswald keine Aussicht war, in absehbarer Zeit den Unterricht in Prima zu erhalten, kam GRUHL die Anfrage gelegen, ob er sich an der Realschule 1. Ordnung in Hagen in Westfalen um die Stelle eines ersten Oberlehrers und Prorektors bewerben wollte. Er hatte bisher nur an Gymnasien unterrichtet, und Realanstalten galten als Schulen untergeordneter Art. Trotzdem ging er darauf ein. In seinen Lebenserinnerungen urteilte er nach Jahrzehnten: „Ich habe es nicht zu bereuen gehabt, daß ich in den Dienst dieser Schulgattung getreten bin.“ Von Michaelis 1864 bis Ostern 1868 wirkte er in Hagen. Ihm fiel der mathematische Unterricht in den oberen Klassen und in Prima die Physik zu. Den Unterschied „zwischen dem hämmernden, rauchigen und rußigen Hagen“ und dem Musensitz Greifswald empfand er schwer, auch das Fehlen der Fülle wissenschaftlichen Lebens, das ihn in der Universitätsstadt so angeregt hatte. Aber sein schönstes Erlebnis fiel in die Hager Zeit. Im September 1867 vermählte er sich mit LUISE HIECKE, einer Tochter seines inzwischen verstorbenen Direktors in Greifswald. Diese Ehe wurde für ihn mehr als 46 Jahre hindurch die Quelle schönsten und immer zunehmenden Glückes. Unter den Freunden, die GRUHL in Hagen gewann, ist besonders CONSENTUS zu nennen, der später an der Technischen Hochschule in Berlin tätig war.

Ostern 1868 wurde GRUHL Direktor der Realschule zu Mühlheim a. d. Ruhr. 1852 war hier der Mathematiker W. GALLENKAMP Rektor geworden, der 1861 die Friedrichs-Werdersche Gewerbeschule in Berlin übernahm; ihm folgten der Pädagoge H. KERN, später Direktor des Königlichen Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums in Berlin, und dann kam der nachherige bekannte Provinzialschulrat KRUSE in Danzig. Mit der Realschule waren eine höhere Mädchenschule und eine Handwerker-Fortbildungsschule verbunden. Die Leitung der drei Anstalten verlangte den Einsatz einer bedeutenden Arbeitskraft. GRUHL brachte es fertig, nebenher noch Standesfragen und schulpolitische Aufgaben glücklich zu lösen. Die Besoldung der Mülheimer Lehrer wurde zu deren Zufriedenheit geregelt, und durch GRUHLs unmittelbares Eingreifen in die Realschulfrage konnten die Einflüsse gegen die Realschulen 1. Ordnung, die auf der vom Kultusminister FALK 1873 nach Berlin einberufenen Schulkonferenz von der gymnasialen Seite durch OSKAR JÄGER und von einer auf umwälzende Neuerungen bedachten Realschulmännergruppe unter Führung von OSTENDORF ausgeübt wurden, unwirksam gemacht werden. Übrigens war GRUHL dem Minister FALK persönlich gut bekannt. In Lyck, wo FALK junger Staatsanwalt gewesen war, hatten beide Wand an Wand gewohnt. In die Mülheimer Zeit fällt die Veröffentlichung von GRUHLs Sätzen und Aufgaben über die Parabel im Jahresbericht 1872. Ein Jahr später erschien seine GANDTNER gewidmete „Analytische Geometrie der Ebene“, zu der TÖPLITZ in einem Anhang 99 Aufgaben beigezeichnet hatte. Die noch vorhandenen zahlreichen Mülheimer Schulansprachen — der Krieg 1870/71 fällt in diese Zeit — geben nicht nur Aufschluß über GRUHLs Einstellung zu manchen pädagogischen und allgemeinen Fragen, sondern machen durch ihre tiefe Empfindung auch den nachhaltigen Eindruck des gütigen, von echter Vaterlandsiebe erfüllten Lehrers auf die ihm anvertraute Jugend verständlich. 1876 wurde GANDTNER in die „offenbar für Realschulen“ neu geschaffene Stelle eines dritten schultechnischen Rates für höhere Lehranstalten als vortragender Rat in das Preußische Kultusministerium berufen. Er nahm die Vorarbeiten für neue Lehrpläne der höheren Schulen und für eine neue Prüfungsordnung der Lehramtskandidaten in Angriff und holte dazu GRUHLs Vorschläge ein, besonders für die wissenschaftliche Prüfung in Mathematik und den Naturwissenschaften.

Als für 1878 in Barmen vorgesehen war, die dortige höhere Lehranstalt, die aus einem Gymnasium und einer Realschule 1. Ordnung unter einer Leitung bestand, in zwei völlig getrennte Schulen zu zerlegen, wurde der durch seine Erfolge in der ganzen Rheinprovinz bekannte Mülheimer Direktor aufgefordert, das Barmer Direktorat zu übernehmen. GRUHL trat im Herbst 1878 in diesen größeren Wirkungskreis ein, stellte aber bauliche Veränderungen für die Realschule zur Bedingung, wobei er auf die Verbesserung des chemischen Laboratoriums besonderes Gewicht legte. In

4 Jahren entwickelte GRUHL die Barmer Realschule zu einer der besten Anstalten des Rheinlandes. Es wurde ihm nicht leicht, die ehrenvolle Anfrage, ob er die Stelle eines Provinzialschulrats in Berlin zu übernehmen bereit sei, bejahend zu beantworten. Bedeutete doch der Entschluß, in den Verwaltungsdienst einzutreten, das Aufgeben der ihm ans Herz gewachsenen Lehrtätigkeit. Sein Nachfolger in Barmen wurde MÜNCH, mit dem er später wieder in Berlin zusammentraf.

Im September 1882 zog der ausgesprochene, aber doch maßvolle Vertreter der Realschule in das Berliner Provinzialschulkollegium ein. Dieser Zeitpunkt fällt mit der Veröffentlichung der Erlasse des Ministers v. GOSSLER zusammen, wodurch die neuen Lehrpläne und die Prüfungsordnung von 1882 in Kraft gesetzt wurden. Es gab nun in Preußen die neunjährigen Anstalten Gymnasium, Realgymnasium und lateinlose Oberrealschulen, die siebenjährigen Progymnasien, Realprogymnasien und Realschulen, endlich die lateinlosen sechsklassigen höheren Bürgerschulen. GRUHL trat in dem trotz der Neuordnung weitergehenden Schulkriege für ruhiges Ausproben der ergangenen Erlasse ein. Er verschaffte sich eigene Kenntnis von den Zuständen an den ihm unterstellten Anstalten durch häufige Besuche der Schulen, lernte die Direktoren und ihre Kollegien persönlich kennen, prüfte die eingereichten Lehrpläne gründlich und wirkte in unermüdlicher Kleinarbeit ungemein segensreich. Bei den Revisionen wohnte er nicht nur dem Unterricht bei, sondern ließ sich auch die Unterrichtssammlungen zeigen. Schon damals hatten die Finanzminister des Staates und der Städte nicht immer die offene Hand, die sich die Schulen mit ihrem Schulrat wünschten. GRUHL wußte aus seiner Lehrzeit, daß auch mit bescheidenen Mitteln so manches Tüchtige im naturwissenschaftlichen Unterricht geleistet werden konnte, und aus dieser Erfahrung heraus gab er unermüdlich nützliche Winke. Das hinderte ihn aber nicht, sich bei jeder Gelegenheit dafür einzusetzen, daß neue Hilfsmittel nach Möglichkeit für die Schule nutzbar gemacht werden müßten, um der Jugend eine Vorstellung von den Errungenschaften der Gegenwart zu geben.

1890 trat die vom Minister v. GOSSLER einberufene Dezemberkonferenz zusammen, an deren Eröffnungssitzung der Kaiser teilnahm. GRUHL gehörte nicht zu den geladenen Mitgliedern, wohl aber sein nächster Amtsgenosse KLIX vom Berliner Provinzialschulkollegium, ein eifriger Vorkämpfer des humanistischen Gymnasiums. Hier drohte dem Realgymnasium, der einstigen Realschule 1. Ordnung, zu GRUHLs besonderem Kummer die Vernichtung. Eine Freude für ihn war, daß FR. PAULSEN sich willenskräftig für die Erhaltung dieser Schulart einsetzte. Als nach mancherlei Wirren die neuen Lehrpläne 1891 erschienen, war das Realgymnasium geblieben. Den Abiturienten der Oberrealschule stand wieder der Zugang zur Technischen Hochschule und zum Studium der Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität offen.

Ich selbst habe aus meiner Schulzeit an einem Berliner humanistischen Gymnasium nur eine ganz allgemeine Erinnerung an GRUHL. Er kam in ziemlich regelmäßigem Wechsel mit KLIX als Kommissar zu den Abiturientenprüfungen, und wir Jungen rechneten uns schon in den unteren Klassen aus, ob wir bei GRUHL oder bei KLIX in das Examen kommen würden. Man wünschte sich GRUHL, denn KLIX war gefürchtet, und den voraussichtlich KLIXschen Kandidaten gab man den Rat, gut und gern einmal sitzen zu bleiben. Dabei stand aber GRUHL keineswegs in dem Rufe, sich mit minderwertigen Leistungen zu begnügen. Ihm wurde im Gegensatz zu KLIX väterliche Güte zugeschrieben, großes Wohlwollen gegenüber jedem Schüler und wahres Verständnis für alle inneren und äußeren Nöte. Als ich ins Abiturientenexamen kam, war KLIX kurz zuvor gestorben, und GRUHL, der vor seinem Übertritt ins Ministerium stand, bestellte den Direktor zum Prüfungskommissar.

Im Winter 1893/94 wurde GRUHL vertretungsweise als Hilfsarbeiter in die Zentralbehörde berufen. Für den Sommer 1894 trat er wieder ins Provinzialschulkollegium zurück, und im Oktober wurde er endgültig zum Vortragenden Rat im Kultusministerium ernannt unter Minister BOSSE. Er hatte die Provinzen Berlin-Brandenburg, Ostpreußen, Pommern und Posen, Sachsen und später auch Hessen-Nassau zu betreuen. Durch Reisen in die Provinzen suchte er wieder mit den seiner Aufsicht unterstellten Schulen Fühlung zu gewinnen. Dabei kümmerte er sich besonders um die Räume und die Sammlungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Zu seiner Freude sah er Anstalten mit stattlichen Lehrsälen und neuzeitlichen Einrichtungen; er fand aber auch Schulen mit so kümmerlichen Hilfsmitteln, daß z. B. physikalische Stunden so gut wie ganz ohne Versuche erteilt werden mußten. GRUHL sorgte nicht nur nach Möglichkeit für Besserung der Ausstattung, sondern gab auch eigene Anregungen zu behelfsmäßigen Geräten in Erinnerung an die Zustände, die er im Anfange seiner Lehrerlaufbahn recht gründlich kennen gelernt hatte. Das alte Schulmeisterblut blieb in ihm rege, so hoch er auch gestiegen war.

1900 berief Minister STUDDT die Junikonferenz, die weniger von pädagogischen und didaktischen Fragen als von dem alten Streit um die Berechtigungen beherrscht wurde. Nur wenige Schulmänner nahmen daran teil. Das Gymnasialmonopol fiel, und die Gleichwertigkeit der Vorbildung auf den drei Arten der Vollanstalten wurde anerkannt. Damit war das Ziel erreicht, wofür HIECKE und GANDTNER und mit ihnen GRUHL seit der Greifswalder Zeit gekämpft hatten.

Als Regierungskommissar erstattete GRUHL der Junikonferenz einen Bericht über den Unterrichtsbetrieb in Mathematik und Naturwissenschaften. „Es hat sich“, so führte er aus, „der Übelstand herausgestellt, daß in kleineren Orten den Lehrern vielfach Gelegenheit fehlt, Auskunft darüber zu erlangen, was für Apparate anzuschaffen sind, wie die etatsmäßigen Mittel am besten verwendet werden, wo die billigsten Preise,

die besten Bezugsquellen zu finden sind. Es ist daher angeregt worden, eine Auskunftsstelle für die naturwissenschaftlichen Lehrmittel zu schaffen, ähnlich wie vor einigen Jahren eine Auskunftsstelle für Lehrbücher eingerichtet worden ist.“ Im Anschluß an ein von B. SCHWALBE erstattetes Gutachten konnte er darauf hinweisen, daß nach zwei Richtungen hin schon Wesentliches erreicht sei: erstlich habe man durch Beschaffung und Vermehrung der Apparate und Lehrmittel sowie durch Einrichtung von botanischen Schulgärten, physikalischen Kabinetten und chemischen Laboratorien für den naturwissenschaftlichen Unterricht gesorgt, zum anderen sei für die wissenschaftliche Weiterbildung der Lehrer beider Fächer durch regelmäßig abgehaltene Kurse schon manches geschehen. Nach beiden Richtungen solle das Begonnene weitergeführt werden. Hier liegen die Wurzeln der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin, deren Gründung JOHANN NORRENBERG 1914 unter dem Minister v. TROTT zu SOLZ durchsetzte.

Im Anschluß an die Junikonferenz wurden die Lehrpläne und Lehraufgaben von 1901 fertiggestellt. Die für die Mathematik und die Naturwissenschaften gegebenen Anweisungen sind in ihrer endgültigen Fassung auf GRUHL zurückzuführen. Er hatte gelegentlich darauf hingewiesen, daß schon unscheinbare Änderungen unter Umständen ein Abweichen von der früher geübten Methode erforderten. Der sorgfältig abgewogene Wortlaut der Bestimmungen zeigt, wie gründlich der letzte Bearbeiter sich mit allen Belangen der von ihm vertretenen Unterrichtsfächer auseinandergesetzt haben mußte. In der Ausdrucksweise finden sich Wendungen, die schon ein Jahrzehnt zum eisernen Bestande der Führer gehörten, die in der POSKESchen Zeitschrift das Wort ergriffen hatten. Wenn F. POSKE 1901 im 14. Jahrgang seiner Zeitschrift in einer Würdigung der Lehrpläne und Lehraufgaben beim Hinweis auf solche Stellen schrieb: „... so dürfen wir darin wohl eine Anerkennung von Bestrebungen erblicken, die in dieser Zeitschrift seit ihrer Gründung zum Ausdruck gelangt sind,“ dann war GRUHL die Persönlichkeit, die solchen Vorarbeiten Beachtung geschenkt hatte.

Ostern 1904 trat GRUHL in den Ruhestand. „Es ist doch nicht ganz leicht, von einem langbestellten Arbeitsfelde Abschied zu nehmen“, schrieb er damals an seinen Sohn. Noch 13 Jahre war ihm ein otium cum dignitate beschieden. Er starb Ostersonntag, den 8. April 1917, während jenseits der Grenzen Deutschlands noch immer der Weltkrieg tobte.

EMIL GRUHL hat sich für die Aufgaben, die ihm in seinem langen und reichesegneten Leben zufielen, mit seiner ganzen Persönlichkeit eingesetzt. Hervorragend befähigt zum Verwaltungsbeamten in führender Stellung erfüllte er die übernommenen Pflichten mit altpreußischer Treue und der vollen Gewissenhaftigkeit seines Wesens. Die ihm näher standen, schildern ihn als äußerst zurückhaltenden Mann, der „gern sich gründlich ausschwie“, schlicht auftrat und Eitelkeit nicht kannte. Wenn er trotzdem zu den bedeutungs-

vollsten Ämtern emporstieg und hohe Auszeichnungen empfing, so wird er zur Herrschaft gelangt sein, weil er der Stärkste war. Sein rastloses Mühen um die Hebung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen in Preußen wirkt fort, und die Saat, die er ausgestreut, wird am Tage der Garben reifen.

*H. Matthée.*

**Richard Jahnke †.** Am 9. Mai 1933 starb im 66. Lebensjahre der Ministerialdirektor i. R., Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Dr. JAHNKE in Berlin-Lankwitz. Er leitete von 1919 bis Ende 1932 die Abteilung für das höhere Schulwesen im Preußischen Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung. Obwohl er nicht Naturwissenschaftler war, brachte er unserer POSKE-schen Zeitschrift und den von ihr vertretenen Unterrichtsfächern die größte Teilnahme entgegen. Seine genaue Kenntnis vieler Einzelheiten aus so manchem Hefte hat mich oft genug in freudiges Erstaunen versetzt, und wenn die Verfasser angenommener Beiträge beim Lesen der Fahnenkorrekturen häufig in ihren Handschriften Fremdwörter verdeutscht fanden, so waren die Anregungen dazu meist von dem Vorsitz der Deutschen Sprachvereins R. JAHNKE ausgegangen. Für das Schlußheft des 44. Jahrganges 1931 schrieb er einen warmherzigen Nachruf auf JOHANN NORRENBURG, den Gründer der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Im 34. Herbstferienlehrgang 1930 der Hauptstelle hielt er die eindrucksvolle Vorlesung: „Die deutsche Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht.“

In seiner schriftstellerischen Tätigkeit hat JAHNKE vielfach auf die naturwissenschaftlichen Lehrfächer Bezug genommen. Als Probe sei aus dem Büchlein „Von der Menschen Art und Unart“ die Stelle angeführt: „Bei der Beschäftigung mit der Mathematik, der Physik, der Chemie pflegt die Einprägung der Formeln als besonders trocken und unerfreulich empfunden zu werden. Und dennoch sind die Menschen auf nichts stolzer, als wenn sie ihre Erfahrungen, die Ergebnisse ihres Nachdenkens, auf irgend eine Formel gebracht haben. Daher alle die schönen Fremdwörter, wie das neuerdings so beliebt gewordene „Synthese“ und die zahllosen -ismen. — In der Wissenschaft sind Formeln nötig und nützlich, sonst sind sie schädlich und überflüssig. In den meisten Menschen steckt doch wohl der Irrtum, man habe ein Ding erkannt, wenn man ihm einen Namen gegeben habe, und um so besser, je kürzer dieser sei. Es ist ein Irrtum; denn wer alle Pflanzen mit ihren lateinischen und deutschen Namen zu benennen weiß, braucht darum von ihrem Leben auch nicht einen Deut zu wissen. Die Formelkrämer gleichen jenen Toren, die Museen nur daraufhin besuchen, daß sie in ihrem Bädeler jede Nummer als erledigt anstreichen können.“

Wenn es Dankespflicht ist, RICHARD JAHNKES zu gedenken, nachdem er von uns geschieden, so wollen wir aber der Mahnung eingedenk bleiben, die er in seiner „Mappe eines Glücklichen“ gegeben hat: „Hast du von einem andern Gutes

empfangen, so sprich nicht von Dankbarkeit, sondern sei dankbar und versuche, dankbar zu handeln.

*H. Matthée.*

**Richard Heyne †.** Nun weilt auch „der alte HEYNE“ nicht mehr in unserer Mitte. Am 2. Juni 1933 ist er im 82. Lebensjahre von uns gegangen.

Mitschüler von FRIEDRICH POSKE auf der Vorschule des Kgl. Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums in Berlin, durchlief er dieses Gymnasium bis zur Reifeprüfung, studierte Mathematik und Naturwissenschaften an der Berliner Universität, gehörte dem SCHELLBACHSchen Seminar als „Atom“ an und wirkte 40 Jahre lang ununterbrochen am Falkrealgymnasium in Berlin bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand. Eine Berufung als Direktor einer höheren Lehranstalt in Schöneberg hatte er abgelehnt.

1882 begründete HEYNE zusammen mit andern Berliner Physiklehrern den Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin, nach dessen Vorbild 1891 der große Förderungsverein ins Leben gerufen wurde. 23 Jahre leitete unser HEYNE den Berliner Verein in unermüdlicher Aufopferung für die beiden Hauptziele: Pflege des Zusammenhanges zwischen dem Schulunterricht und der wissenschaftlichen Forschung, sowie Vervollkommnung des Lehrverfahrens. Als er 1921 die Vereinsleitung jüngerer Händen anvertraute, wurde er zum Ehrenvorsitzer ernannt. Im Januar 1932 konnte er an der Feier des 50jährigen Vereinsbestehens noch persönlich teilnehmen, und hier kam die Liebe und Verehrung, die er sich in dem großen Kreise der Fachgenossen erworben, aufs lebhafteste zum Ausdruck.

Der Berliner physikalische Förderungsverein war es, an den POSKE am 23. Mai 1887 schrieb, daß geplant würde, eine selbständige „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“ erscheinen zu lassen. Kaum hatte der Verein seine Zustimmung erklärt und die Mitarbeit der Mitglieder an dem neuen Unternehmen zugesagt, als POSKE schon im August die Mitteilung machen konnte, daß am 1. Oktober 1887 die Zeitschrift ins Leben treten würde. Bei einem Rückblick auf diese Vergangenheit schrieb HEYNE 1925: „Damit war eine große Tat getan, eine Tat, die nur die richtig einschätzen können, welche die Entwicklung der Physik in dieser Zeit und das Streben der Lehrer, diese Wissenschaft den Schülern als etwas Wertendes zu bringen, mit durchlebt haben. In vorbildlich geschickter Weise gestaltete POSKE das Verhältnis der Zeitschrift zu dem Verein als dem Repräsentanten der Lehrer. Völlige Unabhängigkeit und doch die innere Überzeugung des gegenseitig Gebundenseins ließen eine freudige Schar von Mitarbeitern erstehen und ebenso freudig sich ergänzen. Möge der Geist, der die Zeitschrift schuf und zu ihrer Höhe führte, ihr auch ferner gewahrt bleiben zum Heile unserer Wissenschaft und unserer Jugend.“

Am naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstitut für Lehrer höherer Schulen, dem Vorläufer der Staatlichen Hauptstelle in Berlin, war HEYNE hervorragend tätig als Kursusleiter und Berater.

Auch der Hauptstelle selbst hielt er nachher unentwegt die Treue. Es war geradezu ergreifend, wie 1929 der 77jährige HEYNE bei der Eröffnung des 32. Herbstferienlehrganges der Staatlichen Hauptstelle seine Bereitwilligkeit erklärte, einen Lehrgang zu übernehmen, dessen Durchführung im letzten Augenblick unmöglich geworden war.

Die von B. SCHWALBE eingerichteten Veranstaltungen der Stadt Berlin zur Fortbildung von Lehrern der Naturwissenschaften leitete HEYNE später jahrelang. In äußerst geschickter Diplomatie wußte er seine nahen Beziehungen zu maßgebenden Persönlichkeiten dahin auszunutzen, daß die Bestrebungen zur Hebung des physikalischen Schulunterrichts Beachtung und die notwendige Unterstützung fanden. Freilich sind ihm dabei auch Enttäuschungen nicht erspart geblieben. Wenn Aufgaben, für deren Durchführung er der anerkannt geeignetste Mann war, nach manchem Hin und Her schließlich in andere Hände gelegt wurden, so kam er zu guter Letzt selbst darüber hinweg, und in solchen Fällen galt ihm der Humor als „Schwimmgürtel auf dem Strome des Lebens“.

Über dem Eintreten für seine Wissenschaft und seine Unterrichtsfächer vergaß HEYNE nicht, seine Kräfte noch sonst in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen. In Schöneberg bei Berlin, dessen Entwicklung vom Dorfe zur Großstadt der gebürtige Tempelhofer miterlebt und tätig gefördert hatte,

wurde er Stadtverordnetenvorsteher. Auch andere städtische Ehrenämter betreute er. Als in den letzten Jahren die Beschwerden des Alters ihn zwangen, nur mehr sich selbst zu leben, behielt er wenigstens noch eine Wirksamkeit in der kirchlichen Gemeindevertretung bei. Immer an der Arbeit!

Der Wunsch, den unsere Zeitschrift HEYNE zu seinem 80. Geburtstage am 7. Januar 1932 aussprach, ist nur für kurze Zeit in Erfüllung gegangen. Fortan fehlt diese schon äußerlich durch den wallenden „Rübezahlbart“ auffallende Persönlichkeit in unsern Reihen. Er hat segensreiche Arbeit geleistet im öffentlichen Dienst und im Kampf um Ziele, die der Stärkung und Vertiefung des physikalischen Schulunterrichts galten. Als Mensch ließ HEYNE Züge erkennen, die ihn liebenswert machten: tiefes Gemüt, Aufrichtigkeit des Herzens, Freundestreue, Frömmigkeit und fester Glaube ans Vaterland. Aufrecht schritt er durchs Leben, ernst und doch mit frohem Sinne, prüfend und vertrauend. Im Umgange mit ihm empfand man, daß dieser „richtige Berliner“ eine harmonische Natur war. Mit der Hochschätzung unseres Vorkämpfers verbinden wir die Zuneigung zu dem trefflichen Manne, der vorbildlich bleibt und sich in höchstem Maße die bleibende Dankbarkeit der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrwelt erworben hat.

H. Matthee.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Das Zugangsverzeichnis.** Aus der Praxis der Verwaltung physikalischer Sammlungen. Von Dr. E. MAEY in Bonn.

Im 45. Jahrgange dieser Zeitschrift S. 277 berichtet K. HAUSCHULZ über seine Erfahrungen mit der Kartei in der physikalischen Sammlung. Er weist mit Recht darauf hin, daß in der Wirtschaft und in der allgemeinen Verwaltung dieses Hilfsmittel wegen seiner großen Vorzüge sich längst durchgesetzt hat. Das gleiche gilt von einer anderen zweckmäßigen Verwaltungseinrichtung, auf deren Vorteile ich hier hinweisen möchte.

Nach den Vorschriften über die Verwaltung alles staatlichen Eigentums muß darüber ein Inventar geführt werden, worin jeder Gegenstand mit besonderem Zeichen geführt wird, das nach Möglichkeit auch an dem Gegenstande selbst anzubringen ist. Neben dem äußeren Zweck, daß das Vorhandensein der Inventarstücke leicht geprüft werden kann, soll dieses Inventar auch dazu dienen, daß ein in die Schule neu eintretender Fachgenosse sich schnell über den Bestand an Apparaten, die den ihm bevorstehenden Lehraufgaben dienen können, zu unterrichten vermag. Dazu muß das Inventar sachlich geordnet sein. Es so anzulegen, ist nur möglich, wenn eine mehr oder weniger vollständige Sammlung schon vorhanden ist. Wird dagegen eine Sammlung neu angeschafft, so ist dies ganz unmöglich. Statt dessen kann nur ein einfaches Zugangsverzeichnis mit fortlaufenden Nummern für alle Eingänge angelegt werden. Diese Nummern erhalten auch alle Posten der Rechnungen, worauf die Inventarisierung be-

scheinigt werden kann. Erst nach ein paar Jahren, wenn die Sammlung eine gewisse Vollständigkeit erreicht hat, kann die Aufstellung eines systematischen Inventars erfolgen. So habe ich es bei der Anlage der Sammlung am staatlichen Realgymnasium zu Remscheid im Jahre 1913 gehalten.

Aber auch wenn ein systematisches Verzeichnis schon vorhanden ist, empfiehlt es sich doch, ein Zugangsverzeichnis zu führen und die Zugänge nicht sofort in das systematische Verzeichnis einzutragen. Es genügt, wenn dies in gewissen Zeitabschnitten geschieht, etwa alle Jahre einmal.

Damit sind folgende Vorteile verbunden:

1. Die Übertragungen werden dann meist in einer besseren Anordnung möglich.
2. Die Führung des Zugangsverzeichnisses ermöglicht die schnellste Abfertigung der einlaufenden Rechnungen.
3. Sie gewährt jederzeit einen schnellen Überblick über die Ausgaben im laufenden Haushaltsjahre.

Im Zugangsverzeichnis ist außer der Zugangsnummer noch eine Spalte für die später einzutragende Inventarnummer vorzusehen, wie auch im Inventar die Zugangsnummer aufzunehmen ist. Dann genügt es, hier die Apparate ganz kurz zu bezeichnen. Alle übrigen wichtigen Bemerkungen über einen Apparat gehören in die Kartei.

Die anfängliche Mehrarbeit, die durch Führung des Zugangsverzeichnisses entsteht, wird sich ebenso wie die Anlage der Kartei durch bessere Ordnung und damit verbundene Zeitersparnis bald als lohnend erweisen.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik.** 11. Aufl. Vierter Band — erster Teil: Grundlagen der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus. Unter Mitwirkung von O. v. AUWERS, Berlin-Siemensstadt und H. HERRMANN, Berlin, bearbeitet von SIEGFRIED VALENTINER, Clausthal. Mit 744 Figuren im Text. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, A.-G. 1932. Preis: geh. RM 47,50; geb. RM 51.—.

Der 4. Band des MÜLLER-POUILLET'schen Lehrbuchs, der die gesamte Elektrizitätslehre umfaßt, bildet den Abschluß der 11. Auflage des Werkes. Die Elektrizitätslehre ist seit dem Erscheinen der vorigen Auflage (1909) nicht nur um die Kenntnis zahlreicher Einzeltatsachen und Theorien bereichert worden, sondern es sind auch größere, bis dahin völlig unerschlossene Teilgebiete neu hinzugekommen. Darüber hinaus haben die grundlegenden Anschauungen über die Natur der Elektrizität und des Magnetismus in manchen Punkten eine nicht unerhebliche Wandlung und Vertiefung erfahren. Da in einem so maßgebenden Lehrbuche, wie MÜLLER-POUILLET, diesem Ausbau unserer physikalischen Erkenntnis unter allen Umständen Rechnung getragen werden mußte, haben die Herausgeber und Bearbeiter naturgemäß eine beträchtliche Vergrößerung des Umfangs dieses „vierten Bandes“ vornehmen müssen. Sie lassen ihn jetzt in 4 Teilbänden erscheinen, bei denen im ersten Teilbande die Grundlagen der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus, im zweiten die technischen Anwendungen der Elektrizitätslehre (Elektrische Maschinen, Kraftübertragung, Telegraphie und Telephonie), im dritten die elektrischen Eigenschaften und Wirkungen der Elementarteilchen der Materie und im vierten die elektrischen Eigenschaften der Metalle und Elektrolyte und die magnetischen Eigenschaften der Materie behandelt werden. Dementsprechend ist natürlich auch die Zahl der Bearbeiter größer geworden. Ganz besonders um pädagogischen Forderungen gerecht zu werden, werden in dem vorliegenden ersten Teilbande der Elektrizitätslehre hauptsächlich die Grundtatsachen und die klassischen Theorien dargestellt. Der Stoff ist darin in 3 Abschnitte gegliedert, welche die Überschriften tragen: 1. Konstantes elektrisches Feld, 2. konstantes elektromagnetisches Feld. 3. langsam veränderliches elektromagnetisches Feld. In den ersten Abschnitten dieses ersten Teilbandes hat sich der Bearbeiter S. VALENTINER mehrfach an die Bearbeitung der vorigen Auflage angeschlossen, obwohl Abweichungen von der früheren Stoffeinteilung und Erweiterungen durch tieferes Eingehen auf die MAXWELL'sche Theorie und eine ausführlichere Behandlung moderner Meßinstrumente und Meßmethoden erforderlich wurden. Während in der vorigen Auflage bei der mathematischen Behandlung noch gewisse Kompromisse zwischen der Denkweise der höheren Analysis und der mehr elementar-mathematischen Betrachtung geschlossen wurden, werden in der neuen Auflage, sobald

es erforderlich erscheint, durchweg die Hilfsmittel der höheren Analysis benutzt. Das MÜLLER-POUILLET'sche Lehrbuch war von jeher für Studierende und Lehrer der Physik in erster Linie die Quelle, aus der sie in Fällen des Zweifels ihre Orientierung schöpften. Diese Aufgabe wird der vorliegende erste Teilband der Elektrizitätslehre in der neuen Form in noch höherem Maße erfüllen. Wünschenswert wäre allerdings gewesen, daß der Bearbeiter Apparate, die ihm für eine wissenschaftliche Durchdringung zu unwichtig erschienen, einfach fortgelassen hätte. Der Elektrophor und die HOLTZ'sche Influenzmaschine erster Art (ohne Metallbelegungen) sind für eine wissenschaftliche Elektrizitätslehre gewiß recht belanglose Dinge und könnten ohne Beeinträchtigung des Ganzen ohne weiteres fortgelassen werden. In dem vorliegenden Teilband sind aber die unzureichenden Erklärungen dieser Apparate, die wohl schon für manchen Lehrbuchverfasser maßgebend waren, aus der früheren Auflage offenbar ohne eingehende Nachprüfung übernommen worden. Der Hartgummi-Kuchen eines Elektrophors wird, wenn er auf der einen Seite mit Fell gepeitscht wird, auf beiden Seiten negativ. F. C. G. MÜLLER gibt in seiner physikalischen Technik an, daß es für die Schüler verblüffend wirkt, wenn man nach Umkehrung der Gummiplatte zeigt, daß die Versuche dann (ohne erneutes Peitschen) ebenso schön ausfallen. Bei der genannten HOLTZ'schen Maschine sind die Löcher in der feststehenden Scheibe nicht bloß dazu da, um das Hindurchragen der Papierspitzen zu ermöglichen, sondern um an dieser Stelle die Bindung aufzuheben, welche die Ladung der auf beiden Seiten gleichnamig geladenen rotierenden Scheibe seitens der Ladung der feststehenden Scheibe erfährt. Die Tatsache, daß eine nichtleitende Platte, die auf einer Seite elektrisch gemacht wird, auf der anderen Seite die gleichnamige Ladung zeigt, und auch beide Ladungen verliert, wenn sie auch nur auf einer Seite entladen wird, um deren Erklärung sich schon RIESS in seiner Elektrizitätslehre bemüht, dürfte sich durch Heranziehung der Polarisation des Dielektrikums unschwer erklären lassen. Die Erklärung der Erscheinung, daß die HOLTZ'sche Maschine bei fehlendem „Diagonalkonduktor“ versagt, wenn die Kugeln der Funkenstrecke so weit auseinandergezogen sind, daß keine Funken mehr überspringen, ist ebenfalls unbefriedigend. Wenn keine Funkenbildung mehr auftritt, findet auch kein nennenswerter Elektrizitätsübergang von den Spitzenkämmen auf die rotierende Scheibe statt. Diese wird also von diesem Augenblick an bei den Spitzenkämmen, wie es sonst geschieht, nicht mehr umgeladen, behält also fast vollständig ihre mitgebrachte Ladung und führt diese durch die nächste Papierspitze der zugehörigen Papierbelegung zu, wodurch diese neutralisiert wird.

Diese kleinen Mängel, die sich einfach durch Fortlassung der genannten Apparate hätten vermeiden lassen, tun natürlich dem Werte des auf

so hoher Warte stehenden Werkes nicht im geringsten Abbruch. Nur vom Standpunkte des Schulmanns aus, der in diesem Buche auch den sicheren Führer für die den elementaren Schulunterricht angehenden Dinge sehen möchte, werden sie empfunden.

Im Sinne einer Modernisierung des Unterrichts in der Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus wäre zu wünschen, daß für die Bibliotheken durchweg die Möglichkeit geschaffen würde, diese neue Auflage zu erwerben. *Steindel.*

**Müller-Pouilllets Lehrbuch der Physik.** 11. Auflage. Vierter Band. Zweiter Teil. Technische Anwendungen der Elektrizitätslehre (elektrische Maschinen, Kraftübertragung, Telegraphie). Bearbeitet von H. DECKER, Berlin-Tempelhof, E. FLEGLER, München und G. MÖLLER, Hamburg. Herausgegeben von SIEGFRIED VALENTINER, Clausthal. Mit 441 Figuren im Text. Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Akt.-Ges., Braunschweig 1932. Preis geh. RM 30,—; geb. RM 33,—.

Kurz nach der Herausgabe des ersten Teilbandes der Elektrizitätslehre, der die Abschnitte: 1. Konstantes elektrisches Feld, 2. Konstantes elektromagnetisches Feld, 3. Langsam veränderliches elektromagnetisches Feld enthält, ist nun auch der zweite Teilband erschienen, der die Abschnitte umfaßt: 1. Elektrische Maschinen und Kraftübertragung, 2. Schnell veränderliches, elektromagnetisches Feld. Die bedeutungsvolle Entwicklung der Elektrotechnik und der Telegraphie und Telephonie in den letzten beiden Jahrzehnten veranlaßte den Herausgeber und die Bearbeiter, eine starke Erweiterung und völlige Umarbeitung der betreffenden Abschnitte der vorigen Auflage vorzunehmen. Im Hinblick auf die didaktische Aufgabe des Werks und um den Umfang nicht noch weiter zu vergrößern, erstrebten die Bearbeiter mehr eine streng systematisch übersichtliche Gestaltung des Stoffes als eine erschöpfende Behandlung. Das Buch soll ja kein rein technisches Werk, sondern nur ein physikalisches Lehrbuch sein, das dem Leser die Fähigkeit vermitteln will, sich in die modernen Betrachtungsweisen der Technik hineinzufinden. Das Buch geht deshalb auch nicht auf Einzelheiten der Konstruktion und Ausführung der Maschinen und Apparate ein, sondern knüpft die mathematischen Deduktionen in der Hauptsache an schematische Zeichnungen an. Obwohl dadurch an Raum natürlich gespart wird, so muß doch festgestellt werden, daß in dem Bande eine ungeheure Menge Stoff gebracht wird, und für jeden, der sich eingehend mit der physikalisch-mathematischen Theorie der elektrischen Maschinen, der Kraftübertragung, der Telegraphie und Telephonie mit Draht und ohne Draht zu befassen hat, dürfte das Buch geradezu eine Fundgrube für Zwecke der Orientierung sein. Man könnte vielleicht sogar die Frage aufwerfen, ob in dem Buche in bezug auf Berücksichtigung technischer Einzelheiten des Guten nicht zuviel getan worden ist. Der Herausgeber und die Bearbeiter haben sich aber offenbar

von der Absicht leiten lassen, den Kreis der Benutzer dieses Werkes zu erweitern. Jeder, der sich nicht besonders eingehend mit den mathematischen Theorien der in dem vorliegenden Bande behandelten Vorgänge befaßt hat, und dem bewußt ist, daß die Erfahrungen aus der Praxis meist der mathematischen Durchdringung vorausgeeilt sind, wird beim Lesen des Bandes erstaunt sein, wieviel Scharfsinn in den letzten Jahrzehnten aufgewendet worden ist, um diese Vorgänge mathematisch einzufangen und sie dadurch zu beherrschen. Schon bei einem scheinbar einfachen Vorgange, z. B. einem Telefongespräch über eine größere Entfernung, kann der Laie nicht einmal ahnen, welche gewaltige geistige Arbeit geleistet werden mußte, um ein solches Gespräch mit der heute erreichten Deutlichkeit zu ermöglichen. Das Werk, das mit einer klaren Darstellung in diese Vorgänge hineinleuchtet, wird fraglos die führende Stellung, die es bisher hatte, weiter behaupten. *Steindel.*

**Physik.** 1. Teil. Mechanik, Astronomie, Wärmelehre. Von Prof. FRANZ KAROLLUS, Brünn. 3., zum Teil geänderte Auflage. Mit 263 Figuren und 7 Tafeln. Brünn 1932. Verlag Rudolf M. Rohrer. Preis RM 4.25.

Der vorliegende Band ist der 1. Teil eines Unterrichtswerkes, der durch einen Erlaß des Ministeriums für Schulwesen und Volkskultur in Prag zum Unterrichtsgebrauche für die Oberklassen der Mittelschulen mit deutscher Unterrichtssprache in der Tschechoslowakei allgemein zugelassen ist. Das Buch bringt in systematischer Anordnung eine schulgemäße Darbietung der im Titel angegebenen Gebiete der Physik. Die Darstellung, die auch den Differentialquotienten benutzt, vom Begriff des Integrals aber absieht, zeichnet sich durch besondere Klarheit aus. Die in der Physik gebräuchlichen Fremdwörter werden in Fußnoten nach ihrer Herleitung erklärt. Dem historischen Bedürfnis des Unterrichts wird dadurch Rechnung getragen, daß bei den bedeutenderen Persönlichkeiten in Fußnoten Angaben über den Lebensgang und die wissenschaftlichen Leistungen gemacht werden und den größeren Abschnitten kurze Kapitel „Geschichtliches“ angehängt sind. Am Schluß sind dem Buche eine Sammlung von 183 Rechenaufgaben und 7 Tabellen angefügt. Daß die physikalischen Schülerübungen ganz unberücksichtigt geblieben sind, kann ich nicht als einen Mangel des Buches bezeichnen, da die Übungen sich doch nach dem vorhandenen Apparatenbestande der betreffenden Anstalt richten müssen und einen verallgemeinerten Zuschnitt gar nicht verlangen.

Auf einige Stellen, mit denen ich nicht ganz einverstanden bin, sei aufmerksam gemacht:

Die Uhrenhemmung in der Form der Fig. 117, die man übrigens auch in vielen anderen Lehrbüchern findet, ist praktisch unbrauchbar. Das erkennt jeder, der einmal versucht hat, eine Hemmung selbst herzustellen. Die Darstellung von Ebbe und Flut (§ 95) bleibt in dieser Form mindestens für den Schüler unverständlich. In



bezug auf den Luftdruck will mir scheinen, daß der Versuch von TORRICELLI der Lehre vom horror vacui noch nicht den Boden völlig entzog. Das geschah meines Erachtens erst durch die von PASCAL veranlaßte Beobachtung, daß auf einem hohen Berge das Quecksilber in der TORRICELLISCHEN Röhre tiefer als im Tale steht. PASCALS Mitwirkung bei der Einführung der Lehre vom Luftdruck dürfte also nicht übergangen werden. Eine Erörterung des MAGNUS-Effekts ohne Benutzung des Begriffs der Strömungslinien erscheint mir nicht angängig. Da der Glasgower Universitätsmechaniker JAMES WATT zu seinen Verbesserungen der Dampfmaschine bei der Reparatur eines Modells der NEWCOMENSCHEN Maschine angeregt wurde, scheint es mir für ein Lehrbuch unerläßlich zu sein, die Vorläuferin der WATTSCHEN Maschine etwas eingehender zu behandeln und vor allem auch eine schematische Abbildung anzufügen. Der Begriff der Entropie scheint mir über die Grenzen der Schulphysik hinauszugehen. Hin und wieder fällt ein Ausdruck auf, der in Deutschland nicht eingebürgert ist, so z. B. wenn gesagt wird, daß ein fester Körper während des Schmelzens keine Temperaturerhöhung erfährt, bis er zur „Gänze“ geschmolzen ist, oder wenn gesagt wird, ein Körper „beinhalte“ die Wärmemenge  $Q$ .

Im ganzen genommen haben wir aber in dem Bande ein ausgezeichnetes Lehrbuch vor uns, das in den Händen der Schüler ein gutes Förderungs- mittel für den Physikunterricht sein wird.

*Steindel.*

**Ergebnisse der Übungsaufgaben aus dem Lehrbuch der Physik.** Von Dr. KARL ROSENBERG. Sechste Auflage. 16 Seiten. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky A.G. Preis S —,70 und WUSt, RM —,45.

Das Heft enthält die Ergebnisse zu den Übungsaufgaben aus der Ausgabe K des bekannten Lehrbuchs. Diese Ausgabe ist für den Gebrauch in den oberen Klassen der österreichischen Mittelschulen und verwandten Anstalten bestimmt und auf Grund der Lehrpläne vom Jahre 1928 in der 13. Auflage erschienen. Der darin vorgenommenen Umgestaltung sind auch die Aufgaben und das jetzt erschienene Lösungsheft angepaßt. Die Lösungen sind übersichtlich angeordnet und geben bei schwierigeren Aufgaben nicht nur die Ergebnisse, sondern auch den Gang der Lösung an.

*Hauschulz.*

**Statistische Mechanik.** Von R. H. FOWLER. Übersetzt und teilweise bearbeitet von O. HALPERN und H. SMEREKER. Leipzig 1931. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Mathematik und ihre Anwendungen in Monographien und Lehrbüchern, Bd. 8. Begründet von E. HILB, herausgegeben von E. ARTIN. 594 Seiten und 17 Fig. Preis brosch. RM 34.—; geb. RM 36.—.

Das FOWLERSCHE Werk kann wohl als das Lehrbuch der physikalischen Statistik gekennzeichnet werden. Es umfaßt alle grundlegenden statistischen Methoden der Physik. Das Ver-

ständnis wird in stärkstem Maße gefördert durch die außergewöhnlich große Zahl Anwendungsbeispiele, welche die Darstellung beleben. Die mathematische Methodik ist die DARWIN-FOWLERSCHE, deren Eignung und Eleganz bei der in diesem Buche angewandten konsequenten Durchführung vielleicht besonders klar wird. Sehr zu begrüßen ist die an zwei Stellen gegebene knappe Darlegung des Zusammenhangs der DARWIN-FOWLERSCHEN Sattelpunktmethode mit der alten BOLZMANNNSCHEN Berechnungsmethode mittels der STRLINGSCHEN Formel. Im ersten Kapitel werden die Grundannahmen der physikalischen Statistik entwickelt. Es folgt die Gleichgewichtstheorie für ideale Gase, für Kristalle und Körper mit klassischer Mechanik, mit Anwendungen auf die spez. Wärme von Gasen und einfachen Kristallen. Es wird dann eine Verallgemeinerung der Theorie für die Erscheinungen der Dissoziation und Verdampfung gegeben. Statistik und Thermodynamik. Theorie der nichtidealen Gase. Theorie der thermionischen Erscheinungen. Dielektrizitätskonstante und magnetische Permeabilität. DEBYE-HÜCKELSCHES THEORIE. Dann einige Kapitel von besonders astrophysikalischem Interesse: Gesamtheiten von Atomen, Ionen und Elektronen. Probleme einer Gasatmosphäre. Anwendungen auf das Innere von Sternen. Die letzten Kapitel sind wieder von besonderem Interesse für den Atomphysiker: Wechselwirkungsmechanismen; Stoßprozesse. Chemische Kinetik in Gasen. Wechselwirkungsmechanismen, Strahlungsprozesse. Die neue statistische Mechanik.

Die Übersetzung verdient vollste Anerkennung. Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich. Denjenigen, die ein tieferes Interesse für die statistischen Methoden in der Physik haben, sei dieses grundlegende Werk wärmstens empfohlen.

*Hiedemann.*

**Die allgemeine Zerstreung des Lichtes.** Antrittsvorlesung von FELIX JENTZSCH. 24 Seiten. Jena: Gustav Fischer 1933. Preis RM 1,20.

Man hat noch vor wenigen Jahrzehnten viel Mühe darauf verwandt, völlig klare, wie man sagte, optisch leere, durchsichtige Stoffe herzustellen. Die heutige Kenntnis von der Struktur der Stoffe gibt uns die Einsicht, daß jenes Bemühen vergeblich sein muß, lehrt uns aber auch, aus den unvermeidlichen Resten von Streulicht und aus seiner Beschaffenheit neue Schlüsse auf die Struktur der Stoffe zu ziehen und sogar Zahlenwerte zu gewinnen. Der ungeheuer weite Bereich von Wellenlängen läßt aus derselben Ursache Erscheinungen entstehen, die zunächst als verschieden gedeutet wurden und nun zu einem einheitlichen Rüstzeug der Forschung zusammengefaßt werden können.

Diese Zusammenhänge werden in der Vorlesung in höchst einfacher Form ohne Voraussetzung irgendwelcher Fachkenntnis dargestellt, so daß auch der Fernerstehende eine anschauliche Vorstellung von diesem Forschungszweig erhält. Die Schrift ist für Schüler durchaus verständlich und für den Lehrer lesenswert.

*Vn.*

**Atomtheorie und Naturbeschreibung.** Vier Aufsätze mit einer einleitenden Übersicht. Von NIELS BOHR. IV u. 77 Seiten. Berlin: Julius Springer 1931. Geh. RM 5,60.

Das vorliegende Heft enthält außer der einleitenden Übersicht vier Aufsätze, von denen die 3 ersten 1929 auf dänisch in einer Universitätsjahresschrift erschienen sind. Der erste Artikel, „Atomtheorie und Mechanik“, ist ein 1925 auf dem skandinavischen Mathematikerkongreß in Kopenhagen gehaltener Vortrag. Der zweite, „Das Quantenpostulat und die neuere Entwicklung der Atomistik“, ist 1927 bei der Feier des hundertjährigen Todestages von VOLTA in Como vorgetragen worden. Der dritte, „Wirkungsquantum und Naturbeschreibung“, ist 1929 in den „Naturwissenschaften“ (zu PLANCKs 50jährigem Doktorjubiläum) erschienen. Der vierte endlich, „Die Atomtheorie und die Prinzipien der Naturbeschreibung“, ist ein 1929 auf der skandinavischen Naturforscherversammlung gehaltener Vortrag.

Gerade der Umstand, daß die Aufsätze, die sämtlich in klarer und anschaulicher Sprache geschrieben sind und aus berufenster Feder stammen, zu verschiedenen Zeiten entstanden sind, läßt die Entwicklung der Quantentheorie sehr gut erkennen. Die Gelegenheiten, zu denen sie entstanden sind, machen es verständlich, daß mathematische Formeln nicht in ihnen gebraucht werden. Daß verschiedene Fragen in jedem der vier Aufsätze immer wieder beleuchtet werden, jedesmal von etwas anderer Seite, macht die Lektüre um so reizvoller. Besonders in den beiden letzten Arbeiten werden auch die philosophischen Fragen der Quantentheorie herausgestellt, insbesondere die Frage der Kausalität und der grundsätzlichen Beeinflussung jedes Vorgangs durch das Meßinstrument. Vorsichtig, aber doch klar und deutlich weist der Verfasser auf die Zusammenhänge hin, die zum Problem der Willensfreiheit und zu den Vorgängen in den lebenden Organismen führen.

Das anziehende, klare und viel gebende Buchlein sei jedem bestens empfohlen. *Lamla.*

**Über Indeterminismus in der Physik.** Ist die Naturwissenschaft milieubedingt? Zwei Vorträge zur Kritik der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Von E. SCHRÖDINGER. Leipzig 1932. Verlag von Johann Ambrosius Barth. 62 Seiten und 5 Figuren im Text. Preis kart. RM 3,60.

In dem ersten der beiden, im besten Sinne gemeinverständlichen Vorträge wird mit vorbildlicher Klarheit das sog. Kausalitätsproblem der neuen Physik dargelegt. Der Inhalt des modernen physikalischen Indeterminismus, der in der HEISENBERGschen Unbestimmtheitsrelation eine exakte quantitative Formulierung gefunden hat, wird an einfachen Beispielen erklärt. Es folgen sehr interessante Anmerkungen über das Verhältnis zur klassischen Mechanik, über die Problematik der Determiniertheit in dieser, über die Grenzen der Anwendbarkeit des Differentialkalküls, über frühere Möglichkeiten, aus einer

Kritik der statistischen Gesetzmäßigkeiten die Erkenntnis zu gewinnen, wie FRANZ EXNER, daß die Annahme des absoluten Determinismus in der Physik keine notwendige ist, sowie endlich über die Problematik der Begriffe des materiellen Punktes, des Ortes und der Bahnkurve in atomaren Dimensionen. Im zweiten Vortrag wird zunächst ausgeführt, wie stark auch in der objektiven exakten Naturwissenschaft das subjektive Moment ist. Das jeweils herrschende Interesse übt bestimmenden Einfluß auf die Richtung der Forschung aus, wobei das Interesse selbst wieder nicht von dem vorliegenden Beobachtungsmaterial, sondern von den Gedanken darüber bestimmt wird. Moden in der Forschung. Am Beispiel griechischer und abendländischer Wissenschaft wird der Einfluß der Kultursphäre auf die Wissenschaft dargelegt. Zuletzt folgen Ausführungen über den Ausdruck der geistigen Strömungen unserer Zeit in der Naturwissenschaft. Neue Sachlichkeit in Kunst und Wohnkultur und auch in der Physik und andere fesselnde Parallelen. Wie man aus der Inhaltsangabe sieht, enthält der zweite Vortrag sehr viel von der Gedankenwelt SPENGLERS. Der große Wert der SPENGLERSchen Betrachtungen über den Geist der Physik in den verschiedenen Kulturen tritt gerade an dem Beispiel dieses Vortrages besonders hervor, wo einer der bedeutendsten Fachphysiker zwar neue und äußerst geistreiche Parallelen zieht, die Tiefe der SPENGLERSchen Ausführungen aber wohl kaum übertrifft.

Man muß dem Verfasser für die Veröffentlichung dieser Vorträge dankbar sein. Ihre anspruchslose, natürliche Form und die logische Exaktheit auch bei der einfachsten Erklärung bereiten eine ungetrübbte Freude, die man sich nicht entgehen lassen sollte. *Hiedemann.*

**Der Glaube an die Weltmaschine und seine Überwindung.** Von H. DINGLER. Verlag Ferdinand Enke in Stuttgart, 1932. 48 Seiten. Preis geh. RM 2,50.

Nach einem interessanten historischen Überblick über die Entstehung der Vorstellung von der Weltmaschine, deren Idee so formuliert werden kann, daß die Welt nach in ihr selbst liegenden mathematischen und logischen Gesetzen zwangsläufig abläuft, zieht der Verfasser als Konsequenzen dieser Idee: Völlige Determiniertheit, Aufhören der Freiheit, Sinnloswerden der Ethik, Materialismus im weiteren Sinne. Er versucht den Nachweis, daß die philosophischen Grundlagen dieser Auffassung teils falsch, teils sehr problematisch sind. Das Wesen der Naturgesetze ist für ihn ein Universalienproblem. Das Induktionsprinzip ist kein gültiger Satz, sondern eine der problematischen Lösungen dieses Problems. Versuche, die Existenz der Naturgesetze außer uns nachzuprüfen, führen immer zu einer Weltmaschine. Die Naturgesetze liegen in uns. Die Weltmaschine besitzt außer uns keine Realität, sondern ist nur unsere Behandlungsform der Natur. Damit werden die Konsequenzen aus der Weltmaschine sinnlos.

Die aus einem Vortrag entstandene Schrift beabsichtigt, in einer breiteren Öffentlichkeit das gekennzeichnete Problem darzustellen. Ein näheres kritisches Eingehen ist bei diesem Zwecke des Buches wohl nicht erforderlich. Der Inhalt bringt neben vielem Richtigen mehr, dem heftig widersprochen werden muß. Zwar sind in der Darlegung die persönlichen Gedanken des Verfassers stark in den Vordergrund gerückt, aber bei kritischer Einstellung wird man aus der Schrift manche wertvolle Anregung schöpfen können.

*Hiedemann.*

**Die Logik der heutigen Physik.** Von PERCY W. BRIDGMAN. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von WILHELM KRAMPF. Mit einer Einführung von H. DINGLER. Verlag Max Hueber in München, 1932. 186 S. Gr. 8°; broschiert RM 4.80; geb. RM 6.30.

Der bekannte Theoretiker der Harvard-Universität liefert in diesem Werk einen wichtigen und äußerst anregenden Beitrag zur kritischen Grundlagenforschung der Physik. Seine philosophische Grundhaltung, die er selbst als Empirismus bezeichnet, ist wohl mehr ein positivistischer Pragmatismus. Die Anschauung der modernen Physik, daß physikalische Begriffe nur so weit sinnvoll seien, als sie der experimentellen Messung zugänglich sind, kommt bei BRIDGMAN in manchmal extremer Weise zum Ausdruck. Die Meßhandlungen-Operationen sind für ihn gleichbedeutend mit dem durch die Operationen festgelegten Begriff. BRIDGMAN zeigt an dem berühmten Beispiel der Relativitätstheorie die Notwendigkeit der Prüfung physikalischer Begriffe vom operativen Gesichtspunkt. Sinnvolle Definition der „Gleichzeitigkeit“ durch die Meßhandlungen in der speziellen Relativitätstheorie. Die von EINSTEIN begonnene Kritik der physikalischen Begriffe nach ihrem operativen Inhalt müsse konsequent durchgeführt werden, um sinnlose Begriffe und das Aufwerfen sinnloser Probleme in der Physik zu vermeiden. Es sollen keine Begriffe mehr angewendet werden, die nicht durch Operationen adäquat definiert werden können. BRIDGMAN beabsichtigt nicht eine strenge Analyse der physikalischen Grundbegriffe vom operativen Standpunkt aus durchzuführen, sondern er will nur die Wege dazu skizzieren. So behandelt er die Begriffe des Raumes, der Zeit, der Kausalität, der Identität, der Geschwindigkeit und der Masse, der Energie und der Thermodynamik, der Elektrizität, des Lichtes, der Relativitätstheorie und der Quantentheorie. Die souveräne Beherrschung des physikalischen Tatsachen- und Theorienmaterials gestalten das Lesen seiner Ausführungen zu einem besonderen Genuß. Der sorgfältige Übersetzer hat durch zahlreiche Anmerkungen denjenigen Lesern, die ein so hohes Niveau physikalischer Betrachtung weniger gewohnt sind, das Verständnis sicher wesentlich erleichtert. Auch wer dem Verfasser nicht immer beistimmen kann — die Auffassung der Synonymität von Begriff und zugehörigen Operationen geht entschieden zu weit, um nur

ein, aber das vielleicht wichtigste Beispiel herauszugreifen —, wird mindestens viele neue Anregungen gewinnen. Die große Klarheit, mit der BRIDGMAN seinen operativen Standpunkt entwickelt, gestatten eine warme Empfehlung seines Buches auch an solche, die den modernen Problemen der Physik ferner stehen. Obwohl das Buch vor mehreren Jahren geschrieben wurde und manche der angeschnittenen Probleme bereits weitgehend geklärt sind — es sei z. B. auf CARNAP, REICHENBACH und SCHLICK verwiesen —, ist es im besten Sinne modern. Der Preis ist bei vorzüglicher Ausstattung erfreulich niedrig.

*Hiedemann.*

**Einführung in die theoretische Kinematik, insbesondere für Studierende des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und der Mathematik.** Von REINHOLD MÜLLER. VII u. 124 Seiten, 137 Abbildungen im Text. Verlag von Julius Springer, Berlin 1932. Preis RM 6.80.

Das Buch ist, wie der Verfasser im Vorwort ausführt, aus den Vorlesungen entstanden, die er während einer Reihe Jahre als ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt hauptsächlich für Studierende des Maschinenbaus und der Elektrotechnik, daneben aber auch für Mathematikstudenten gehalten hat. Die Entstehungsweise bringt es mit sich, wie ja auch aus dem Titel hervorgeht, daß kein umfassendes Werk der Kinematik entstanden ist, sondern eine Einführung in die theoretischen Zusammenhänge unter Anwendung der vermittelten Erkenntnisse auf die wichtigsten Getriebemechanismen des praktischen Maschinenbaus. Die vorwiegend auf geometrischer Anschauung fußenden Ableitungen sind klar und leicht verständlich. Die Beschränkung in der Stoffauswahl kann als Vorzug des Buches gewertet werden. Sie erleichtert dem Studierenden und Praktiker das Eindringen in ein Wissensgebiet, das, gemessen an seiner Bedeutung für den Konstrukteur, bisher leider wenig verbreitet ist.

Bei der Stoffgliederung wird zunächst von grundlegenden Sätzen über die Bewegung eines starren ebenen Systems in seiner Ebene ausgegangen. Das zweite Kapitel behandelt die Krümmungsmittelpunkte der Bahnen. Es folgt die Behandlung von Relativbewegungen in der Ebene und der zyklischen Kurven in Anwendung auf Verzahnungen. Selbstverständlich wird das Kurbelgetriebe mit seinen Abarten in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Ein Kapitel über die Beschleunigungsverhältnisse in der Ebene bildet den Abschluß der ebenen Bewegungslehre.

Im siebenten und letzten Kapitel werden die Grundzüge der Theorie der Bewegung eines starren räumlichen Systems entwickelt.

Das Buch kann dem Studierenden der Mathematik und der einschlägigen technischen Fächer sowohl als auch dem konstruktiv tätigen Ingenieur in gleicher Weise empfohlen werden.

*Holm.*

**Der Zündverzög bei flüssigen Brennstoffen,** von Dr. Ing. HARTNER - SEBERICH. Heft 299 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure. 23 Seiten, 22 Abbildungen im Text und 8 Zahlentafeln. Berlin, VDI-Verlag, G. m. b. H. 1928. Preis broschiert RM 3.75, für VDI-Mitglieder RM 3.35.

Das Bestreben der Drehzahlsteigerung bei Dieselmotoren muß sich vor allem darauf richten, den sog. Zündverzög möglichst zu verkleinern. Hierunter versteht man die Zeit von der erfolgten Brennstoffeinspritzung in die hochverdichtete heiße Luft des Brennraumes bis zur Entzündung der eingespritzten Brennstoffmenge. Die vorliegende Forschungsarbeit sucht die Wirkung der Haupteinflussfaktoren, wie der Luftdichte, Temperatur und des Bewegungszustandes der Luft auf die Größe des Zündverzöges festzustellen. Die Messungen werden in einer druckfesten Bombe vorgenommen, in der die Verhältnisse der laufenden Maschine möglichst nachgeahmt werden. Daneben werden auch abweichende Zustände untersucht. Die sehr sinnreiche Versuchseinrichtung wird beschrieben. Für die theoretische Auswertung der Versuchsergebnisse stellt Prof. Dr. Ing. NEUMANN durch rechnerische Untersuchung des Temperaturverlaufes im Brennstofftropfen einen Beitrag zur Verfügung. Die Versuchs- und Rechengenergebnisse liefern dem Motorenfachmann wertvolle Fingerzeige bezüglich der Vorgänge in Dieselmotoren und werden daneben auch den Thermodynamiker im allgemeinen interessieren. *Holm.*

**Untersuchung der von Spritzvergäsern gelieferten Zerstäubung** (Heft 312 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens). Von Dr.-Ing. J. SAUTER. Din A 4, IV/30 Seiten mit 72 Abbildungen und 2 Zahlentafeln. Brosch. RM 5.50, für VDI-Mitglieder RM 5.—. VDI-Verlag, G. m. b. H. Berlin NW 7, 1928.

Die Brauchbarkeit der Spritzvergäser von Vergäsermotoren hängt in hohem Maße von der Feinheit der erreichten Brennstoffvernebelung ab. Das gilt vor allen Dingen bei der Verwendung schwer vergasbarer Brennstoffe, wie z. B. Petroleum. Deshalb hat der Verfasser die Feinheit der Zerstäubung dieses Brennstoffes in verschiedenen Vergäsern untersucht. Daneben sind noch Vergleichsversuche mit Wasser durchgeführt worden. Die Feinheit der Zerstäubung, ausgedrückt durch die mittlere Tröpfchengröße, wird aus der Schwächung eines den erzeugten Gemischnebel durchdringenden Lichtstrahles photometrisch bestimmt und errechnet.

Auf die genaue Beschreibung der Versuchseinrichtung folgt die Zusammenstellung der mit 4 verschiedenen Vergäsern erhaltenen Ergebnisse in einer Reihe aufschlußreicher Zahlentafeln und Kurvenbilder. Von den sich aus den Versuchen ergebenden Schlußfolgerungen für die Praxis ist besonders hervorzuheben, daß die Feinheit der Zerstäubung von großem Einfluß auf die Menge des an den Wandungen der Saugleitung kondensierenden Brennstoffes ist, daß

man hinter dem Vergäser nicht so sehr auf hohe Luftgeschwindigkeit zu sehen braucht, daß der einfache Eindüsenvergäser die beste Zerstäubung liefert usw. Das alles sind Wirkungen der Vergäser allein, losgelöst von den Besonderheiten des Motors. *Holm.*

**Mehrfachfunkenaufnahmen von Explosionsvorgängen nach der Toeplerschen Schlierenmethode.** Von Dr. Ing. WERNER LINDNER in Dresden. Heft 326 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure. 18 Seiten, 31 Abbildungen. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin 1930. Preis broschiert RM 4.—, für VDI-Mitglieder RM 3.60.

Der Verfasser beschreibt eine sehr sinnreiche Apparatur und mit ihr durchgeführte Versuche zur Untersuchung des Verhaltens und Fortschreitens von Flammenfronten bei Explosionsvorgängen, die durch elektrischen Zündfunken eingeleitet werden. Die Versuchseinrichtung ermöglicht Einzelaufnahmen des Ausbreitungsvorganges der Zündflamme in Zeitabständen von wenig mehr als  $\frac{1}{1000}$  Sek. Die Sichtbarmachung der Flammenfront wird durch eine durch sie hervorgerufene Lichtbrechung ermöglicht. Die leider bisher nur mit einigen wenigen explosiblen Gasgemischen durchgeführten Untersuchungen geben schon interessante Aufschlüsse über den Zündvorgang, den Einfluß der Funkenstärke, der Elektrodenanordnung und -form usw. auf die Ausbildung der Flammenfront und ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit. Druck-Zeitdiagramme lassen die Abhängigkeit des Druckanstiegs von der Flammenausbreitung erkennen. Es wäre wünschenswert, daß die Untersuchungen auf Luft-Dampfgemische flüssiger Brennstoffe ausgedehnt würden. Die Forschungsarbeit ist für den Verbrennungsmotorenfachmann wie für den technischen Physiker — vor allem wegen der Versuchseinrichtung — gleich interessant. *Holm.*

**Meere der Urzeit.** Von F. DREVERMANN. (Verständliche Wissenschaft, Bd. XVI.) V, 174 Seiten, 103 Abbildungen. Berlin 1932. Verlag von Julius Springer. Gebunden RM 4.80.

Da etwa 70 Hundertteile des Erdballs vom Meer bedeckt sind, und es auch auf dem Festland kaum eine Stelle geben dürfte, die nicht irgendwann einmal Meer gewesen ist, so ist eine Geschichte der Meere zugleich eine Geschichte des Erdballs überhaupt. Da außerdem das Buch nicht nur eine Darstellung der Meere der Urzeit, sondern eine Geschichte der Meere bis in die Gegenwart hinein enthält, bietet es tatsächlich erheblich mehr, als der Titel vermuten läßt.

Wichtiger aber als die Geschichte selbst erscheinen dem Verfasser mit Recht die Arbeitsweisen, die angewandt werden, um zur Kenntnis des Werdens der Meere zu gelangen. Dabei werden mit aller Deutlichkeit die Schwierigkeiten und die Grenzen der Erkennbarkeit aufgezeigt. Einer der wertvollsten Abschnitte des Buches erscheint mir daher der „Lebensort und Begräbnisplatz“

überschriebene mit den drei Abbildungen 28a—c. Auch die Notwendigkeit, die heutigen Grenzgebiete zwischen Meer und Land genauer zu erforschen, wird wiederholt und mit Recht hervorgehoben.

Der Wert des Buches liegt also einmal darin, daß es eine klare Zusammenfassung unserer gegenwärtigen Kenntnisse über die Abgrenzung zwischen Meer und Land gibt. Vor allen Dingen ist das Buch aber auch ein Beispiel dafür, wie solche Bücher, die sich an einen größeren, nicht nur fachwissenschaftlich vorgebildeten Leserkreis wenden, sein sollen. Das Aufzeigen der Wege, auf denen Erkenntnisse erlangt werden, ist vielfach reizvoller, als das der Erkenntnisse selbst. Die Beförderung der Unsicherheit unseres Wissens vermag auch manchen vor vorschnellen Urteilen zu bewahren und vor einem vorschnellen Mitredewollen über Dinge, die die Wissenschaft selbst noch vor allerschwierigste Fragen stellen.

Die Ausstattung des Buches ist mustergültig.  
*Scheer.*

**Grundlinien der Chemie.** Von Prof. Dr. S. WIECHOWSKI. I. Teil: Anorganische Chemie. 163 S. mit 44 Abb. Wien 1932. Verlag von Franz Deuticke. Preis geb. RM 5.—.

Das vorliegende Buch ist durch Erlaß des österreichischen Unterrichtsministeriums zum Unterrichtsgebrauch in der 7. Klasse der (österreichischen) Realschulen allgemein zugelassen worden. Es ist in 4 Hauptabschnitte gegliedert: 1. Chemische und physikalische Vorgänge. 2. Chemische Naturgesetze und Theorien. 3. Die Metalloide. 4. Die Metalle. Schon aus der Anordnung des Stoffes geht hervor, daß das Buch für Schüler geschrieben ist, die bereits chemische Kenntnisse haben; verglichen mit unseren Verhältnissen, würde das Buch etwa für einen Obersekundaner einer Oberrealschule passen. Dennoch ist es vielleicht etwas bedenklich, gar zu viele Gesetzmäßigkeiten gleich am Anfang, von nur ganz wenigen Versuchen ausgehend, abzuleiten. Nach und nach an geeigneter Stelle in den Unterrichtsgang eingeführt, würden diese theoretischen Überlegungen von den Schülern leichter verstanden werden. Bis auf diese kleine Ausstellung, über die man natürlich verschiedener Meinung sein kann, ist es jedoch ein sehr erfreuliches Buch. Im Vordergrund steht das Experiment, und es werden fast am Anfang eines jeden Kapitels mit einfachen Mitteln ausführbare Versuche angegeben; im ganzen Buch werden 91 Versuche so beschrieben, daß man die Versuche nach diesen Beschreibungen ohne weiteres ausführen kann, sogar eine von dem Verfasser ausgearbeitete Elektrolyse von Natriumhydroxyd zur Gewinnung von metallischem Natrium ist dabei, die mit den einfachen Hilfsmitteln einer Stange Ätznatron, zweier Stricknadeln, einer Photoschale und einer Glühlampe als Widerstand ausgeführt wird. Die Knallgasprobe für Versuch 19 wird jedoch zu spät (erst im Versuch 20) erwähnt. Ferner ist zu betonen, daß die Technologie nicht zu kurz kommt und auch historische Tatsachen Erwäh-

nung gefunden haben, die sich nicht nur auf die Mitteilung einiger Namen und Daten beschränken; z. B. wurde der entscheidende Teil der Originalarbeit LAVOISIERS in einer Übersetzung auf zwei Seiten des Buches abgedruckt. Leider wird jedoch die Ehrfurcht vor der Vergangenheit etwas zu weit getrieben, nämlich bei der Bezeichnungweise der verschiedenen Oxydationsstufen in den Oxyden und Salzen; es gibt immer noch Oxydul und Oxyd, Ferro- und Ferrisalze statt Eisen(2)-salzen und Eisen(3)-salzen usw. Auch muß auf einige Fehler wissenschaftlicher Natur aufmerksam gemacht werden:  $MnO_2$  ist kein Peroxyd, sondern ein Dioxid, ebenso  $NO_2$ ; die ringförmig angegebene Struktur des  $N_2O$  entspricht nicht mehr unseren heutigen Anschauungen, vielmehr gilt heute als bewiesen die Struktur  $N \equiv N = O$ . Trotz dieser kleinen Mängel ist das Buch jedoch wertvoll.  
*Scharf.*

**Examinatorium der physikalischen Chemie.** Von Dr. FRIEDR. HEILMANN. 86 Seiten. München 1932. Verlag von Rudolph Müller & Steinicke. Preis RM 3.80.

Das Heftchen hätte auch den Titel haben können: „1000 Fragen physikalische Chemie“, denn so viele Fragen und Antworten aus der physikalischen Chemie sind darin aufgeführt. Das Buch ist für den Studierenden als ein Hilfsmittel zur selbständigen Vornahme von Vorproben zum Examen geschrieben. Der Verfasser, der sich im Vorwort als Mitglied der Deutschen Chemischen Gesellschaft vorstellt, hat die Fragen und Antworten knapp, jedoch nicht immer sehr glücklich, gefaßt. An einigen Stellen sind auch Ungenauigkeiten vorhanden, z. B. wird kein Unterschied gemacht zwischen dem Verhältnis der spezifischen Wärmen von einatomigen und zweiatomigen Gasen; die Frage: „Ist die Gefrierpunktserniedrigung von der Natur des gelösten Stoffes abhängig?“ ist mit „Nein“ beantwortet, ohne daß angegeben wird, welche Gewichtsmengen der gelösten Stoffe miteinander verglichen werden müssen. Was die Auswahl der Fragen anbetrifft, so sind alle Gebiete der physikalischen Chemie zu Wort gekommen. Die Anordnung ist in der Weise gemacht, daß auf der linken Hälfte jeder Seite die Fragen stehen und unmittelbar daneben auf der rechten Hälfte die Antworten, so daß es dem Examenkandidaten leicht gemacht ist zu prüfen, ob er physikalische Chemie „kann“ oder nicht. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, mag das Heftchen von Nutzen sein.  
*Scharf.*

**Ionentheorie.** Von P. BRAUER, weil. Professor am Realgymnasium in Hannover. Mit 9 Fig. (Heft 38 der „Math.-phys. Bibl.“ von W. LIETZMANN und A. WITTING), 2. Aufl., bearbeitet von E. BODEWIG. Leipzig und Berlin: G. B. Teubner 1932. 53 Seiten. Preis RM 1.08.

Der Umfang der 2. Auflage hat sich gegenüber der im Jahre 1919 erschienenen 1. Auflage (siehe die Besprechung in dieser Zeitschrift 33, 197;

1920) um zwei Seiten vermehrt. Sie ist ein fast unveränderter Abdruck der 1. Auflage; es wurde nur eine Besprechung der VOLTaschen Spannungsreihe und der starken Elektrolyte eingefügt und der Abschnitt über die Ionisation in Gasen erweitert. Der Bearbeiter hat jedoch darauf verzichtet, die Forschungsergebnisse der letzten Zeit in das Heftchen hineinzuarbeiten; das würde auch der Absicht des ursprünglichen Verfassers widersprechen, nach welcher das Bändchen als Einführung in die Ionentheorie für weitere Kreise gedacht ist. Es kann für die Anschaffung in Schülerbüchereien warm empfohlen werden.

Scharf.

**Qualitative systematische Trennung von Anionen.** Von Dr. FRIEDR. HEILMANN. 46 Seiten, 20 Tabellen. München 1932. Verlag von Rudolph Müller & Steinicke. Preis RM 2.70.

Der Verfasser will eine Lücke in der analytischen Literatur ausfüllen, indem er einen systematischen, qualitativen Trennungsgang für sämtliche häufiger im „Analysengemisch“ vorkommenden Anionen angibt. Aus dieser Zielsetzung geht hervor, daß das Heftchen nicht für die Praxis gedacht ist, sondern für den Gebrauch im Hochschulpraktikum. Für den praktisch-analytischen Chemiker wird es kaum von Wert sein, denn in den Fällen, wo qualitative Analysen gemacht werden müssen, wird von vornherein nur auf eine beschränkte Anzahl von Stoffen zu

prüfen sein, und man kommt dann mit den erprobten Einzelreaktionen schneller und sicherer zum Ziel. Es wäre vielleicht zu erwägen, ob nicht die „Analysengemische“ in den Übungen mancher Hochschulinstitute mehr und mehr den Verhältnissen der Praxis angepaßt werden könnten; es ist z. B. nicht nötig, den Praktikanten Gemische von kieselsauren, jodsauren und weinsauren u. a. Salzen zur Analyse zu übergeben, nur aus dem Grunde, die Analyse möglichst kompliziert zu machen. Die Untersuchung von Mineralien, die Prüfung von technischen Chemikalien auf Reinheit und Bestimmung der vorhandenen Verunreinigungen, Untersuchung von Zwischenprodukten würde den Analysenbetrieb noch einigermaßen rechtfertigen.

Zur Trennung der Anionen wird die Analysesubstanz mit Sodalösung gekocht, um alle Anionen, die vorher an Schwermetalle u. a. gebunden waren, in lösliche Natriumsalze zu überführen; durch Behandlung der Lösung mit einem Gemisch von Strontium- und Calciumacetat wird die erste Trennung in zwei große Gruppen erreicht. Bei der weiteren Identifizierung der Anionen scheint es jedoch so, als wenn eine sehr große Vertrautheit mit der Methode dazu gehört, um sichere Resultate zu erhalten.

Eine Verwendung in den Schulen kommt nicht in Frage, weil dort im Gegensatz zu den Hochschulen der Analysenbetrieb glücklicherweise keine Rolle mehr spielt.

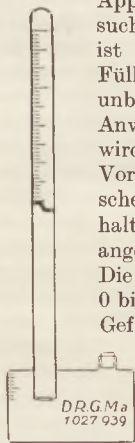
Scharf.

## Aus Werkstätten.

### Neuer Torricelli-Apparat.

Die Firma Richard Müller-Urli in Braunschweig hat auf Anregung von B. KUNTSCH einen Apparat für den TORRICELLISCHEN Versuch gebaut. Die übliche Ausführung ist insofern unbefriedigend, als das Füllen der Röhre mit Quecksilber sehr unbequem und zeitraubend ist. Durch Anwendung des abgebildeten Apparates wird dieser Übelstand beseitigt. Die Vorrichtung besteht aus einem zylindrischen Glasgefäß von etwa 100 ccm Inhalt, in das bis zur Hälfte ein seitlich angeordnetes Barometerrohr hineinführt. Die Barometerteilung befindet sich von 0 bis 20 mm auf der oberen Hälfte des Gefäßes und ist auf dem Rohr von 650 bis 800 mm durchgeführt. Der Apparat wird mit Hilfe eines aus Holz gefertigten Fußes aufgestellt.

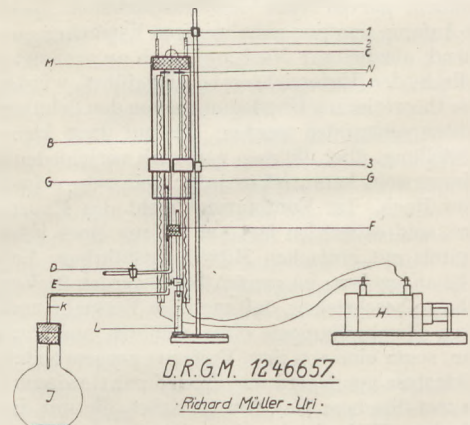
Wird das Bodengefäß mit Hilfe eines Stopfens und eines Ableitungsrohres mit einer Saug- bzw. Druckpumpe verbunden, so läßt sich auch die Abhängigkeit der Quecksilberhöhe von der Größe des Druckes auf das untere Niveau nachweisen. Der Apparat kostet vollständig RM 9,50.



TORRICELLI-Apparat.

### Apparat zur Synthese des Wassers.

Bei dieser von der Firma Richard Müller-Urli in Braunschweig nach Angaben von A. HARTMANN hergestellten Vorrichtung handelt es sich um



Apparat zur Wasser-Synthese.

eine Konstruktion, die auf einfachste Weise (ohne Explosionsgefahr und ohne Quecksilber) mit deutlichster Volumenablesung gestattet, den Experimentalbeweis dafür zu erbringen, daß bei Explo-

sion von 3 Raumteilen Knallgas 2 Raumteile Wasserdampf entstehen (Volumenkontraktion in ganzen Zahlen 3 : 2, nach AVOGADRO). Als Nebenapparate sind natürlich Knallgasentwickler, Funkeninduktor usw. wie bisher notwendig. Die beigefügte Figur läßt das wesentliche der Anordnung erkennen.

Der Apparat liefert gute Ergebnisse. Ablesung und Berechnung sind leicht. Die Ausführung des Versuches erfordert keine besondere Geschicklichkeit.

Genaue Beschreibung kann von der Herstellerfirma bezogen werden. Der Apparat kostet ohne Funkeninduktor RM 29,50.

## Korrespondenz.

Reinsche Ferienkurse in Jena werden 1933 vom 2. bis 15. August abgehalten. Die Abteilung Naturwissenschaften und Geographie bietet folgende Lehrgänge: Kolloidchemie mit Anleitung zu kolloidchemischen Schuluntersuchungen, Prof. Dr. BRINTZINGER; Neuere Verfahren der chemischen Technik, Prof. Dr. BRINTZINGER; die optischen Grundlagen der Malerei, Prof. Dr. JENTZSCH; Einführendes Praktikum in die organische Chemie, Privatdozent Dr. MAURER; Grundlagen der Pflanzenphysiologie (mit Anleitung zu Schulversuchen), Prof. Dr. BRAUNER; Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen, Privatdozent Dr. BÜNNING; Zoologische Fortbildungsvorlesungen, Prof. Dr. FRANZ; Zoologische Fortbildungsübungen, Prof. Dr. FRANZ; Grundzüge der modernen Ernährungslehre, Prof. Dr. NOLL; Die Welt der Bakterien, Prof. Dr. LEHMANN; Lebensmittelkunde, Prof. Dr. KELLER; Die Bevölkerungsprobleme der Erde in Gegenwart und Zukunft, Privatdozent Dr. J. H. SCHULTZE; Die Großmächte der Gegenwart, Prof. Dr. HENNIG.

Die Kurse dieser Abteilung sind in erster Linie zu Fortbildungskursen für Lehrer und Lehrerinnen aller Schulgattungen in der Weise ausgestaltet, daß die neueren Forschungsergebnisse durch Vortrag und Experiment vermittelt und Anleitung zu praktischen Übungen gegeben wird, immer im Hinblick auf die Bedürfnisse der Schule. Auch die übrigen Abteilungen sind den Naturwissenschaftlern zugänglich; das ausführliche Programm mit Angabe der Kosten versendet unentgeltlich die Geschäftsstelle der Reinschen Ferienkurse: Fräul. Cl. Blomeyer, Jena, Karl Zeißplatz 15.

**36. Herbstferienlehrgang der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin vom 27. September bis 7. Oktober 1933.**

### I. Vorlesungen.

1. Prof. Dr. FUCHS: Funktionentheorie und Flugwissenschaft. — 2. Dr. MOELLER: Zur Entwicklung des Tonfilms (mit Versuchen). — 3. Dr. LEPSIUS: Die chemischen Grundlagen des Luftschutzes. — 4. Dr. v. SOCHER: Zeitmessung und Uhren.

### II. Übungen.

1. Oberstudienrat Dr. OTTO, Studienrat Dr. SCHEER, Dr. SCHARF: Übungen über Luft- und Gasschutz; Anwendungsmöglichkeiten im erdkundlichen, biologischen und chemischen Unterricht. — 2. Studienrat Dr. POHLMAYER: Übungen

zur darstellenden Geometrie mit Verwendung von Modellen. — 3. Oberstudienrat Dr. VOLKMANN: Ausgewählte physikalische Schulversuche. — 4. Studienrat NIX: Schülerversuche aus allen Teilen der Physik. — 5. Dr. MOELLER: Übungen mit dem Wellenmesser und Messungen an Elektronenröhren (für Anfänger). — 6. Studienrat Dr. ZORN: Übungen in der Werkstatt mit Anleitung zur Anfertigung einfacher Apparate, insbesondere für Schülerübungen. — 7. Oberstudienrat Dr. PETZOLD: Versuche zur Einführung in die physikalische Chemie. — 8. Oberstudienrat Dr. GALL: Schülerversuche mit genormten Geräten aus verschiedenen Gebieten der Chemie. — 9. Dr. SCHARF: Messende Versuche im chemischen Unterricht (Gasanalyse, Versuche nach RISCHEBIETH, Versuche zur Atomtheorie). — 10. Dr. HERLINGER: Feinbau und physikalische Eigenschaften der Silikate (für Chemiker und Physiker). — 11. Oberstudienrat Dr. OTTO: Ausgewählte Übungen zum biologischen Arbeitsunterricht. — 12. Studienrat Dr. SCHÖNEBERG: Übungen aus der mikroskopischen Anatomie der Tiere und Herstellung von mikroskopischen Präparaten für den Schulunterricht. — 13. Prof. Dr. KOLKOWITZ und Studienrat Dr. BETHGE: Bau und Leben der Pflanzen (Praktikum und Anfertigung von Präparaten). — 14. Studienrat Dr. SCHEER: Übungen über Hilfsmittel des erdkundlichen Unterrichts (Sandkasten, Karte, Relief, Versuch usw.). — 15. Assistent SCHWIZIUS: Ausgewählte Übungen aus der Vermessungskunde (Meßtisch, Theodolit, Photogrammetrie). — 16. Lektor Dr. BECK: Einführung in die Photographie mit praktischen Übungen. — 17. Lektor Dr. BECK: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Photographie mit besonderer Berücksichtigung der für die Schule wichtigen Arbeiten (Diapositive, Vergrößerungen, Farbenphotographie, Mikrophotographie usw.).

### III. Besichtigungen.

1. Druckereibetrieb des Verlages Scherl, Berlin, Zimmerstr. 35/41. — 2. Telefunkenplatte G. m. b. H., Berlin-Lichtenberg, Rittergutstr. 121/122. — 3. Seifenfabrik von Puhl & Co., Berlin, Treptower Straße 36/39. — 4. Institut für Bienenkunde der Landwirtschaftlichen Hochschule, Berlin-Dahlem, Lentzeallee 86. — 5. Kraftwerk West der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G., Berlin-Siemensstadt, Otternbuchtstr. — 6. Gasmaskenfabrik der Auer-Gesellschaft, Oranienburg. — 7. Biologisch-erdkundliche Exkursion nach Eberswalde (Plagefenn, Schiffshebewerk).

### Himmelserscheinungen im September und Oktober 1933.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht Bürgerliche Zeit Greenwich.  
 Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = Bürgerliche Zeit Stargard = W.Z. + 1h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. <sup>1</sup>	Sternzeit <sup>2</sup>	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1933	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Aug. 28	10 24	+10,0	+ 1 23	22 23 3	9 32	+15,9	12 30	- 2,6	13 55	-12,3	11 52	+ 2,1	20 57	-18,3
Sept. 2	10 43	8,2	- 0 8	22 42 46	10 9	13,2	12 51	5,1	14 8	13,4	11 55	1,7	20 55	18,4
„ 7	11 1	6,3	1 46	23 2 29	10 46	9,8	13 13	7,7	14 20	14,6	11 59	1,3	20 54	18,5
„ 12	11 19	4,4	3 29	23 22 12	11 21	5,9	13 35	10,1	14 34	15,7	12 3	0,9	20 53	18,5
„ 17	11 37	2,5	5 15	23 41 54	11 54	+ 2,0	13 57	12,5	14 47	16,8	12 7	+ 0,4	20 52	18,6
„ 22	11 55	+ 0,6	- 7 1	0 1 37	12 26	- 1,9	14 20	-14,8	15 0	-17,8	12 11	0,0	20 51	-18,7
„ 27	12 13	- 1,4	8 44	0 21 20	12 56	5,7	14 43	16,9	15 14	18,8	12 15	- 0,4	20 51	18,7
Okt. 2	12 31	3,3	10 24	0 41 3	13 24	9,3	15 6	18,9	15 29	19,7	12 19	0,9	20 50	18,7
„ 7	12 49	5,2	11 56	1 0 45	13 52	12,6	15 29	20,7	15 43	20,6	12 23	1,3	20 50	18,8
„ 12	13 7	7,1	13 17	1 20 28	14 20	15,6	15 53	22,3	15 58	21,4	12 27	1,7	20 50	18,8
„ 17	13 26	- 9,0	-14 27	1 40 11	14 46	-18,2	16 18	-23,7	16 13	-22,1	12 31	- 2,1	20 50	-18,8
„ 22	13 45	10,8	15 21	1 59 54	15 12	20,5	16 42	24,8	16 29	22,8	12 35	2,5	20 50	18,7
„ 27	14 4	12,6	15 59	2 19 36	15 35	22,2	17 7	25,6	16 44	23,3	12 39	2,9	20 50	18,7
Nov. 1	14 23	-14,2	-16 19	2 39 19	15 55	-23,3	17 32	-26,2	17 0	-23,8	12 42	- 3,3	20 51	-18,7

<sup>1</sup> Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

<sup>2</sup> Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist ± 0°.657 · λ°.

#### Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit. Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich v. Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m
Aug. 28	5 2	18 58	14 35	21 16	Sept. 22	5 44	18 0	9 21	18 24	Okt. 17	6 28	17 2	4 5	16 2
Sept. 2	5 11	18 47	18 11	2 25	„ 27	5 52	17 48	15 27	22 36	„ 22	6 37	16 51	11 26	18 2
„ 7	5 19	18 35	19 11	9 23	Okt. 2	6 1	17 36	16 56	4 22	„ 27	6 46	16 41	14 39	—
„ 12	5 27	18 23	21 42	15 17	„ 7	6 10	17 24	18 14	10 54	Nov. 1	6 55	16 31	15 38	6 1
„ 17	5 36	18 11	2 32	17 22	„ 12	6 19	17 13	22 52	14 55					

Mondphasen	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
1933				
M.E.Z.	19. Sept. 19h 20,9m	26. Sept. 16h 36,3m	4. Sept. 6h 4,4m	11. Sept. 22h 30,0m
	19. Okt. 6 44,7	25. Okt. 23 20,7	3. Okt. 18 7,6	11. Okt. 17 45,5

#### Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿	Venus ♀	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄
1933	h h	h h	h h	h h	h h
Aug. 28	A 3,7 D <sub>m</sub> 4,0	D <sub>a</sub> 19,5 U 19,9	D <sub>a</sub> 20,2 U 20,5	—	D <sub>a</sub> 20,2 U 2,9
Sept. 7	—	D <sub>a</sub> 19,1 U 19,6	D <sub>a</sub> 19,8 U 20,0	—	D <sub>a</sub> 19,8 U 2,1
„ 17	—	D <sub>a</sub> 18,7 U 19,2	D <sub>a</sub> 19,3 U 19,6	—	D <sub>a</sub> 19,3 U 1,4
„ 27	—	D <sub>a</sub> 18,3 U 18,9	D <sub>a</sub> 18,9 U 19,2	—	D <sub>a</sub> 18,9 U 0,7
Okt. 7	—	D <sub>a</sub> 17,9 U 18,6	D <sub>a</sub> 18,5 U 18,8	—	D <sub>a</sub> 18,5 U 0,1
„ 17	—	D <sub>a</sub> 17,5 U 18,4	D <sub>a</sub> 18,1 U 18,5	A 5,0 D <sub>m</sub> 5,5	D <sub>a</sub> 18,2 U 23,4
„ 27	—	D <sub>a</sub> 17,1 U 18,3	D <sub>a</sub> 17,8 U 18,2	A 4,5 D <sub>m</sub> 5,7	D <sub>a</sub> 17,8 U 22,8
Nov. 6	—	D <sub>a</sub> 16,8 U 18,4	D <sub>a</sub> 17,5 U 18,0	A 4,0 D <sub>m</sub> 6,0	D <sub>a</sub> 17,5 U 22,2

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> und D<sub>m</sub> = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

23. September 13h 1m M.E.Z. Herbstanfang.

Kohl.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.