

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. 3049

L. inw. ....



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297542











Die

X

# Projektionsapparate,

Laternbilder und Projektionsversuche

598

in

628

ihren Verwendungen im Unterrichte

von

~~BIBLIOTEKA NAUCZYCIELSKA L. 520~~  
Nr. inw. ~~428~~

Dr. Karl Hassack,

und

Dr. Karl Rosenberg,

k. k. Handelsakademie-Professor in Graz

k. k. Landesschulinspektor in Graz.

**BIBLIOTEKA PROFESORSKA**

**Żeńskiego Gimnazjum Kupieckiego  
w KRAKOWIE**

462

L. inw. 352

~~Bobl. nauk 415~~

Mit 308 Abbildungen.

~~Lin. 629~~



Wien und Leipzig.

A. Pichlers Witwe & Sohn.

1907.



Alle Rechte,  
besonders das Übersetzungsrecht  
vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 3049

Akc. Nr.

2643/49

K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.



## Vorwort.

Die stetig zunehmende Bedeutung des Anschauungsunterrichts hat es mit sich gebracht, daß seit etwa fünfzehn Jahren die Benützung des Projektionsapparates sich immer mehr auf allen Stufen des Unterrichts eingebürgert hat; zahlreiche Volks- und Bürgerschulen ebenso wie die meisten Gymnasien, Realschulen und Fachschulen jeder Art — nicht zu sprechen von einzelnen Lehrkanzeln der Hochschulen, an denen das Projektionswesen zuerst Aufnahme gefunden hat — besitzen heute ein Skioptikon. Es gestattet die allgemeinste Anwendung unter allen Lehrmitteln und ist für manche Fächer geradezu unentbehrlich ebenso wie für viele öffentliche Vorträge. Naturgemäß fehlt es auch nicht an einer ziemlich umfangreichen Literatur über den Projektionsapparat, doch ist nicht zu leugnen, daß die meisten einschlägigen Bücher und Broschüren sich vorwiegend oder ganz auf die Schilderung der Instrumente einer Firma beschränken, also persönlichen Geschäftszwecken dienen. Davon machen nur zwei Werke eine Ausnahme, das ältere von S. T. Stein, welches jedoch die während der letzten zwanzig Jahre gemachten großen Fortschritte auf dem Gebiete des Projektionswesens nicht mehr enthält, also als veraltet gelten muß, und das ausgezeichnete „Lehrbuch der Projektion“ von Dr. Neuhaus. Dieses behandelt in streng wissenschaftlicher Weise das Wesen des Projektionsapparates und seiner gesamten Einrichtung sowie eine Reihe von Nebenvorrichtungen für besondere Aufgaben. Es ist ein vorzügliches Buch für jeden, der sich mit allen Arten von Projektion nach ihren wissenschaftlichen Seiten hin vertraut machen will; seine sorgfältigen und verlässlichen Angaben machen es zu einem Quellenwerke auf dem Gebiete. Endlich enthalten einige Hilfsbücher für den physikalischen Unterricht sehr ausführliche Besprechungen des Projektionsapparates und seiner Nebenbestandteile, die Verwendung der Apparate jedoch für andere Disziplinen ist bisher nirgends mit einiger Ausführlichkeit gegeben worden, noch weniger eine Übersicht des reichen, im Handel vorhandenen Materials an Laternbildern für alle Zweige und Stufen des Unterrichtes.

Wir haben uns bei der Abfassung des vorliegenden Buches nun die Aufgabe gestellt, auf alle diese bisher nicht oder nur nebensächlich behandelten Dinge sorgfältig einzugehen und unsere Arbeit so zu gestalten, daß sie einem jeden Lehrer bei der Anschaffung und Aufstellung eines Skioptikons, vor allem aber bei dessen Benützung im Unterricht ein Ratgeber



zu sein vermag. Wir haben versucht, alle Neuheiten auf dem großen Gebiete vollkommen objektiv und einigermaßen kritisch zu betrachten und eine Übersicht der mannigfaltigen Apparattypen, die von recht zahlreichen Fabrikanten und Händlern auf den Markt gebracht werden, zu geben; wir haben insbesondere die verschiedenen Beleuchtungsvorrichtungen und ihre Behandlungsweise eingehend beschrieben und die Einrichtung eines Skioptikonlehrzimmers erörtert. Ferner wurde der Beschaffung von Laternbildern unser besonderes Augenmerk zugewendet, um jedermann beim Ankaufe dieser wichtigen Lehrmittel die schwierige Wahl zu erleichtern und auch bei dem Selbstanfertigen von Diapositiven mit praktischen Ratschlägen zu dienen. Endlich versuchten wir eine möglichst vollständige Zusammenstellung von physikalischen, chemischen und pflanzenphysiologischen Versuchen namentlich für Mittelschulen zu geben, welche mit Hilfe des Projektionsapparates durchzuführen sind und bisher noch nicht in dem wohl wünschenswerten Ausmaße gezeigt werden; dabei hatten die Herren Dr. Friedrich Böck, Adjunkt an der k. k. technischen Hochschule in Wien, und Dr. Ludwig Linsbauer, Professor an dem k. k. Staatsgymnasium in Wien, XVIII. Bez., die Güte, uns bezüglich der Versuche in den beiden letztgenannten Gruppen mit ihren Beiträgen, die sie aus reicher Erfahrung schöpften, zur Seite zu stehen. Wir erlauben uns, ihnen an dieser Stelle den verbindlichsten Dank für ihre Mithilfe auszusprechen. Schließlich haben wir unternommen, an einigen Stellen Anregungen zur Schaffung neuer Lehrbehelfe, die mittels Projektion vorgeführt werden können, zu geben.

Seit einer Reihe von Jahren haben wir beide uns sehr eingehend mit der Verwendung des Projektionsapparates im Unterricht beschäftigt, so daß wir hoffen dürfen, daß unser aus der Praxis hervorgegangenes Buch allen Herren Kollegen, die sich praktisch mit dem Skioptikon beschäftigen oder damit vertraut machen wollen, ein Führer und Ratgeber werde. Möge es dazu beitragen, die Benützung dieses universellen Lehrbehelfes zu erleichtern und möglichst allgemein einzuführen, und so den objektiven Anschauungsunterricht auf allen Gebieten fördern.

Graz, im März 1907.

Die Verfasser.



# Inhaltsübersicht.

	Seite
<b>I. Abschnitt: Einrichtungen für gewöhnliche Projektion</b> . . . . .	1
<b>A. Der Projektionsapparat und seine Teile</b> . . . . .	2
I. Das Gehäuse . . . . .	3
II. Der Kondensor . . . . .	6
III. Die Kühlkammer . . . . .	13
IV. Der Bildschieber . . . . .	17
V. Das Objektiv . . . . .	27
VI. Die Lichtquellen . . . . .	36
1. Elektrisches Bogenlicht . . . . .	38
2. Elektrisches Glühlicht . . . . .	54
3. Kalk- und Zirkonlicht . . . . .	56
4. Azetylenlicht . . . . .	63
5. Auerglühlicht . . . . .	66
6. Petroleumlicht . . . . .	68
VII. Einige Typen von Projektionsapparaten . . . . .	69
<b>B. Saaleinrichtung und Betrieb</b> . . . . .	81
I. Aufstellung des Skioptikons . . . . .	81
II. Die Projektionswand . . . . .	84
III. Verdunkelungseinrichtungen . . . . .	88
IV. Der Betrieb des Projektionsapparates . . . . .	91
<b>II. Abschnitt: Besondere Einrichtungen an Projektionsapparaten</b> . . . . .	96
I. Das Projizieren von undurchsichtigen Gegenständen (Episkopische Projektion)	96
II. Unmittelbare Projektion mikroskop. Präparate (Das Projektionsmikroskop)	107
III. Das Vorführen von Reihenbildern (Kinematographische Projektion) . . .	124
<b>III. Abschnitt: Laternbilder</b> . . . . .	129
Format der Laternbilder für den Unterricht . . . . .	129
Anforderungen an Laternbilder für Schulzwecke . . . . .	133
I. Käufliche Laternbilder . . . . .	134
II. Ausleihen von Laternbildern . . . . .	138
III. Das Anfertigen von Laternbildern . . . . .	139
1. Herstellung von Negativen nach Vorlagen . . . . .	139
2. Kopieren der Laternbilder . . . . .	145
3. Tönen und Bemalen von Laternbildern . . . . .	152
4. Herstellung von Laternbildern durch Zeichnen . . . . .	155
5. Montieren und Bezeichnen der Laternbilder . . . . .	157
6. Aufbewahren von Laternbildern . . . . .	159
<b>IV. Abschnitt: Die Verwendung des Projektionsapparates in einzelnen Lehr-</b>	
<b>fächern (mit Ausnahme von Chemie und Physik)</b> . . . . .	163
I. Religion . . . . .	163
II. Geographie . . . . .	164
Handelsgeographie . . . . .	166
Astronomie und Meteorologie . . . . .	167
III. Geschichte . . . . .	167
Kunstgeschichte . . . . .	168



	Seite
IV. Naturgeschichte . . . . .	170
a) Laternbilder . . . . .	170
b) Naturobjekte . . . . .	173
c) Pflanzenphysiologische Versuche (von Prof. Dr. Ludw. Linsbauer) . . . . .	175
1. Alkoholgärung der Hefe . . . . .	176
2. Stickstoffbildung durch Bodenbakterien . . . . .	178
3. Gasaustritt durch die Lentizellen . . . . .	178
4. Assimilation des Kohlendioxyds . . . . .	179
5. Atmung . . . . .	180
6. Öffnen und Schließen von Blüten . . . . .	180
7. Reizbewegung von Mimosa . . . . .	180
8. Reizbare Staubfäden . . . . .	181
9. Die Reizbarkeit der Ranken . . . . .	182
d) Tierphysiologische Versuche . . . . .	184
e) Minerale und Gesteine . . . . .	184
V. Warenkunde und Technologie . . . . .	184
V. Abschnitt: Die Verwendung des Projektionsapparates im physik. Unterrichte	187
Einleitung . . . . .	187
Der Projektionsapparat für physikalische Zwecke . . . . .	187
Typen von Projektionsapparaten . . . . .	193
I. Die Projektion von Photogrammen und anderen durchsichtigen Bildern . . . . .	200
II. Die Verwendung der Laterne des Skioptikons als Ersatz für das Sonnenlicht	202
1. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes . . . . .	204
2. Ausbreitung des Lichtes . . . . .	205
3. Die Lochkamera . . . . .	206
4. Schatten . . . . .	206
5. Diffuse und regelmäßige Reflexion des Lichtes . . . . .	207
6. Reflexionsgesetz; Planspiegel . . . . .	208
7. Sphärische Spiegel . . . . .	210
8. Die Grunderscheinungen der Lichtbrechung . . . . .	210
9. Brechungsgesetz . . . . .	211
10. Totalreflexion . . . . .	211
11. Planparallele Platten . . . . .	213
12. Prisma . . . . .	213
13. Linsen . . . . .	215
14. Sphärische Abweichung bei Linsen . . . . .	215
15. Farbige Dispersion des Lichtes . . . . .	216
16. Chromatische Abweichung der Linsen . . . . .	221
17. Versuche über Emissions- und Absorptionsspektren . . . . .	221
18. Umkehrung der Natriumlinie . . . . .	223
19. Fluoreszenz . . . . .	224
20. Phosphoreszenz . . . . .	225
21. Der ultraviolette Teil des Spektrums . . . . .	225
22. Der Strahlengang in den optischen Instrumenten . . . . .	226
23. Projektion mikroskopischer Objekte . . . . .	226
24. Versuch über Körperfarben . . . . .	228
25. Morgen- und Abendröte . . . . .	229
26. Fresnels Spiegelversuch . . . . .	229
27. Farben dünner Blättchen . . . . .	231
28. Versuche über die Biegung des Lichtes . . . . .	233
29. Versuche über Polarisation und Doppelbrechung . . . . .	235

	Seite
III. Die Erzeugung von Schattenbildern durch den Projektionsapparat . . . .	241
1. (Geometrische) Ableitung einer harmonischen (schwingenden) Bewegung aus einer kreisenden . . . . .	241
2. Ein Versuch über Zentralbewegungen . . . . .	242
3. Projektion des Foucaultschen Pendelversuches . . . . .	243
4. Nachweis des Coulombschen Gesetzes für elektrische Ladungen . .	244
5. Eichung einfacher Elektroskope . . . . .	246
6. Versuche nach der Schlierenmethode . . . . .	246
IV. Die Projektion physikalischer Versuche . . . . .	249
1. Noniusmodelle zur Projektion . . . . .	253
2. Messuren zur Projektion . . . . .	254
3. Die Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten mit dem Piezometer . . . . .	254
4. Versuche über Oberflächenspannung und Kapillarität . . . . .	255
5. Der Plateausche Versuch . . . . .	259
6. Kohäsionsfiguren . . . . .	261
7. Verwendung eines Projektionsthermometers . . . . .	262
8. Ausdehnung starrer Körper . . . . .	263
9. Farbenänderung beim Erwärmen infolge Ausscheidung des Kristall- wassers . . . . .	263
10. Ein Versuch über die Spannkraft des Wasserdampfes . . . . .	263
11. Versuche über Verflüssigung des Kohlendioxyds und über die Erschei- nungen der kritischen Temperatur . . . . .	265
12. Modell der Schiebersteuerung einer Dampfmaschine . . . . .	265
13. Absorption der Wärmestrahlen durch farbige Gläser . . . . .	265
14. Diathermanität des Steinsalzes . . . . .	265
15. Aufzeichnung von Stimmgabelkurven . . . . .	266
16. Wellenapparate zur Projektion . . . . .	266
17. Lissajoussche Schwingungskurven . . . . .	266
18. Einige Versuche mit stroboskopischer Beleuchtung . . . . .	267
19. Versuche über magnetische Kraftlinien . . . . .	269
20. Ein Modell zur Nachahmung der Inklinat ion . . . . .	272
21. Elektroskope zur Projektion . . . . .	273
22. Projektion elektrischer Kraftlinien . . . . .	274
23. Magnetische Felder von Stromleitern . . . . .	274
24. Projektionsgalvanometer . . . . .	276
25. Versuche über Elektrolyse . . . . .	277
26. Bleibaum und Zinnbaum . . . . .	282
27. Die Vorgänge im Voltaschen Elemente . . . . .	283
28. Projektion des elektrischen Lichtbogens . . . . .	283
29. Das Peltiersche Phänomen . . . . .	284
30. Versuche aus der Elektrodynamik . . . . .	284
31. Grundversuche über Diamagnetismus . . . . .	285
32. Modelle zur Erklärung der Vorgänge des Drehstromes, des Ferrari- schen Drehfeldes u. s. w. . . . .	286
33. Durchlässigkeit des Blattgoldes für grünes Licht . . . . .	286
34. Kaleidoskop . . . . .	286
35. Versuche über Nachbilder und Ermüdungserscheinungen . . . . .	287
36. Versuche über Irradiation . . . . .	288
37. Simultaner Kontrast. Farbige Schatten . . . . .	288
38. Versuche über optische Täuschungen . . . . .	288



	Seite
39. Projektionsstroboskop . . . . .	289
40. Versuche über Farbmischungen . . . . .	290
41. Die stereoskopische Projektion . . . . .	293
VI. Abschnitt: Die Verwendung des Skioptikons im chemischen Unterricht (von Dr. Friedrich Böck) . . . . .	297
Erfordernisse für chemische Versuche . . . . .	299
I. Physikalische Zustandsänderungen . . . . .	302
1. Aggregatsänderungen . . . . .	302
2. Auflösen und Kristallisieren . . . . .	306
3. Kristallinische Ausfällung von Salzen aus konzentrierter Lösung durch gleichionige Zusätze . . . . .	308
II. Indikatorreaktionen . . . . .	309
III. Elektrolyse . . . . .	310
1. Elektrolyse von Wasser . . . . .	310
2. Sekundäre Umsetzung der entladenen Ionen . . . . .	311
3. Elektrolytische Metallfällung . . . . .	312
4. Nachweis der freien Ionen einer Lösung . . . . .	313
5. Ionenwanderung . . . . .	314
IV. Chemische Auflösung von Metallen . . . . .	314
1. Wasserersetzung durch Alkalimetalle . . . . .	314
2. Auflösen von Zink . . . . .	315
3. Auflösen von Magnesium . . . . .	315
4. Auflösen von Aluminium . . . . .	315
5. Anodische Auflösung von Mangan unter Bildung von Permanganat . . . . .	316
6. Auflösung von Chrom . . . . .	316
V. Osmotischer Druck . . . . .	317
VI. Experimente mit kolloidalen Lösungen . . . . .	318
1. Kolloidales Arsensulfid . . . . .	318
2. Kolloidale Edelmetalle . . . . .	319
3. Katalytische Wirkung der Platinsole . . . . .	320
VII. Zelluloidzersetzung . . . . .	320
Verzeichnis der im Texte genannten Firmen . . . . .	322
Alphabetisches Sachregister . . . . .	323

## I. Abschnitt.

# Einrichtungen für gewöhnliche Projektion.

Der moderne Projektionsapparat oder das Skioptikon ist nur eine wesentliche Verbesserung der altbekannten, von dem Jesuitenpater Athanasius Kircher erfundenen *Laterna magica*\*), die in mannigfachen Ausführungen ein Spielzeug unserer Kinder bildet. Das Skioptikon dient am häufigsten zum Projizieren von Glasphotographien (Laternbildern), in besonderen Bauweisen zur objektiven Darstellung von undurchsichtigen Gegenständen, von mikroskopischen Präparaten und von Reihenbildern, ferner bei vielen physiologischen, physikalischen und chemischen Versuchen, um sie einem großen Zuhörerkreis gut sichtbar zu machen. In diesem Abschnitte sollen die Einrichtung des Instrumentes zur Projektion von Laternbildern nebst der Saaleinrichtung und der Betrieb des Skioptikons beschrieben werden, den weiteren angedeuteten Anwendungen und der Beschaffung von Laternbildern sind die folgenden Abschnitte des Buches gewidmet.\*\*)

\*) Beschrieben in der zweiten Auflage des Werkes: *Ars magna lucis et umbrae*; Amsterdam 1671. Einige weitere historische Angaben finden sich in: Dr. R. Neuhauss, Lehrbuch der Projektion.

### \*\*) Literatur über Projektionswesen:

Stein, Die optische Projektionskunst im Dienste der exakten Wissenschaften; Halle a. S., W. Knapp, 1887 (K 4.80).

C. Schiendl, Die optische Laterne; Karlsruhe, O. Nemnich, 1896 (K 4.80).

Herm. Schnauss, Der Projektionsapparat; Leipzig, Liesegangs Verlag (K 2.40).

Dr. W. Thörner, Die Verwendung der optischen Projektionskunst im Anschauungsunterricht, II. Aufl.; Leipzig (K 1.80).

Dr. Oskar Zoth, Die Projektionseinrichtung und besondere Versuchsanordnungen, Wien, Hartleben.

Lettner, Skioptikon, Einführung in die Projektionskunst, IV. Aufl., Leipzig, M. Eger, 1907, (K 1.80).

Dr. R. Neuhauss, Lehrbuch der Projektion; Halle a. S., Knapp, 1901 (K 4.80).

Karl Freyer, Das Skioptikon in der Schule; Dresden, Verlag des Apollo, 1904 (K 3.—).

Dr. J. Fricks Physikalische Technik, VII. Aufl. von Dr. O. Lehmann, I. Band, 1. Abteilg.; Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1904.

Bruno Mittelstrass, Das Skioptikon und seine Nebenapparate; 1905 (K —.60).

Prof. Dr. J. Classen, Zwölf Vorlesungen über die Natur des Lichtes; Leipzig 1905 (K 4.80).

Dr. Paul Liesegang und Dr. V. Berghoff, Die Projektionskunst für Schulen Familien und öffentliche Vorstellungen, XI. Aufl.; Leipzig, Liesegangs Verlag (M. Eger) 1906 (K 6.—).



## A. Der Projektionsapparat und seine Teile.

Die zahlreichen Bauformen des Skioptikons, welche ihm von verschiedenen Fabrikanten gegeben werden und deren mehrere in einem späteren Abschnitte beschrieben und abgebildet sind (S. 69), lassen stets folgende Teile erkennen (Fig. 1): Ein Gehäuse zur Aufnahme der

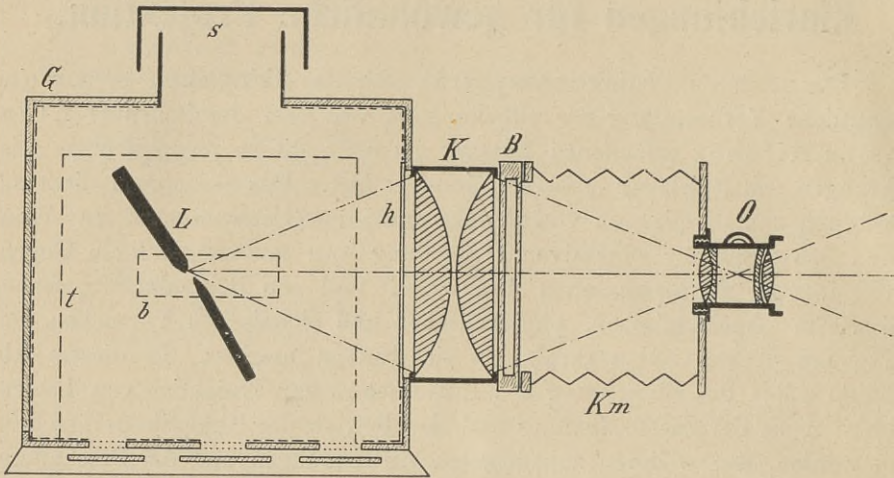


Fig. 1. Schema eines Skioptikons im Längsschnitt; *G* Gehäuse mit Asbestumkleidung, *s* Schornstein, *b* Beobachtungsfenster, *L* Lampe, *h* Hartglasscheibe, *K* Kondensator, *B* Bildträger, *Km* Kamera, *O* Objektiv.

Lichtquelle, mit einer oder mehreren Türen, Luftlöchern und einem Schornstein; den Kondensator (die Beleuchtungslinse), das ist gewöhnlich eine Vereinigung von 2 bis 3 Linsen, um die von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen zu sammeln und dadurch den zu projizierenden Gegenstand stark zu beleuchten; den Bildschieber für die Aufnahme der Laternenbilder und endlich, durch ein konisches Metallrohr oder einen Balg auszug damit verbunden, das Projektionsobjektiv, welches das

H. Schmidt, Anleitung zur Projektion photographischer Aufnahmen und lebender Bilder (K 3.60).

Réné Leblanc, *Les projections lumineuses à l'école, aux cours du soir et en famille*; Paris, E. Cornély et Cie. 1904 (K 2.10).

*Primus Lanternist's pocket-book*; Butcher' Sons, London, St. Bride Strset E. C. E. Trutat, *Traité général des projections*, 2 vol.; Paris. Ch. Mendel.

*Zeitschriften*: Laterna magica, seit 1904 unter dem Namen Skioptikon; Düsseldorf, ab 1877; hat seit Ende 1904 zu erscheinen aufgehört. — Eders Jahrbücher für Photographie. — Photograph. Zentralblatt und Photogr. Rundschau, Halle a. S., W. Knapp. — Lechners Mitteilungen photogr. Inhaltes; Wien, R. Lechner (W. Müller). — Der Kinematograph, Düsseldorf, Ed. Lintz, seit 1. Jänner 1907.



Glasbild in tunlichster Vergrößerung auf einer dem Apparate gegenüberstehenden Wand zu entwerfen hat. Bei größeren Instrumenten mit starken Lichtquellen soll zwischen Kondensator und Bildträger eine Kühlvorrichtung eingeschaltet sein, um einen Teil der Wärmestrahlen zurückzuhalten. Als Nebenerfordernisse sind die Projektionswand und eine Verdunkelungsvorrichtung für den Saal anzusehen.

## I. Das Gehäuse.

Bei sehr vielen Projektionsapparaten des Handels ist das Gehäuse aus kräftigem Eisenblech hergestellt, der Boden ist meist von einer Holzplatte gebildet und auch mit Blech überzogen. Dies ist jedoch nur genügend bei Verwendung von Lichtquellen, welche verhältnismäßig wenig Wärme produzieren, naturgemäß aber auch nur wenig Licht geben, also für kleine Apparate. Lichtquellen, wie das am meisten zu empfehlende elektrische Bogenlicht oder das Kalklicht erfordern einen geräumigen Kasten und sorgfältige innere Auskleidung mit Asbestpappe oder -schiefer. Trotz einer solchen erwärmen sich die Wände des Kastens noch sehr beträchtlich, namentlich wenn die Dimensionen zu klein gewählt worden sind, so daß der am Skioptikon Arbeitende bei ungeschickter Behandlung Gefahr läuft, sich die Finger an dem heißen Kasten zu verbrennen. Aus diesem Grunde werden von manchen Fabrikanten, besonders für große Instrumente, Holzgehäuse vorgezogen; dazu wird der Kasten aus Eichenholz\*) gefertigt (Fig. 2) und durch gute Verschraubung gefestigt, innen muß er sorgfältig mit Asbestplatten ausgekleidet sein, um einer zu starken Erhitzung des Holzes vorzubeugen. Die Vorderwand des Gehäuses, welche der Erwärmung am meisten ausgesetzt ist, wird mit Vorteil aus mehreren ineinander gefalzten Eichenholzbretchen gebildet. Gleichzeitig muß der Kasten aus demselben Grunde genügend geräumig und mit Luftöffnungen versehen sein, so daß ein fortwährender Strom von Luft durch das Gehäuse ziehe und eine Abkühlung bewirke. Das Gehäuse soll geräumig sein, mindestens soviel Raum gewähren, daß die Lampe leicht nach vorne und rückwärts verschoben werden kann. Als Mindestmaße für die Größenverhältnisse des Gehäuses müssen festgesetzt werden: eine Länge von 30 cm, eine Breite von 20 cm und eine Höhe von 25 cm.

Die Luftöffnungen müssen unten am Kasten angebracht sein, entweder im Boden selbst, was sehr gut möglich ist, wo das Gehäuse von vier mehr oder weniger hohen Füßen getragen wird, oder am unteren Rande der Seitenwand und an der Hinterwand; bei allen Öffnungen sollen ge-

---

\*) Es wurde mehrfach behauptet, daß ein Holzkasten infolge der beträchtlichen Hygroskopizität des Holzes eine fühlbare Entwicklung von Wasserdampf zu Beginn der Projektion oder beim Warmwerden zeige und dadurch ein lästiges Beschlagen der Kondensorlinsen mit Wassertröpfchen bewirke. Die Erfahrungen der Verfasser ergeben, daß dies keineswegs der Fall ist.



schwärzte Metallplatten so angebracht sein, daß hier wenig Licht aus dem Kasten herausdringen kann. An der Decke des Gehäuses wird gewöhnlich ein geräumiger Schornstein aus geschwärztem Blech aufgesetzt, durch welchen die heiße Luft und die Verbrennungsgase der Lichtquelle entströmen können. Er trägt gewöhnlich eine mit den Rändern übergreifende Kappe. Bei Verwendung von Petroleumlicht ist es gut, dem Schornstein eine ziemliche Höhe zu geben und dadurch den Luftzug zu vergrößern. Bei Projektion von Lichtbildern braucht man nicht ängstlich darauf bedacht zu sein, daß durch Luftlöcher und Schornstein kein Licht aus dem

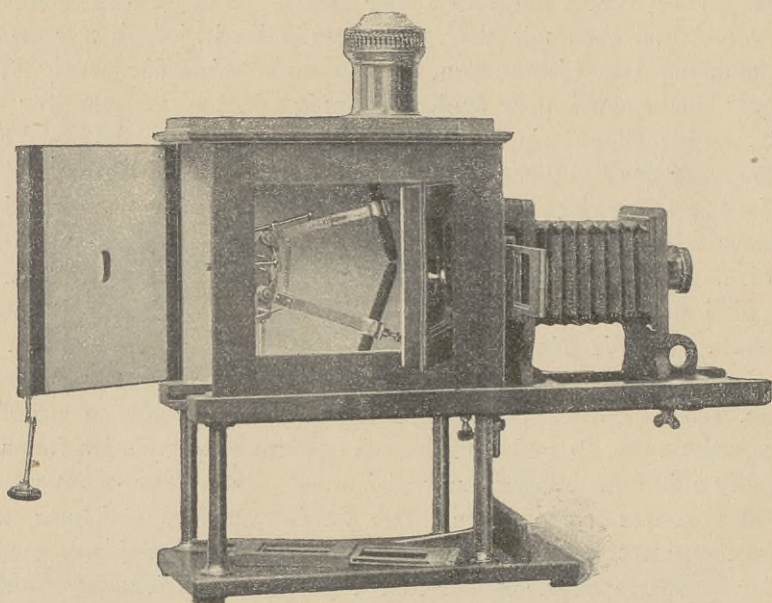


Fig. 2. Sklioptikon mit Holzgehäuse, mit Asbest gefüttert, auf Metallfüßen.  
(Schulsklioptikon, Type 00, von A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien.)

Gehäuse dringe. Solches zerstreutes Licht in nächster Umgebung des Projektionsapparates ist einerseits für den Bedienenden sehr angenehm, anderseits ganz unschädlich für die Schönheit des Projektionsbildes, um so mehr, als der Apparat in den meisten Fällen hinter den Sitzreihen der Beschauer aufgestellt ist, so daß für diese das aus dem Sklioptikon seitlich austretende Licht keinerlei Störung verursacht.\*)

Namentlich auf den unteren Stufen des Unterrichts ist es für den Lehrer sehr wünschenswert und für die Aufrechthaltung der Disziplin vielleicht notwendig, daß im Lehrsaale genug zerstreutes Licht vorhanden sei, um die einzelnen Schüler noch erkennen zu können. Je kräftiger die Licht-

\*) Projektionsapparate, welche für die Herstellung von photographischen Vergrößerungen bestimmt sind, müssen natürlich derartig gebaut sein, daß kein in diesem Falle schädliches Seitenlicht aus dem Gehäuse dringen kann.



quelle ist, desto weniger macht sich das zerstreute Licht bemerkbar, ja es geht ganz gut, beim Unterricht während der Lichtbildervorführungen die schwarzen Vorhänge eines rückwärtigen Fensters nicht vollkommen zu schließen, so daß in der Saale Dämmerlicht herrscht und die Schüler sogar imstande sind, dabei, wenn nötig, Notizen zu machen. Natürlich ist dies nur möglich, wenn das Projektionsbild an der Wand ausreichend lichtstark ist, also durch das zerstreute Licht in der Saale nicht beeinträchtigt wird. Wenn Projektionen auf einem durchscheinendem Schirme vorgeführt werden (besonders im physikalischen Unterricht), wobei sich der Apparat hinter dem Schirme, gegenüber den Beschauern befindet, so kann bei Benützung einer kräftigen Lichtquelle der Saal sogar völlig unverdunkelt gelassen werden. Hingegen wird man bei objektiver Darstellung von mikroskopischen Präparaten mittels des Projektionsmikroskops, bei episkopischer und bei kinematographischer Projektion sowie bei vielen optischen Versuchen für möglichste Verfinsterung sorgen müssen.

Das Gehäuse soll an beiden Seiten leicht zu öffnende Türen besitzen, um die vorbereitenden Arbeiten an der Lichtquelle bequem vornehmen zu können. An jeder der beiden Türen soll ein Schaufensterchen mit dunkelblauem oder violetterem Glas eingesetzt sein, damit man während der Projektion die Beschaffenheit der Lichtquelle gut beobachten kann, ohne von ihrem kräftigen Licht geblendet zu werden; bei Anwendung von elektrischem Bogenlicht mit Handregulierung ist eine häufige Beobachtung des Lichtbogens und der Kohlenstellung unbedingt notwendig. Die Rückwand des Gehäuses fehlt bei manchen Bauweisen ganz und wird dann durch einen lichtdichten, verschiebbaren Vorhang ersetzt oder es befinden sich in ihr ein oder mehrere Ausschnitte, um bei Verwendung von elektrischem Licht die Kabel eintreten zu lassen und Raum für die Regulierungsvorrichtungen zu bieten oder bei Benützung von Kalk- oder Gaslicht den Gasschläuchen Zutritt zu gestatten.

An der Vorderwand des Gehäuses befindet sich der Kondensator. Seine Frontlinse ist einer sehr starken Erhitzung durch die Lichtquelle ausgesetzt, besonders bei Verwendung von elektrischem Bogenlicht, so daß sie der Gefahr zu springen beträchtlich ausgesetzt ist. Zum Schutze der ersten Kondensatorlinse wird daher mit Vorteil eine Glimmer- oder Hartglasplatte an der Stirnwand, der Lampe gegenüber, vorgeschaltet.\*) Eine Glimmerplatte, wie sie unter anderem die Firma Reichert-Wien für ihre größeren Apparate anfertigt, in Messing gefaßt und auf die hintere Linse des Kondensators aufsteckbar,\*\*) gewährt den großen Vorteil, auch bei größter Erhitzung nicht zu springen. Infolge der geringen Härte des Materials wird sie sehr leicht zerkratzt und stört durch ihre bräunliche Färbung auch

\*) Gute Hartglasplatten liefern u. a. Fr. Siemens in Berlin und Schmidt & Haensch in Berlin.

\*\*\*) Preis einer Glimmerscheibe für 150 mm Linsendurchmesser K 9.—.



merklich die Helligkeit des Lichtes. Gute Hartglasplatten sind wegen ihrer vollkommenen Durchsichtigkeit und ihrer ebenen Flächen daher besser zu empfehlen.

Dr. Neuhauss\*) empfiehlt, den Kondensator derartig an der Vorderwand des Gehäuses anzubringen, daß zwischen der Schutzglas- oder Glimmerplatte und der hinteren Linse des Kondensators ein mehrere Zentimeter tiefer Kasten als Schutzraum angebracht werde, an seinem Umfange mit einigen Löchern versehen, so daß stetig Luft durch diesen Raum streichen und die Linsen kühlen kann. Es liegt nahe, daß die Größenverhältnisse dieses Vorbaues und der von der Fassung freigelassenen Fläche der Schutzplatte derartig gewählt sein müssen, daß die Lichtstrahlen der Lampe die ganze Fläche der Kondensatorhinterlinse treffen, um nicht durch Abschneidung eines Teiles des Lichtkegels Verluste an Licht zu erfahren.

## II. Der Kondensator.

Der Kondensator, richtiger Kondensator, zu deutsch Beleuchtungslinse, hat an dem Skioptikon die Aufgabe, die divergierend von der Lichtquelle kommenden Strahlen zu sammeln und so das zu projizierende

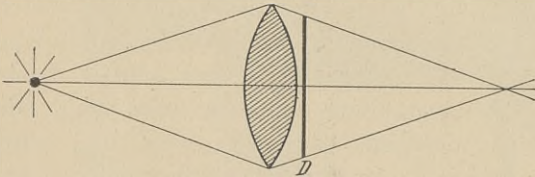


Fig. 3. Strahlengang bei einem einfachen Kondensator (bikonvexe Linse); *D* Diapositiv.

Laternbild möglichst ausgiebig zu beleuchten. Würde man auf die Anbringung eines Kondensators verzichten, so würde nur ein so kleiner Teil des Bildes zur Projektion gelangen können, als er von einem dem Durchmesser des Objektivs entsprechenden Lichtbündel durchlaufen würde. Als Kondensator könnte, wie leicht einzusehen, eine Bikonvexlinse dienen, von welcher die Lichtquelle in der doppelten Entfernung der Linsenbrennweite aufgestellt wäre. In diesem Falle (Fig. 3) würden die Lichtstrahlen sich in einem ebenfalls in der doppelten Brennweite befindlichen Punkte vereinigen und das dicht vor der gegenüberliegenden Seite der Linse angebrachte Lichtbild kräftig beleuchten.

**Zweiteiliger Kondensator.** Bei allen besseren Projektionsapparaten sind jedoch statt einer Bikonvexlinse zwei plankonvexe Linsen als Kondensator angebracht und mit den gekrümmten Flächen einander gegenüber gestellt. Dadurch wird eine sehr gute Ausnützung der von der Lampe kommenden Lichtstrahlen erzielt und die durch die Kugelflächen der Außenseite einer einfachen Linse bedingten Fehler werden weniger fühlbar. Jede der Kondensatorlinsen ist aus gewöhnlichem Glas durch Schleifen hergestellt und weder sphärisch noch chromatisch korrigiert. Eine derartige Korrektur würde den

\*) l. c., S. 4.



Preis für solche Linsen von immerhin sehr bedeutendem Durchmesser (90 bis 160 mm) außerordentlich erhöhen. Jede der beiden plankonvexen Linsen hat die doppelte Brennweite einer bikonvexen Linse von gleicher Krümmung. Als „Hinterlinse“ soll hier (wie in dem Werke von Neuhauss) stets die der Lichtquelle zugewendete, als „Vorderlinse“ die der Projektionswand zugekehrte Kondensorlinse bezeichnet werden. Wenn die Lichtquelle nun in den Brennpunkt der hinteren Linsenhälfte gerückt wird, so werden die Lichtstrahlen in ein paralleles Strahlenbündel verwandelt, das durch die zweite (Vorder-)Linse des Kondensors wieder zu einem Strahlenkegel gebrochen wird, dessen Spitze in der einfachen Brennweite dieser zweiten Linse liegen muß. Es ergibt sich demnach, daß mit den beiden plankonvexen Linsen dieselbe Wirkung bei gleicher Entfernung der Lichtquelle von der Hinterlinse bewirkt werden muß, wie bei Anwendung einer einfachen Bikonvexlinse. Wie aus der Zeichnung (Fig. 4) hervorgeht, muß die Lichtquelle genau in die optische Achse der Linsen zu liegen kommen,

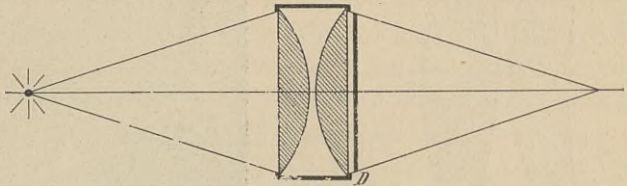


Fig. 4. Strahlengang im gewöhnlichen Doppelkondensator; D Diapositiv.

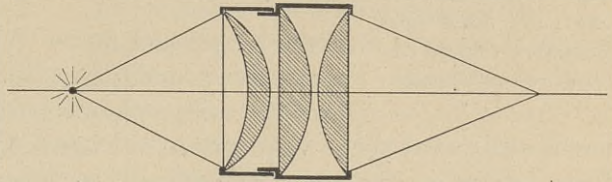


Fig. 5. Strahlengang in einem dreifachen (Triplex-)Kondensator.

daher vom Hause aus mit Vorrichtungen versehen sein, damit die richtige Stellung der Lichtquelle von dem das Skioptikon Bedienenden leicht durchgeführt werden kann. Man nennt das richtige Stellen der Lampe „Zentrieren“. (Eingehendes darüber Seite 92.) Daß eine richtige Stellung der Lampe ungefähr im Brennpunkte der Hinterlinse ist, geht aus folgender Überlegung hervor: Rückt die Lampe bedeutend näher gegen die Linse, so würde wohl ein größerer Lichtkegel die Hinterlinse treffen, ein Teil der Strahlen aber würde beim Durchgang durch die erste Linse nicht parallel werden, sondern divergierend die Vorderlinse treffen und die Randstrahlen würden nur zur Kondensorfassung kommen und störende Reflexe bewirken.\*) Ein zu starkes Zurückgehen der Lampe hinter die Linse würde aber den Kegel der den Kondensator treffenden Strahlen verkleinern und eine schlechtere Beleuchtung des Laternbildes bedingen.

\*) Eine ausführliche Erklärung der optischen Vorgänge findet sich in Neuhauss, l. c., S. 10.



Eine unsymmetrische Form der Doppelkondensatoren wird von der optischen Anstalt G. Rodenstock in München in den Handel gebracht\*) bestehend aus einer bikonvexen und einer Meniskus-(periskopisch-konvexen)Linse, in schwarz gebeizter Messingfassung mit Gewinde zum Auseinandernehmen, um die Linsen leicht reinigen zu können (Fig. 6); sie soll lichtstärker sein als die übliche Form aus zwei plankon-

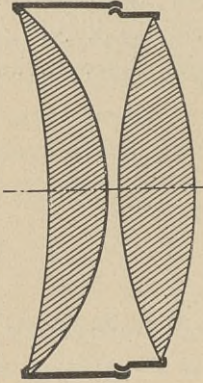


Fig. 6. Unsymmetrische Form des Doppelkondensators von G. Rodenstock in München.

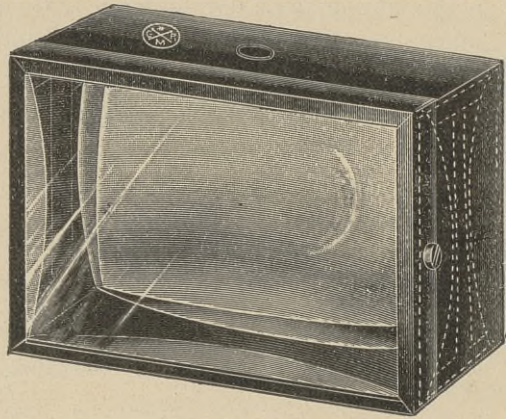


Fig. 7. Rechteckiger Kondensator.

vexen Linsen und in der Wirkung den später zu besprechenden dreiteiligen Kondensoren nahekommen.

Eine uns recht praktisch erscheinende Neuerung bilden die Kondensatoren von rechteckiger Form (Fig. 7) derselben Firma; sie geben eine sehr gleichmäßige Beleuchtung der Bilder und gestatten eine nicht unwesentliche Raumersparnis, sie lassen sich bequem auseinandernehmen und leicht reinigen.\*\*)

**Brennweite des Kondensators.** Im allgemeinen liegt die theoretische Annahme nahe: Je näher die Lichtquelle an den Kondensator gerückt werden kann, also je kürzer die Brennweite der Linse ist, ein um so breiterer Lichtkegel muß den Kondensator treffen, infolgedessen wird also die erzielte Helligkeit größer sein. In der Praxis ergibt sich aber eine natürliche Grenze: ein allzu starkes Nähern der Lichtquelle ist wegen der sich geltend machenden Hitze für die Linsen gefährlich und würde sehr leicht ein Springen der Hinterlinse bewirken können. Es ist üblich, den Kondensorlinsen eine solche Krümmung zu geben, daß die Brennweite der Linsenkombination

\*) Preise der Doppelkondensatoren von unsymmetrischer Form: bei einem Linsendurchmesser von 120 mm Mk. 15.—, von 160 mm Mk. 33.—, und von 230 mm Mk. 90.—. Vor­rätig sind 15 Größen zwischen 103 und 320 mm (Preise der gewöhnlichen Kondensatoren S. 10).

\*\*) Preis eines rechteckigen Kondensators mit 2 Linsen, Format 93 × 123 mm, für Platten bis 9 × 12 cm, Mk. 27.—; Größe 105 × 133 mm bis zur Plattengröße 10 × 13 cm, Mk. 40.—; einzelne solcher Kondensorlinsen, ohne Fassung, kosten Mk. 10.— bzw. Mk. 16.— das Stück. — Derartige Kondensoren wurden zuerst von H. Bellieni in Nancy verfertigt.



gleich dem anderthalbfachen Linsendurchmesser ist, also z. B. bei 12 cm Durchmesser 18 cm beträgt.

**Größe des Kondensors.** Der Durchmesser des Kondensors steht in Beziehung zur Größe der zu projizierenden Bilder. Das heute noch meist verbreitete Format für Laternbilder ist  $8.2 \times 8.2 \text{ cm}$ , wobei rings am Rand ungefähr je 6 mm durch die Bildmaske verloren gehen, mithin als eigentliche, zu beleuchtende Projektionsbildfläche  $7 \times 7 \text{ cm}$  erübrigt. Der Durchmesser des Kondensors muß also mindestens so groß sein, wie die Diagonale des quadratischen Bildes, also rund 10 cm betragen. Von anderen Platten- oder Bildformaten kommen für gewöhnlich noch in Betracht die Größe  $8.5 \times 10 \text{ cm}$  (wobei meistens auch nur das eingezeichnete Quadrat in der Größe von  $7 \times 7 \text{ cm}$  für das Bild benützt wird) und die Plattengröße  $9 \times 12 \text{ cm}$ . Die erforderlichen kleinsten Durchmesser für den Kondensor und die Abstände der Lichtquelle von der Hinterlinse des Kondensors berechnen sich demnach für die angegebenen Formate wie folgt:

Bei Plattenformat:	$8.2 \times 8.2 \text{ cm}$	Durchmesser des Kondensors	10 cm,
		Entfernung der Lichtquelle	ungefähr 15 cm.
„	„	$8.5 \times 10$	„ Durchmesser des Kondensors 12 cm,
			Entfernung der Lichtquelle ungefähr 18 cm.
„	„	$9 \times 12$	„ Durchmesser des Kondensors 14 cm,
			Entfernung der Lichtquelle ungefähr 21.5 cm.

Es empfiehlt sich, den Linsendurchmesser um etwa 1—2 cm größer zu wählen, als für das benützte Plattenformat unbedingt notwendig ist. Wenn die Randzone nicht vollständig benützt wird, so bekommt man gleichmäßigere Beleuchtung der Bildfläche, weil die sphärische Abweichung sich weniger geltend macht.

**Dreiteiliger Kondensor.** Manche Fabrikanten geben dem Skioptikon für die langbrennweitigen Projektionsobjektive einen Kondensor, der aus einer plankonvexen Vorderlinse und einer meniskenförmigen Hinterlinse besteht. Diese Konstruktion bildet den Übergang zu einer weiteren Form, nämlich zu dem dreifachen Kondensor oder Triplekondensor, wie er bei größeren Instrumenten (z. B. der Firmen Reichert-Wien, Ebeling-Wien, Zeiss-Jena) angewendet wird, das heißt der Kondensor ist aus drei Linsen zusammengesetzt, von denen die Hinterlinse meist meniskenförmig (konkavkonvex) geschliffen ist (Fig. 8). Sie haben den Vorteil,

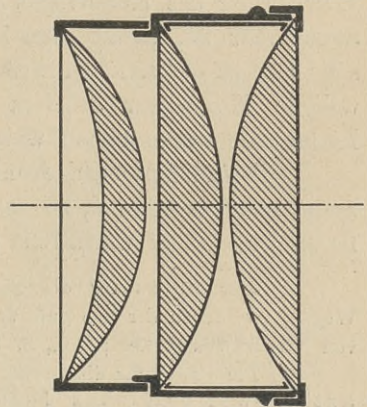


Fig. 8. Dreiteiliger Kondensor.

daß sie eine größere Annäherung\*) der Lichtquelle an die Hinterlinse, mithin

\*) Die Notwendigkeit, die Frontlinse (Hinterlinse) meniskenförmig zu machen, ist mathematisch unschwer nachzuweisen. Näheres darüber siehe Neuhauss, I. c., Seite 14.



einen großen ausnutzbaren Lichtkegel liefern. Dies geht aus der Vergleichung der Figuren 4 und 5 hervor; bei ersterer zeigt der ausnutzbare Lichtkegel einen Winkel von 36 Grad, bei der zweiten, einem dreifachen Kondensator, einen Winkel von 54 Grad. Die Gefahr des Springens der Linse ist dadurch verringert, daß die der Hitze am stärksten ausgesetzte Hinterlinse weniger gekrümmt, also flacher, oder besser noch und wie üblich konkavkonvex gewählt werden kann. Jedenfalls müssen die Krümmungen der Linse derartig beschaffen sein, daß die von den beiden hinteren Linsen gebrochenen Lichtstrahlen achsenparallel auf die vorderste Linse auffallen, um von ihr zu einem konvergenten Strahlenbündel umgewandelt zu werden.

Daß bei dem Durchgange des Lichtes durch drei Linsen, also bei einem Triplekondensator, durch Absorption und Reflexion an den Linsenflächen mehr Licht verloren geht (ungefähr 20% der den Kondensator treffenden Lichtmenge), als bei dem zweifachen Kondensator, ist einleuchtend, trotzdem ist die gesamte bei ersterem ausnutzbare Lichtmenge größer als bei letzterem, er ist diesem also entschieden überlegen.\*)

Dr. Neuhaus hat an verschiedenen im Handel erhältlichen Kondensatoren Berechnungen durchgeführt, aus denen sich ergibt, daß „die dreiteiligen im allgemeinen zwei- bis dreieinhalbmal mehr Licht aufzunehmen im stande sind wie die zweiteiligen“. Er empfiehlt die Verwendung von dreiteiligen Beleuchtungslinsen aber nur dann, wenn ihr Durchmesser mindestens 12 cm beträgt, da die kleinen Kondensatoren von etwa 10 cm ohnehin schon sehr kurze Brennweite haben. Das Hinzutreten einer Meniskuslinse als hinterste Linse würde eine allzu große Annäherung der Lichtquelle an den Kondensator und damit eine große Gefährdung seiner Linsen durch die Hitze nach sich ziehen. Dr. Neuhaus hält es auch für zweckmäßig, die Einrichtung des Kondensators so zu treffen, daß die hintere (Meniskus-)Linse abnehmbar ist, damit man im Bedarfsfalle, besonders bei Anwendung von sehr starken elektrischen Strömen für die Bogenlampe, nur mit einem zweiteiligen Kondensator arbeiten und infolgedessen die außerordentlich heiße Lichtquelle entsprechend weiter vom Kondensator forttrücken kann.

Die Preisunterschiede zwischen zwei- und dreiteiligen Kondensatoren sind heute nicht bedeutend, so daß die Anbringung von letzteren bei jedem größeren Instrument wärmstens empfohlen werden darf.\*\*)

\*) Der Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung wird auf mathematischen Wegen, von denen der eine gute Vertrautheit mit trigonometrischen Rechnungen voraussetzt, von Neuhaus geführt; l. c., S. 15—17.

\*\*) Die Preise für die beiden Formen von Kondensatoren sind nach der Preisliste der Rathenower optischen Industrieanstalt, vorm. Emil Busch, A. G.:

Linsendurchmesser:	Weißblechfassung:	Messingfassung:
120 mm.	Mk. 23.—	Mk. 40.—
160 "	" 33.—	" 57.—
235 "	" 73.50	" 112.—

Die dreiteiligen Kondensatoren von G. Rodenstock in München kosten in den ungefähr gleichen Größen Mk. 33.—, bezw. Mk. 45.— und Mk. 105.—.



**Anforderungen an die Kondensorlinsen:** Der Durchmesser des Kondensors muß, wie schon aus der oben mitgeteilten Tabelle hervorgeht, in einem bestimmten Verhältnisse zur angewendeten Bildgröße der Laternbilder stehen. Die Linsen müssen aus farblosem Glase geschliffen sein. Merklich gelbliche oder grünliche Färbung beeinträchtigen die Helligkeit des Bildes. Große Luftblasen oder Schlieren sollen fehlen, besonders in der Vorderlinse, da sie sich zusammen mit dem vorgeführten Laternbilde auf der Projektionswand abbilden und dadurch sehr störend wirken. Wenn das Skioptikon längere Zeit in einem kühlen Raume gestanden hat, so beschlagen sich die Kondensorlinsen

im Anfange der Benützung mit Feuchtigkeit und es ist gut, wenn man sie durch leichtes Abwischen davon befreit. Die Fassung der Linsen soll derart beschaffen sein, daß sie sich leicht auseinandernehmen läßt, um die Linsen reinigen zu können. Die Fassungen mit Bajonettverschluß, wie sie u. a. die Firmen Busch in



Fig. 9. Auseinandernehmen des durch Bajonettverschluß verbundenen Kondensors.

in München, Voigtländer & Sohn in Braunschweig liefern (Fig. 9), sind in dieser Hinsicht sehr bequem, ebenso die Einrichtung zum Aushängen der Vorderlinse an dem „Schulprojektionsapparat, Type NOR“ der Firma F. Ernecke in Berlin (siehe Fig. 179 auf S. 194).

Ferner ist wichtig, daß die Linsen locker in der Fassung sitzen, ja sogar bei leichtem Schütteln des Kondensors sich darin bewegen.

Straffe Fassung kann sehr leicht ein Springen der Linsen bewirken, wenn sie durch die Lichtquelle stark erhitzt werden. An den Linsenflächen des Kondensors können durch Reflexion des

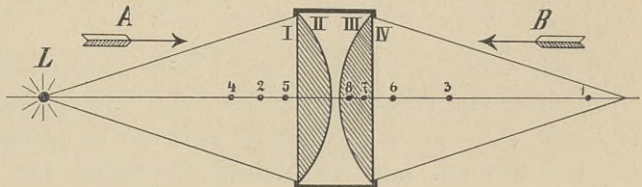


Fig. 10. Stellung der Spiegelbildchen in einem Doppelkondensator (nach E. Busch, Akt. Ges. in Rathenow).

Lichtes Spiegelbilder auftreten, welche einen Lichtfleck in der Mitte des projizierten Bildes bewirken und störenden Einfluß auf die gleichmäßige Beleuchtung des Bildes üben. Wengleich diese Störungen bei Projektionen von geringem Belang sind, hingegen bei photographischen Vergrößerungen mittels Skioptikons sich unliebsam geltend machen,



so möge die Entstehung von Spiegelbildchen im Kondensor doch an der Hand der Fig. 10 erörtert werden. *L* bedeutet die Lichtquelle; sieht man in der Richtung *A* in den Apparat, so werden die Spiegelbilder 4, 2, 3 und 1 sichtbar, sieht man in der Richtung *B*, so gewahrt man die Bildchen 6, 7, 8 und 5. Die Bildchen 1, 3 und 5 sind virtuell und aufrecht, die übrigen sind reelle, verkleinerte und umgekehrte Spiegelbilder, die man zum Teil auf einem Stückchen durchscheinenden Papiers an den angegebenen Stellen auffangen kann. Störend können sich die Bilder 6 (durch erste Reflexion in Fläche *IV* und eine zweite in Fläche *III* hervorgerufen) und 7 (herrührend von den zuerst an Fläche *IV* und dann an Fläche *II* reflektierten Strahlen) geltend machen. Abhilfe vermag im ersten Falle eine richtige Anordnung von Objektiv und Laternbild zu verschaffen, so daß dieses Spiegelbild nicht auf der Wand mit abgebildet wird; sollte der schädliche Einfluß in der gleichmäßigen Bildbeleuchtung vom Spiegelbild 7 herrühren, so kann er durch Veränderung des Abstandes der beiden Kondensorlinsen behoben werden.\*)

Endlich soll der ganze Kondensor außerhalb der Vorderwand des Kastens Platz finden, nicht in die Kastenwand eingebaut sein und außerdem soll die zylindrische Fassung des ganzen Kondensators einige Luftlöcher besitzen. Durch diese beiden Ein-

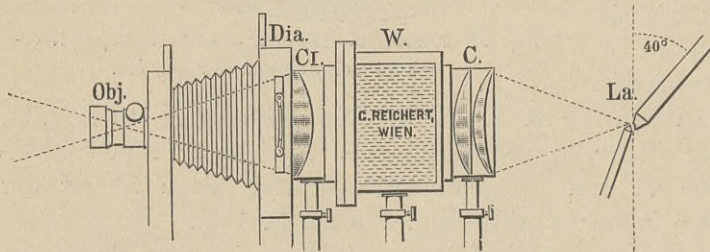


Fig. 11. Schema der Anbringung einer Kühlkammer zwischen den Kondensorlinsen. (*La* Lampe, *C* Kondensor, *W* Wasserkammer, *Cl* Vorderlinse des Kondensors, *Dia* Bildträger, *Obj* Objektiv.)

richtungen findet eine ausreichende Kühlung der Kondensorlinsen statt. Bei großen Apparaten (wie in Fig 11), an denen ein dreifacher Kondensor angebracht ist,

wird mit Vorteil zwischen die beiden Hinterlinsen und die plankonvexe Vorderlinse ein Wasserbehälter als Kühlgefäß eingeschaltet. Es ist dies vorteilhafter, als wenn das Kühlgefäß zwischen Kondensor und Bildträger gestellt ist, weil dadurch nur ein kleiner Lichtkegel für das Laternbild erübrigt wird. In diesem Falle muß der Durchmesser des Kondensors samt Kühlapparat wesentlich größer gewählt werden, als wenn der Bildträger sich dicht vor der Vorderlinse des Kondensors befindet, wie aus den Fig. 4 und 5 leicht einzusehen ist.

\*) Nach Katalog der Rathenower optischen Industrieanstalt vorm. E. Busch, S. 55.



### III. Die Kühlkammer.

Bei der Verwendung von allen stark Wärme erzeugenden Lichtquellen, wie Kalkglühlicht und elektrischem Bogenlicht (namentlich bei einer Stromstärke von mehr als 20 Amp.), ist die Anbringung eines Kühlgefäßes zur teilweisen Absorption der Wärmestrahlen sehr wünschenswert, bei Verwendung eines Projektionsmikroskops geradezu unerlässlich, um die Glasbilder bzw. die mikroskopischen Präparate gegen Zerstörung durch die Hitze zu schützen. Leider fehlt an fast allen billigeren Apparaten des Handels diese wichtige Einrichtung. Solange es sich nur um verhältnismäßig rasches Vorführen von Laternbildern, z. B. bei Lichtbildabenden in photographischen Vereinigungen oder bei populären Vorträgen handelt, wo zu jedem der Bilder nur eine kurze Erläuterung gegeben wird, macht sich der Mangel eines Kühlgefäßes nicht sonderlich bemerkbar. Dennoch wird jedermann, dem an seinen Laternbildern gelegen ist und der sie vor Schaden zu bewahren trachtet, mit einiger Sorge seine Bilder in Apparaten ohne Kühlvorrichtung projizieren. Bei der Benützung des Skioptikons im Unterricht ist es aber häufig unerlässlich, eingehende Erörterungen zu dem Bilde zu geben, oder richtiger gesagt, der Vortrag des Lehrers soll unter genauer Betrachtung des Bildes in allen seinen Details verständlich und anschaulich werden. Der Lehrer darf daher keinesfalls durch die Rücksichtnahme auf die Laternbilder zu einer Abkürzung seiner Erklärungen oder zu rascher, flüchtiger Erörterung gezwungen werden. In sehr vielen Fällen muß das Diapositiv vielleicht 5—10 Minuten lang im Projektionsapparat bleiben und wird dann, wenn keine Kühlkammer vorhanden ist, so heiß, daß die Galatineschicht des Bildes Blasen bekommt oder gar zu schmelzen beginnt. Das Diapositiv ist dann verloren und meist bringt es das tückische Geschick mit sich, daß dies schwer oder gar nicht wieder zu beschaffenden Bildern zustößt. Mikroskopische Präparate leiden selbst in Projektionsapparaten mit Kühlvorrichtung bei längerer Belichtung merkbar; ist kein Kühler vorhanden, so wird manchmal nach wenigen Sekunden das Präparat verdorben. Und abgesehen von den Gefahren der Hitze für das Diapositiv oder das mikroskopische Präparat ist auch bei solchen unvollkommenen Apparaten eine große Gefahr für das Projektionsobjektiv vorhanden, dessen Linsenkitt erweichen oder dessen Linsen gar infolge der Erhitzung zerspringen können. Denn man darf nicht vergessen, daß die konvergierenden Strahlen eben an der Stelle des Objektivs sich treffen, daß also hier auch die Wärmestrahlen gesammelt werden.

Meistens besteht die Kühlkammer aus einem ringförmigen oder kurzzyklindrischen Metallgefäß mit daran gekitteten, planparallel geschliffenen Spiegelscheiben oder zwischen die Spiegelplatten und den Metallrand des Gefäßes sind Dichtungsringe gelegt und der dichte Abschluß geschieht durch Verschrauben. Eine an der zylindrischen Metallwand oben angebrachte Öffnung dient zum Entleeren und Füllen des Kühlgefäßes. Sie ist mit einem



Schraubenverschlüsse, in welchem ein Kautschukring als Dichtung eingelegt wird, luftdicht verschlossen. Diese Füllöffnung soll so weit sein, daß man mit der Hand in das Gefäß greifen kann, um die nach längerem Stehen des Wassers stets trüb werdenden Glasscheiben gut und bequem reinigen zu können. Derartige besonders geräumige und innen versilberte Kühlgefäße wurden zuerst von der Firma Plöbbl in Wien ihren großen Apparaten beigegeben. Die Dicke der Kühlkammer, von einer Glasscheibe zur anderen gerechnet, soll mindestens 3 *cm* (nach Neuhauss) betragen, meist wird sie 10 *cm* oder darüber gemacht und genügt dann vollkommen ihrem Zwecke.

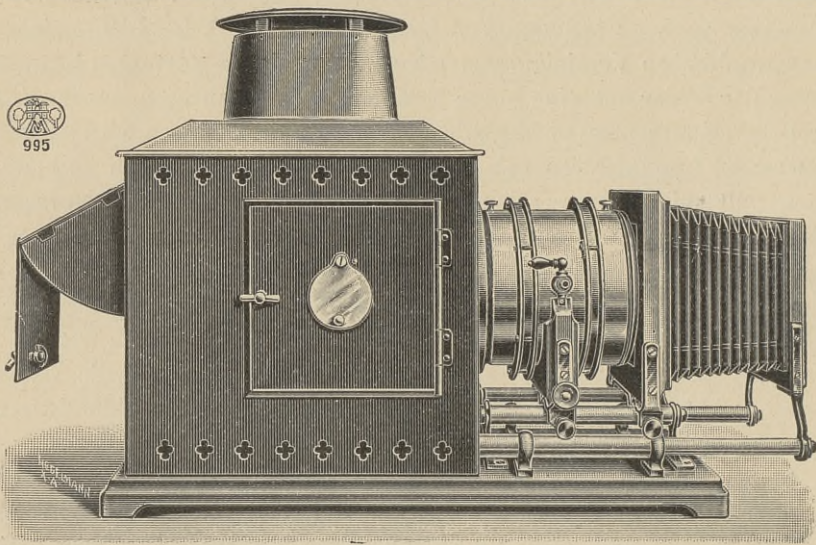


Fig. 12. Skioptron mit Wasserkühlkammer und Wasserzu- und -ablauf zwischen den Kondensorlinsen. (Gebrüder Mittelstrass in Magdeburg.)

Auf jeden Fall ist Bedingung, daß die Glasplatten völlig eben geschliffen und genau parallel zu einander angebracht sind. Die Kittung muß mit größter Sorgfalt gemacht sein und vollkommene Dichtigkeit gewähren. Mehrere Firmen (C. Reichert in Wien, Zeiss in Jena, S. Fuess in Steglitz—Berlin, Max Kohl in Chemnitz, E. Leybolds Nachf. in Köln, Gebr. Mittelstrass in Magdeburg, Ebeling in Wien u. a.) bringen an den Kühlkammern ihrer großen Projektionsapparate eine Zu- und Ablaufröhre für Wasser an (Fig. 12), so daß während der Projektion stetig ein langsamer Wasserstrom die Kammer passiert, was gewiß die denkbar beste Kühlung gibt, aber in den meisten Fällen wegen Mangels an geeignetem Wasserzufluß und -abfluß in Projektionszügen schwer angewendet werden kann. Die Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin erzeugt an Stelle der Metallkühlkammern schmale, rechteckig geformte Glasflaschen, deren Hauptwände wenigstens an den beiden Außenflächen sorgfältig planparallel geschliffen sind; der Preis einer solchen Kühlflasche ist gering und sie hat den Vorteil, nicht undicht werden



zu können. Eine eigenartige Kühlkammer in Form einer ziemlich flachen Küvette hat Obering. Ruppert konstruiert, welche beiderseits Zinkgefäße trägt, die mit der Kühlkammer kommunizieren (Fig. 13); infolge der Erwärmung des Wassers in der Küvette während der Projektion entsteht eine Strömung in den Gefäßen und das Wasser der Küvette wird dadurch kühl gehalten. An den Seitengefäßen befindliche Ansatzröhren gestatten auch, einen Strom von Wasser aus einer Leitung stetig zu- und abfließen zu lassen.

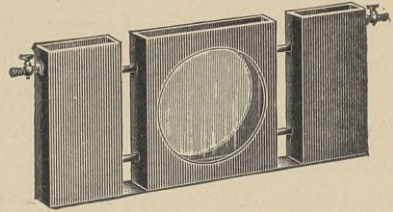


Fig. 13. Einfache Küvette mit Wasserzirkulation (nach E. Liesegang, Düsseldorf).

**Stellung der Kühlkammern.** Was die Stelle betrifft, an welcher die Kühlkammer angebracht werden soll, so läßt sich dafür keine Norm angeben. Wenn es sich bei der Benützung des Skioptikons ausschließlich um Projektion von Glasbildern handelt, so ist die Anbringung zwischen Kondensator und Bildträger, also vor der vorderen Kondensorlinse, am bequemsten (siehe Fig. 138), wie sie zuerst von der Firma Plöbbl & Ko. in Wien benützt worden ist. Natürlich geht, wie schon früher auseinandergesetzt wurde und ohne Schwierigkeit erleuchtet, dadurch die Möglichkeit verloren, den vollen Durchmesser der Kondensorlinsen auszunützen, also bei einem Kondensordurchmesser von 15 cm größere Bilder als die üblichen  $8.2 \times 8.2$  cm Diapositive zu projizieren, ein Übelstand, der sich aber bei einer auf Grund dieses Bildformates angelegten Sammlung nicht fühlbar macht. Die von Zeiss, Reichert und anderen bevorzugte Anbringung der Kammer zwischen der mittleren und dritten (Vorder-)Linse des Kondensors (siehe Fig. 11 und 12) umgeht vollständig den letztgenannten Übelstand, denn die aus der Vorderlinse konvergent austretenden Strahlen treffen sofort das im anstoßenden Bildträger eingeschobene Glasbild und es wird durch den Lichtkegel nur ein verschwindend kleiner Rand der Platte abgeschnitten, man kann also auch Bilder von etwa  $9 \times 12$  cm Größe bei einem Kondensator von 15 cm Durchmesser projizieren. Der zweiten Anordnung der Kühlkammer kommt aber weiter noch der große Vorteil zu, bei physikalischen Versuchen mit dem Projektionsapparat, wobei man häufig parallel Lichtstrahlen benötigt, sofort anwendbar zu sein. Man braucht dann nur die Vorderlinse des Kondensors zu entfernen und die Lichtstrahlen verlassen dann den Apparat achsenparallel. Die Kühlkammer kann an ihrer Stelle bleiben oder auch weggenommen werden, da sie für die meisten physikalischen Versuche überflüssig ist. Bei Anbringung der Kühlkammer außerhalb des Kondensors muß sie jedenfalls entfernt und dann noch die Vorderlinse abgeschraubt werden, um das Licht in gewünschter Weise zu erhalten.



**Füllen der Kühlkammer.** Wenn das Wasser der Kühlkammer und die Innenseiten der Glasscheiben trübe geworden sind, entleert man das Kühlgefäß und wischt das Innere, besonders die Glasplatten gut mit einem weichen Schwamm oder Rehllederlappen rein und spült einigemal mit Wasser ab; dann reinige man das ganze Innere mit einem in Spiritus getauchtem Lappen und spüle das Kühlgefäß wiederholt mit destilliertem Wasser aus. Zur Füllung der Kühlküvetten verwende man abgekochtes destilliertes Wasser. Es ist sehr zu empfehlen, die nötige Wassermenge, in mehrere geräumige Glaskolben verteilt, etwa zehn Minuten kochen zu lassen, um alle gelöste Luft daraus zu entfernen, dann den Kolbenhals mit einem lockeren Baumwollpfropf zu verschließen und das Wasser bis auf Zimmertemperatur abkühlen zu lassen. Das Überfüllen des Wassers aus den Kolben in die Kühlkammer nehme man mittels eines als Heber dienenden reinen Gummischlauches oder mittels entsprechend gebogenen Glasrohres vor und lasse das äußere Ende des Hebers bis auf den Boden der Kühlkammer tauchen, damit das Mitreißen von Luft möglichst verhindert werde. Ist die Kühlkammer bis zum Rande des Verschlusses gefüllt, so entferne man mittels eines Glasstabes oder Pinsels die vielleicht an den Glaswänden der Küvette haftenden Luftbläschen und verschließe endlich die Füllöffnung sorgfältig. Bei Anwendung der geschilderten Vorsichtsmaßregeln ist es genügend, wenn die Kühlkammer alljährlich einmal gefüllt wird.\*)

Manche Firmen empfehlen, an Stelle von reinem Wasser eine Alaunlösung zur Füllung der Kühlkammern zu verwenden. Es bietet dies keinen Vorteil, denn die Wärmeabsorption der Flüssigkeit wird dadurch nicht wesentlich gesteigert.\*\*\*) Es macht sich hingegen recht nachteilig fühlbar, wenn irgendwo an der Kammer eine undichte Stelle sich bildet, an der die Alaunlösung langsam aussickern kann und dann durch Verdunstung des Lösungsmittels und Auskristallisieren des Alauns den Apparat verunreinigt. Die öfters empfohlene Anwendung von Glycerin anstatt des Wassers bringt infolge der Zähflüssigkeit des Glycerins nur Unannehmlichkeiten beim Entleeren und Füllen des Gefäßes mit sich, ist daher auch nicht zu empfehlen. Hingegen rät Dr. Neuhauß zur Beigabe von 5% Eisenchlorür zum Kühlwasser, welches eine bessere Wärmeabsorption bewirken soll, ohne daß die grünlichgelbe Färbung der Flüssigkeit der Lichtwirkung wesentlich schadet.

---

\*) Sollten sich im Laufe der Zeit schadhafte Stellen an der Kittung der Glasplatten auf dem Metallgefäße zeigen, so lasse man die Platten mittels Glaskitt von einem geschickten Mechaniker neu aufkitten. Jedenfalls muß die frisch gekittete Küvette 2—3 Wochen völlig trocknen, ehe man sie mit Wasser füllt.

\*\*) Den Nachweis, daß Alaunlösung die Wärmestrahlen nur wenig besser als reines Wasser absorbiert, hat Friedel (Wiedem. Annalen 55, 1895, S. 453) erbracht.



## IV. Der Bildschieber.

Für die meist benützte Anwendung des Skioptikons zur Projektion von Laternbildern bedarf man eines Rahmens zur Aufnahme des Glasbildes (Diapositivs), der dicht vor der Vorderlinse des Kondensors bezw. vor der daran schließenden Kühlkammer (nach Einrichtung Fig. 2) befestigt ist. Die gewöhnliche Form besteht in einem aus Holz oder Metall gefertigten Rahmenträger (Bildschlitten oder Bildbrücke), in welchem der eigentliche, das Glasbild aufnehmende Bildrahmen hin- und hergeschoben werden kann.

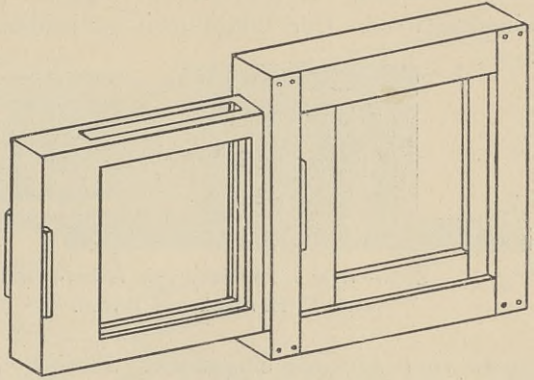


Fig. 14. Einseitiger Bildschieber.

Der einseitige Bildschieber, den Fig. 14 darstellt, ist die einfachste Vorrichtung, gestattet aber nur die Bewegung des Bildrahmens von einer Seite; hier steht der den Apparat Bedienende, er führt das Glasbild in den seitlich aus dem Bildträger gezogenen Rahmen ein und schiebt ihn in den Rahmenträger ein, so daß nun das Bild projiziert werden kann. So bequem die Sache für den Bedienenden ist, so hat doch die Einrichtung

den Nachteil, daß das Auswechseln der Bilder eine gewisse Zeit beansprucht und fortwährende Pausen in der Bildervorführung eintreten. Eine wesentliche Verbesserung bildet der „Rapid-Wechsler“ der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf

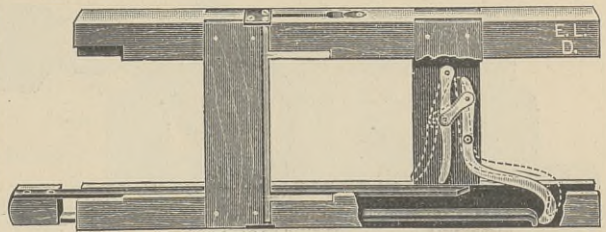


Fig. 15. „Rapid-Wechsler“ von Liesegang in Düsseldorf.

bei welchem auch die Laternbilder stets von derselben Seite eingesetzt werden. Während man ein Bild projiziert, setzt man das nächste auf den besonderen Schlitten; durch einen kräftigen Zug wird es dann in genau richtiger Zentrierung eingeschoben und das vorige Bild rückt heraus, so daß es leicht abgenommen werden kann.\*)

Die zweiseitigen Bildschieber, auch Wechselrahmen genannt, sind besser und am häufigsten angewendet. Der Rahmenträger von quadratischer Form ist vor dem Kondensator auf irgend eine Weise befestigt

\*) Preis für die Formate  $8.2 \times 8.2$  oder  $8.5 \times 10$  cm Mk. 15.—, für  $9 \times 12$  cm Mk. 18.—.



und trägt rechts und links abstehende Leisten, auf denen der langrechteckige, mit zwei Ausschnitten für die Bilder versehene Bilderrahmen hin- und hergeschoben werden kann (Fig. 16). Die Stellung des Rahmenträgers muß derartig sein, daß sein quadratischer Ausschnitt genau dem kreisförmigen Umfang des Kondensators eingepaßt ist, er muß also richtig zentrisch eingestellt sein. Der Bildrahmen hat beiderseits einen Anschlag, so daß seine

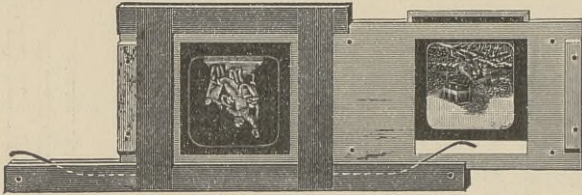


Fig. 16. Zweiseitiger Bildschieber mit Hebevorrichtung  
(nach F. Ernecke in Berlin).

Seitenbewegung nur bis zu diesem geschehen kann, weiters oben zwei Schlitze, in welchen auf der freien Rahmenseite die Bilder von oben eingeschoben werden können. Es müssen also die Laternbilder abwechselnd rechts und

links vom Apparat eingesteckt werden. Stets sollen an dem Bildschieber Metall- oder Holzfedern angebracht sein, welche an dem herausstehenden (freien) Ende des Bildrahmens das Laternbild selbsttätig ein wenig emporheben, so daß man es an dem über den Schlitz herausragendem Rande bequem mit zwei Fingern anfassen und abnehmen kann, ohne das Bild zu beschmutzen. Wechselrahmen ohne solche Hebevorrichtung sind zu verwerfen, denn bei solchen muß man das Bild durch einen Fingerdruck auf

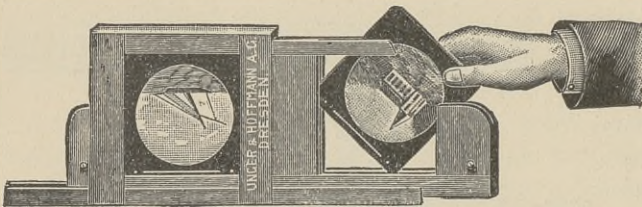


Fig. 17. Zweiseitiger Bildschieber mit seitlichen Ausschnitten  
(nach Unger & Hoffmann).

seine Mitte über den Rahmenrand emporheben, um es überhaupt mit Daumen und Zeigefinger anfassen zu können; dadurch entstehen auf den Oberflächen des Glasbildes Fingerab-

drücke und nach jeder Projektion hat man die lästige Arbeit des Reinigens der Bilder vorzunehmen.

An Stelle einer Hebevorrichtung ist die aus Fig. 17 leicht verständliche Einrichtung des Bildrahmens der Firma Unger & Hoffmann in Dresden recht bequem, bei der die Bilder mittels eines seitlichen Ausschnittes an einer Ecke des Bildrahmens leicht angefaßt werden können.

Eine bei allen Arten von Bildschiebern wichtige Forderung ist, daß der Bildrahmen vollkommen stramm in seinem Rahmenträger verschiebbar ist, so daß beim Auswechseln des Laternbildes keinerlei Erschütterungen entstehen, welche bei dem eben projizierten Bilde durch Zittern und Wackeln sich sehr unangenehm fühlbar machen.



Die doppelten Bildschieber haben den Vorteil, das Auswechseln der Laternbilder rasch und ohne Pausen in der Bildervorführung zu ermöglichen. Ein Übelstand haftet ihnen aber an. Der den Apparat Bedienende steht gewöhnlich rechts von ihnen und muß also, wenn er ein Bild an dem linken Ende des Bildrahmens auswechseln will, stets mit beiden Händen über den Objektivansatz hinübergreifen. Dabei muß er sich infolge der meist bei Projektionen im Zimmer herrschenden Dunkelheit nur auf sein Tastgefühl verlassen, um das Auswechseln der Bilder glatt zu besorgen. Die Sache ist dadurch recht unbequem, auf die Dauer sehr ermüdend und einem einigermaßen ungeschickten oder gar nervösen Menschen passiert es nicht selten, daß ein Glasbild zur Erde fällt und Schaden nimmt. Abhilfe schafft

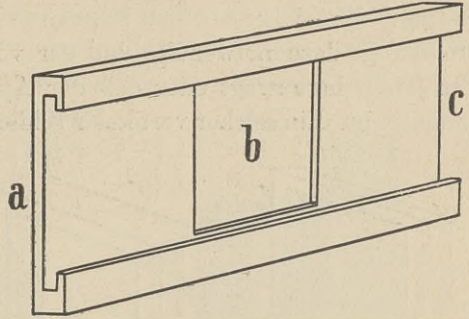


Fig. 18. Schieberahmen für Laternbilder.

nur die Mithilfe einer zweiten Person für die Bedienung des Skioptikons, welche auf der linken Seite das Auswechseln der Bilder besorgt. In dieser Hinsicht ist die einfachste Form eines Bildträgers, der **Schieberahmen**, wie sie von einigen Fabrikanten billig geliefert wird (Fig. 18), weit sicherer und durch große Einfachheit ausgezeichnet. Das erste Bild wird in den Schlitz des Rahmens (bei *a*) eingesteckt und durch das folgende so weit vorgeschoben, daß es in die richtige Stellung vor den Bildausschnitt des Rahmens (*b*) kommt. Ist es projiziert, so schiebt man das dritte Bild von rechts ein; dadurch rückt das zweite in die Mitte zur Projektion, das erste rückt bis an das linke Ende des Rahmens weiter (*c*) und wird dort herausgenommen. Die ganze Bewegung kann auch mittels eines über zwei Rollen gleitenden und von einer kleinen Kurbel bewegten Bandes innerhalb des unteren Schlitzes bewirkt werden.\*) Aber auch hier ist das Herausnehmen etwas unsicher und die Verwendung eines Gehilfen wünschenswert.

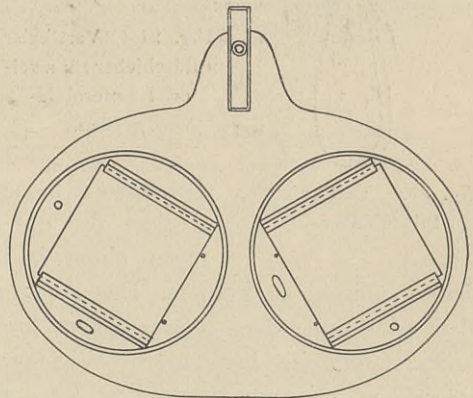


Fig. 19. Pendelförmig beweglicher Bildwechsler von Darlot (nach Eders Jahrbuch).

Der Vollständigkeit wegen sei hier die neue **Platten-Wechselvorrichtung** von Darlot\*\*\*) angemerkt, welche die üblichen Schieberahmen eigen-

\*) Abbildung davon siehe bei Neuhauss l. c., S. 24, Fig. 21.

\*\*) Bull. Soc. Franc. 1901; 496, Eders Jahrbuch 1902, S. 431.



artig ersetzen will. Sie besteht aus einem pendelartig beweglichen Diapositivhalter (Fig. 19), in dessen beiden Taschen abwechselnd von rechts und links die Laternbilder eingeschoben werden. Es ist aber nur eine neue Form ohne wesentlichen Vorteil gegenüber den gebräuchlichen Einrichtungen.

Der **vertikal bewegliche Bildträger** bildet in der Anwendung unbedingt die sicherste und bequemste Vorrichtung für den Bilderwechsel, freilich ist dazu notwendig, daß der vordere Teil des Skioptikons frei über den Tisch herausragt oder daß der Apparat auf entsprechend hohen Füßen montiert ist. Ein solcher vertikaler Bildschieber (Fig. 20) wurde über Anregung

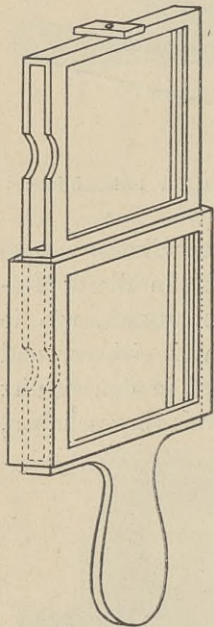


Fig. 20. Vertikaler Bildschieber.

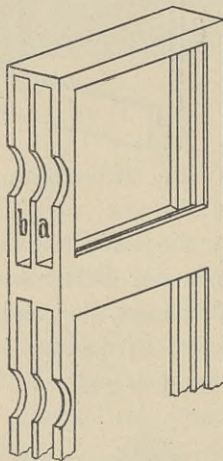


Fig. 21. Vertikaler Bildschieber für zwei-elei Laternbildgrößen.

eines der Verfasser vor zehn Jahren an zwei großen Projektionsapparaten der Wiener Handelsakademie (geliefert von der heute nicht mehr bestehenden Firma S. Plössl & Ko. in Wien) angebracht und die Einrichtung hat sich ausgezeichnet bewährt. In dem Rahmenträger ist der für zwei Bilder eingerichtete Bildrahmen derartig federnd auf- und abschiebbar, daß er in jeder Stellung von selbst feststeht; oben und unten sind entsprechende Anschläge, am untern Ende ein Griff angebracht. Sein Gang ist so stramm, daß beim Auswechseln der Bilder nicht die geringste Erschütterung stattfindet. An der rechten Seite, also dem Bedienenden

äußerst bequem zugänglich, sind die Einschiebeschlitz für die Bilder, hier hat der Rand des Rahmens einen kleinen Ausschnitt, um das Laternbild sicher anfassen zu können. Das Auswechseln geschieht abwechselnd in dem über oder unter dem Rahmenträger herausstehenden Teil des Bildrahmens. \*) Auffallenderweise hat unseres Wissens nur die Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf an ihrem Skioptikon Nr. 4 eine ähnliche Einrichtung angebracht.

\*) Wie noch bemerkt werden möge und aus der rechten Figur 21 kennbar ist, ist der beschriebene Bildschieber so eingerichtet, daß Laternplatten der zwei gebräuchlichsten Formate in beliebigem Wechsel verwendet werden können. Der Schieber ist 15 mm dick und hat für jeden Bildausschnitt zwei Einschiebestellen (Fig. 21 a, b), von denen die rückwärtige für das Format 8.5 × 10, die vordere für 8.2 × 8.2 cm Platten passend ist. Natürlich muß bei dem Übergang von einem Bildformat zum anderen die Einstellung des Objektivs ein wenig verändert werden, um das Bild auf der Projektionswand jedesmal scharf zu bekommen, da ja dann der Abstand des Bildes vom Objektiv wechselt.



Auch wurde von ihr eine von I. A. Gordes erfundene Wechsellvorrichtung, **Velotrop** genannt (Fig. 22), damit kombiniert, bei welcher das vom Diener oben eingesteckte zweite Bild so lange festgehalten wird, bis der Vortragende (von seinem Platze aus) mittels Gummiballes und langen Schlauches die Sperrvorrichtung auslöst, wodurch es rasch an Stelle des eben projizierten und nun nach unten gleitenden Bildes rückt. Dies hat einen großen Vorteil, da der Vortragende gewiß am besten beurteilen kann, wann er den Bildwechsel vornehmen muß; außerdem entfällt das übliche Zeichengeben zum Bilderwechsel, nur ist nach unseren Beobachtungen das durch die rasche Fallbewegung entstehende Geräusch störend.

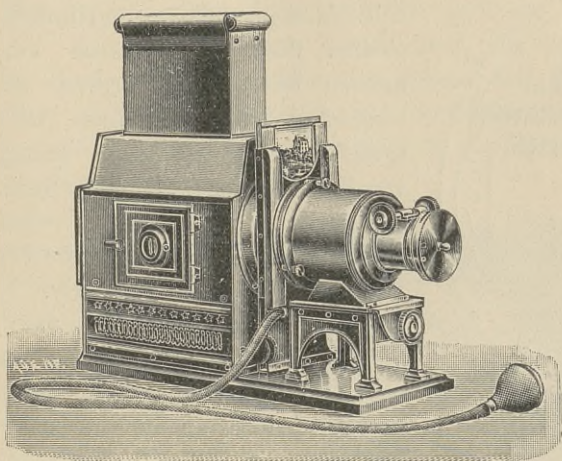


Fig. 22. Skioptikon mit „Velotrop“ von Ed. Liesegang in Düsseldorf.

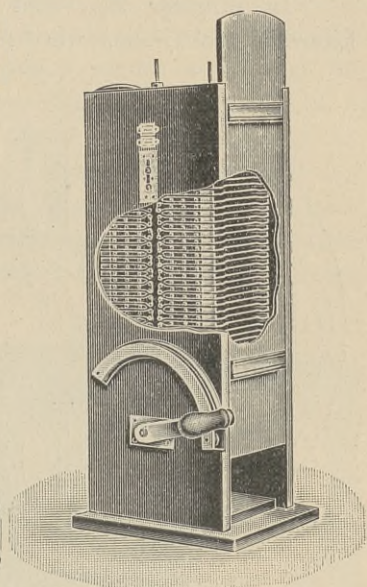


Fig. 23. „Aristotrop“ von Ed. Liesegang in Düsseldorf.

**Besondere Formen von Bildträgern.** Hier seien noch Einrichtungen erwähnt, welche gestatteten, eine ganze Serie von Bildern in das Skioptikon einzusetzen und selbsttätig das Auswechseln der aufeinander folgenden Laternbilder durchzuführen. Entweder werden die einzelnen Bilder in einen mit Nuten versehenen Kasten unterhalb des Kondensors eingesteckt und mittels einer Kurbelvorrichtung jeweilig bis in den Lichtkegel gehoben (Wechsellvorrichtung der Firma Unger und Hoffmann in Dresden und Einrichtung von Alen<sup>\*)</sup>) oder die Laternbilder werden in besondere federnde Hälter gesteckt, die, zu einer Kette ohne Ende vereinigt, der Reihe nach das Skioptikon passieren. (Einrichtungen von Simpson<sup>\*\*</sup>) und von Thomson.)<sup>\*\*\*</sup>) Eine ähnliche Vorrichtung bringt die Firma Liesegang

<sup>\*)</sup> Laterna magica Nr. 60, S. 72.

<sup>\*\*</sup>) Laterna magica Nr. 60, S. 74.

<sup>\*\*\*</sup>) Beschrieben und abgebildet in Neuhauss, l. c., S. 32.



unter dem Namen „Aristotrop“ in den Handel, dessen Einrichtung aus Fig. 23 zu erkennen ist und das gestattet, 60 oder 80 Laternbilder in besonderen Rähmchen aufzunehmen;\* ) der gleiche Apparat wird neuestens als „Autotrop“ mit einem elektrisch betriebenen Antrieb ausgestattet, der durch Druck auf einen Kontaktknopf aufgelöst wird; eine beliebig lange Leitungsschnur stellt die Verbindung mit dem Vortragenden her. Derartige Vorrichtungen sind für Unterrichtszwecke ganz überflüssig, auch meist viel zu teuer, daher wurden sie hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt.

In jüngster Zeit sind einige neue Formen von Bildträgern in der Literatur beschrieben worden, welche von den bisherigen Schiebern sehr

wesentlich verschieden sind, namentlich das bei horizontalen Bildschlitten so unbequeme Hinübergreifen über den Apparat vermeiden und auch gestatten, abwechselnd Bilder in Hoch- oder Querformat vorzuführen. Einige von ihnen haben freilich den Nachteil eines weit höheren Preises. Zunächst ist die **Drehscheibe für Diapositivträger** von Dr. F. Müller in Tübingen zu erwähnen\*\* ) (Fig. 24). Sie besteht aus einer Scheibe von 38 cm Durchmesser, drehbar an einer horizontalen Achse, in ihr sind vier runde Ausschnitte von 13·5 cm Durchmesser so angebracht, daß sie bei Drehung der Scheibe nacheinander den Lichtkegel des Skioptikon

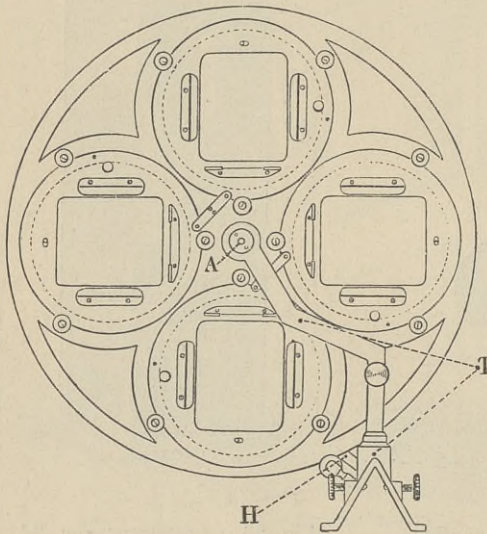


Fig. 24. Drehscheibe für Diapositivträger von Dr. F. Müller; A Achse, Träger der Scheibe, H Sperrvorrichtung.

passieren. Sobald ein Ausschnitt in die richtige Stellung zwischen Kondensator und Objektiv gekommen ist, schnappt eine Hemmfeder ein. Konzentrisch zu den Ausschnitten sind auf der Scheibe vier kleinere runde Scheiben („Wechselplatten“) von 15 cm Durchmesser angebracht, zwischen je drei Röllchen leicht drehbar. Sie tragen einen rechteckigen Ausschnitt für das Plattenformat 8·5 × 10 cm, ringsum 5 mm kleiner als die verwendeten Diapositive, und zwei Längsschienen mit Federn zum Einstecken der Laternenbilder, außerdem eine Querschiene als Fußplatte für das Diapositiv und einen federnden Stift, der die Platte festhält. Jede Scheibe ist auf ihren Röllchen um 90° drehbar, so daß man sie je nach Bedarf für Quer- oder Hochformat einstellen kann. Die Bedienung geschieht nur von einer Seite. Vor

\*) Preis des „Aristotrop“ Mk. 200.—.

\*\* ) Behrens, Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie 1900, S. 162.



dem Beginne einer Projektionsreihe werden die vier ersten Laternbilder in der gewünschten Reihenfolge in die vier Wechselpplatten eingesteckt und der Reihe nach (durch Drehen der Grundscheibe um je  $90^\circ$ ) vorgeführt. Sowie das dritte Bild zur Projektion gelangt, ist das erste zum Bedienenden zurückgelangt und kann ausgewechselt werden. Die Bilder werden, wie leicht einzusehen, in aufrechter Lage, wie sie wirklich an der Wand erscheinen sollen, eingesteckt, auf ihrem Wege bis zur Projektionsstelle werden sie ja durch die Drehung der Scheibe um  $180^\circ$  gedreht. Dadurch wird das öfters vorkommende falsche Einstecken der Bilder gut vermieden. Jedenfalls ist die Drehscheibe eine sehr bequeme Einrichtung, verlangt aber, daß die Laternbilder recht genau in die Schiene passen, damit sie bei der Bewegung der Scheibe nicht herausfallen können. Der ganze Apparat ist in Messing ausgeführt, kann natürlich auch aus Aluminium gefertigt werden.

Mit einer ähnlichen Vorrichtung, um die Laternbilder je nach Bedarf als Hoch- oder Querbilder vorzuführen und das Auswechseln nur von einer Seite zu bewerkstelligen, ist die **Wechseleinrichtung** von Berger ausgestattet,\*) deren Fuß reiterartig auf der optischen Bank eines Projektionsapparates aufgesetzt wird. Die Wechselpplatten sind hier auf zwei Schiebern *A* und *B* befestigt, welche einen geringen Abstand voneinander haben und durch ein Räderwerk *C* so miteinander verkuppelt sind, daß sie sich immer gleichzeitig nach entgegengesetzter Richtung bewegen müssen. In der Fig. 25 wird das auf der Platte *B* befestigte Bild eben projiziert, während auf der Platte *A* das Laternbild für die nächste Projektion eingefügt wurde.

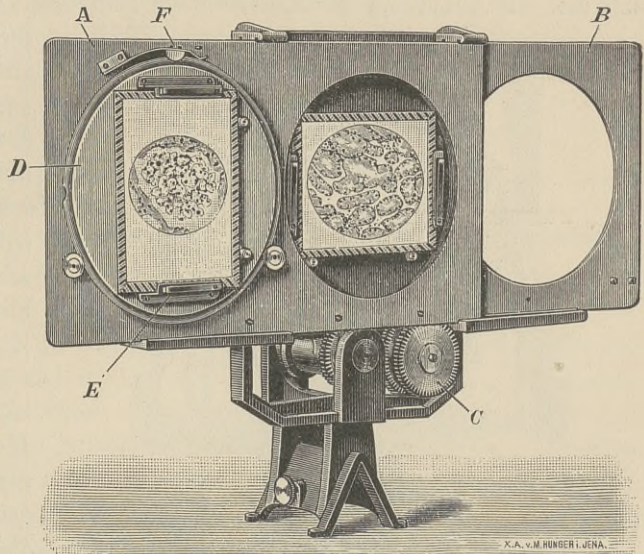


Fig. 25. Wechseleinrichtung nach Berger (Beschreibung im Texte).

Da der scheibenförmige, mit taschenförmig angeordneter Schiene (*E*) versehene Bildträger (*D*) um  $90^\circ$  drehbar ist, so läßt sich ein Diapositiv des Formates  $8.5 \times 10$  cm, je nachdem es nötig ist, in Quer- oder Hochstellung befestigen. Eine Einschnappfeder (*F*) hält die Scheibe in der jeweiligen richtigen Stellung

\*) Erzeugt von der Firma C. Zeiss in Jena. Preis für Laternbilder von  $8.5 \times 10$  cm oder von  $9 \times 12$  cm Größe per Stück Mk. 70.—.



fest. Wird mittels des Räderwerkes die Verschiebung der beiden Bildplatten bewirkt, so rückt das Fenster des vorderen Schiebers genau in die Projektionsstellung, das des hinteren tritt heraus und sein Bild muß wieder gewechselt werden. Eine sinnreiche Einrichtung bewirkt, daß bei jedem Wechsel die Schieber eine kleine Bewegung in der Richtung der optischen Achse des Skioptikons ausführen, so daß das projizierte Bild sich immer in gleichem Abstand zwischen Kondensator und Objektiv befindet, also ohne weiteres Zutun des Bedienenden gut eingestellt ist. Um auch Laternbilder von anderem Format als  $8.5 \times 10 \text{ cm}$  in beliebiger Weise benutzen zu können, muß die Drehscheibe gegen andere, z. B. für  $8.2 \times 8.2 \text{ cm}$ -Bilder, ausgetauscht werden, was während der Projektion ohne besonderen Aufenthalt geschehen kann. Bei Bestellung des Apparates muß angegeben werden, ob er für die Bedienung von rechts oder von links aus angepaßt werden soll. Die Einrichtung entspricht also in jeder Weise den zu stellenden Anforderungen.

Eine etwas kompliziertere Vorrichtung ist die ebenfalls von der Firma Zeiss angefertigte **Wechselvorrichtung** nach Richter (Fig. 26), bei welcher sich die zur Aufnahme der Laternbilder dienende Drehscheibe (verstellbar für Hoch- und Querformat)

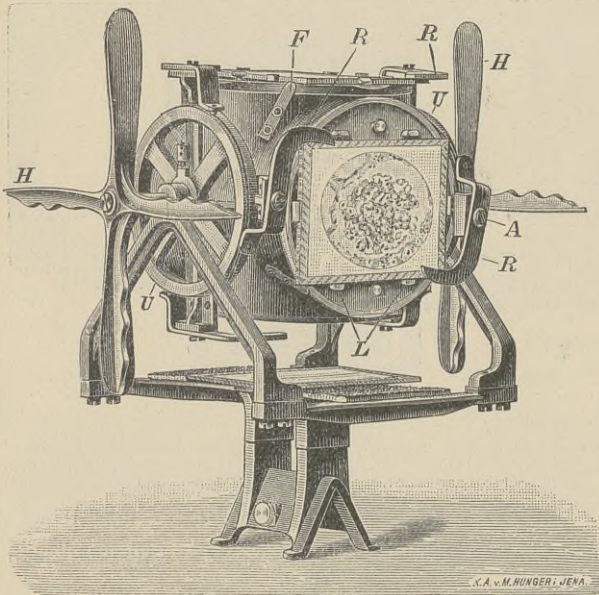


Fig. 26. Wechselvorrichtung nach Richter (Beschreibung im Texte).

auf den vier Seiten einer um eine horizontale Achse drehbaren Trommel befindet. Jedes neu einzuschaltende Laternbild wird auf die freie obere Drehscheibe zwischen sechs kleine Stiften eingelegt. Hierauf dreht man an den seitlichen, recht und links angebrachten Handgriffen *HH*, so daß die Trommel um  $90^\circ$  gedreht wird; dabei kommt das Bild in die Projektionsstellung (in der Figur vorne sichtbar) und wird gleichzeitig durch zwei an den Drehungspunkten (*A*) bewegliche Hebel (*RR*) in seiner

Lage festgehalten. Zwei feststehende Räder (*UU*) bilden die Führungen für die Hebel. Während der Projektion des vorne befindlichen Bildes wird oben ein neues Bild aufgelegt. Dreht man die Trommel weiter um  $90^\circ$ , so kommt das neu aufgelegte Bild zur Vorführung, während



das vorher projizierte nach unten gelangt und infolge selbsttätigen Loslassens der Hebel  $RR$  auf das kleine, unter dem Apparat befindliche Tischchen fällt, von wo es leicht weggenommen werden kann. Auch hier läßt sich die Drehscheibe für das Bildformat  $8.5 \times 10$  cm gegen solches von  $8.5 \times 8.5$  cm auswechseln. Die Vorrichtung wird auch für das Format  $9 \times 12$  cm gebaut und ist sehr handlich, gestattet die Bedienung des Apparates von rechts oder von links aus, verlangt aber einen großen Kondensator, um das Laternbild vollständig bis zum Rande zu beleuchten, denn das Bild steht ja um den ganzen Durchmesser der Drehtrommel von dem Kondensator ab.\*)

**Wechselrähmchen.** Schon bei den letztbeschriebenen Vorrichtungen wurde wiederholt angedeutet, daß sie für zweierlei Diapositivformate brauchbar sind.\*\*) Leider ist damit nicht allem gedient, denn es wurde in neuerer Zeit, wie später (S. 129) auseinandergesetzt werden soll, neben den meist gebräuchlichen Laternbildformaten  $8.2 \times 8.2$  cm (sogenanntes englisches Format) und  $8.5 \times 10$  cm (französisches Format) noch andere Formate, besonders  $9 \times 12$  cm und selbst  $12 \times 12$  cm eingeführt und von verschiedenen Seiten besonders empfohlen. Professor Neuhauss führt in seinem oft genannten Werke sechs verschiedene Bildformate auf. Für Unterrichtszwecke soll man sich, aus später zu erörternden Gründen, womöglich auf ein bestimmtes Bildformat beschränken, schon um die Laternbildsammlung einheitlich zu gestalten. Dennoch muß hier einer Einrichtung gedacht werden, welche es ermöglicht, bei einer Projektion die verschiedensten Formate durcheinander ohne Unterbrechung vorführen zu können. Das sind die „Wechselrähmchen“, wie sie die meisten Firmen, z. B. Schmidt & Haensch in Berlin, Unger & Hoffmann in Dresden, in jüngster Zeit auch R. Lechner in Wien und A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien in den Handel bringen. Der Bildschlitten ist in der eingangs beschriebenen Weise für zwei Bilder eingerichtet, hat aber zwei große quadratische Ausschnitte, welche nicht direkt die Laternbilder, sondern Holzrähmchen von etwa  $13.5$  cm Seitenmaß aufnehmen; sie stellen die eigentlichen Bildrahmen dar und sind für die verschiedensten Formate ( $8.2 \times 8.2$ ,  $8.5 \times 10$  in Quer- und Hochstellung, ebenso  $9 \times 12$

\*) Der Apparat von Richter kostet bei Zeiss in Jena Mk. 85.—, sowohl für Platten  $8.5 \times 10$  cm als für  $9 \times 12$  cm Platten.

\*\*) Auch die gewöhnlichen zweiseitigen Bildschieber können für zwei verschiedene Formate eingerichtet sein, z. B. die linke Schieberseite für Platten von  $8.2 \times 8.2$  cm Größe, die rechte für  $8.5 \times 10$  cm; das hat aber die Unbequemlichkeit, daß bei Vorführung von mehreren Bildern in gleichem Format ein solcher zweiseitiger Bildschlitten nicht mehr leistet, wie der ursprüngliche einseitige Bildschieber. Professor Neuhauss erwähnt (l. c. S. 27), daß an dem Skioptikon der „Freien photographischen Vereinigung in Berlin“ ein langer Bildschlitten mit vier Ausschnitten benützt wird, die alle für die Plattenformate  $9 \times 12$  eingerichtet sind, jedoch dienen zwei von ihnen für Querformat, die beiden anderen für Hochformat. Ebenso gut könnte man zwei Ausschnitte für englische, die anderen für französische Plattenformate einrichten, doch scheint uns die regelmäßige Verwendung eines solchen langen Bildschiebers etwas unbequem.



in zwei Stellungen und  $12 \times 12 \text{ cm}$ ) eingerichtet. Die Fig. 27 zeigt einen solchen „Universalbildschieber“, vor ihm liegen die verschiedenen Rähmchen für die einzelnen Bildformate. Es leuchtet ein, daß die Bedienung des Apparates, wenn Bilder verschiedener Formate durcheinander projiziert werden sollen, nicht mehr ganz einfach ist, weil für jedes Bild erst ein

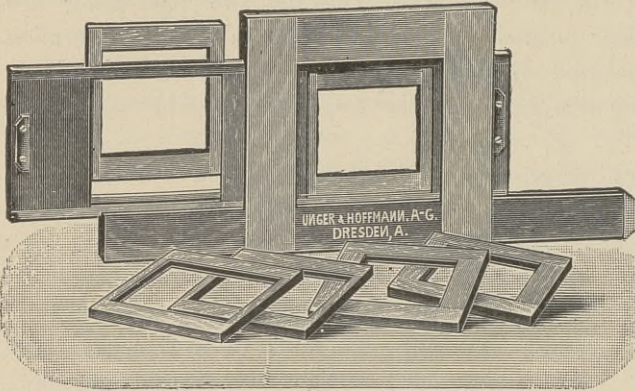


Fig. 27. Bildträger mit Wechselrähmchen für verschiedene Bildformate.

passender Rahmen gesucht, das Bild in ihn richtig eingeschoben und die beiden zusammen erst in den Bildschieber gebracht werden müssen.

Der **Panorama-**bildschieber. Schließlich muß aber noch dieses Bildschiebers erwähnt werden, welcher gerade für Schulzwecke häufig sehr wertvoll ist,

für lange Bilder (Doppelbilder) im Plattenformat  $8.5 \times 17 \text{ cm}$ ; z. B. werden Gesamtansichten von Städten und Häfen, Gebirgspanoramen und manche technologische Bilder (Papiermaschine, Durchschnitt einer Mühle u. s. w.) mit großem Vorteil auf Diapositivplatten im gebräuchlichen Stereoskopformat hergestellt. Würde man solche Bilder auf das übliche kleine Laternbildformat, also auf etwa  $7 \text{ cm}$  Länge, reduzieren, so müßten

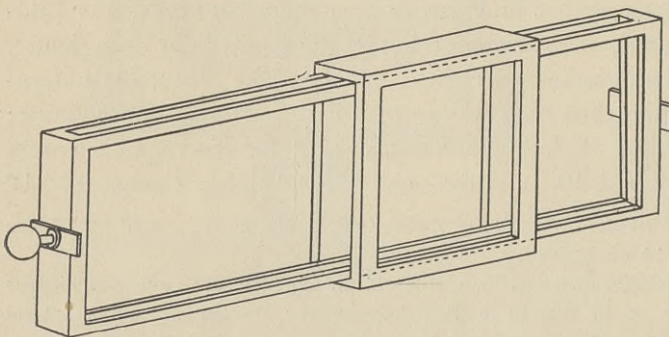


Fig. 28. Panoramabildschieber.

die Bilder an der Wand so klein werden, daß sie häufig nicht mehr alle Details genügend deutlich zeigten. Für die Projektion von derartigen Bildern ist ein Bildträger von etwa  $45 \text{ cm}$  Länge zu empfehlen (Fig. 28), der oben einen einzigen Schlitz hat und lang

genug ist, um nebeneinander zwei bis drei solcher Doppelbilder aufzunehmen. Durch langsames Weiterschieben während der Projektion rückt allmählich das ganze Bild vor den Augen der Beschauer vorüber.

Bezüglich weiterer Konstruktionen für die Benützung von verschiedenen Bildformaten sei auf das von Professor Neuhauss Gesagte hin-



gewiesen (l. c., S. 28 u. f.). Die Verfasser möchten an dieser Stelle nochmals betonen, daß man für den Schulgebrauch auf alle komplizierteren Dinge verzichten und bei der Anlegung einer Laternbildsammlung sich auf ein bestimmtes Format beschränken soll. Möglichste Einfachheit und Einheitlichkeit ist für Unterrichtszwecke absolut notwendig. Mancher Lehrer wird ja genötigt sein, Schüler zur Bedienung des Skioptikons heranzuziehen und diesen kann man ein fehlerloses Bedienen von verwickelten Einrichtungen gewiß nicht zumuten!

## V. Das Objektiv.

Das Objektiv des Skioptikons befindet sich entweder ähnlich wie bei einer photographischen Kamera auf einem vertikalen Brett montiert, das durch einen Leder- oder Kalikobalg mit einem dicht vor dem Bildträger stehenden Rahmen verbunden ist (z. B. in Fig. 2 und 12), oder ein konischer Metallstutzen, der vor dem Bildträger wagrecht befestigt ist, trägt das Objektiv. Wenn die Entfernung des Skioptikons vom Projektions-

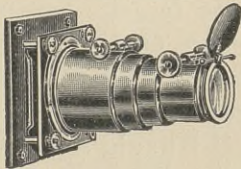


Fig. 29. Metallstutzen für Objektiv mit doppeltem Zahntrieb.

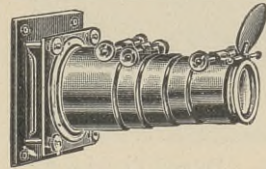


Fig. 30. Metallstutzen für Objektiv mit dreifachem Zahntrieb.

schirm stark gewechselt werden muß, sind konische Metallstutzen mit zwei- oder dreifachem Auszug und zugehörigen Zahntrieben empfehlenswert (Fig. 29 und 30).

Die zur Projektion dienenden Objektive müssen vor allem vollkommen achromatisch sein, um die Entstehung von farbigen Rändern der Bilder an der Projektionswand zu verhindern und sollen lichtstark sein. Im übrigen brauchen sie bei weitem nicht so sorgfältig korrigiert zu sein wie ein photographisches Objektiv, um so mehr, wenn die Lichtquelle möglichst punktförmig ist, also bei elektrischem Bogenlichte und bei Kalklicht. Bei Auerlicht und Petroleumlampen, also bei flächenartigen Lichtquellen, sind bestkorrigierte Objektive vorzuziehen, sie liefern ein genügend scharfes Bild, jedoch kann hier niemals eine solche Schärfe erzielt werden, wie bei punktförmigen Lichtquellen.

Eine leicht erfüllbare Anforderung betrifft die Ebenheit des Bildfeldes und die gleichmäßige Randschärfe. Denn wie Neuhauss auseinandersetzt (l. c., S. 34), liegen die Verhältnisse im Projektionsapparat umgekehrt wie bei einer photographischen Kamera. Das vergrößerte Bild auf dem



Projektionsschirm kann man als Objekt (Landschaft), das Laternbild als zugehöriges Negativ ansehen. Das Letztere hat meist nur eine Größe von  $7:7\text{ cm}$  (bei  $9 \times 12\text{ cm}$  Bildern höchstens  $11\text{ cm}$  Längendurchmesser), das Objektiv hat also nur eine kleine Platte auszuzeichnen und überdies benützt man beim gewöhnlichen Skioptikon ziemlich langbrennweitige Objektive, welche also ein so kleines Bild leicht mit vollkommener Randschärfe auszeichnen. Dazu kommt, daß die Entfernung des Beschauers von dem Projektionsbilde in einem Schulzimmer mindestens  $2\text{—}3\text{ m}$  beträgt, wodurch eine leichte Unschärfe kaum fühlbar wird. Jedes Projektionsobjektiv muß mit einem Triebknopfe für die Einstellung versehen sein (Fig. 31 und 32).

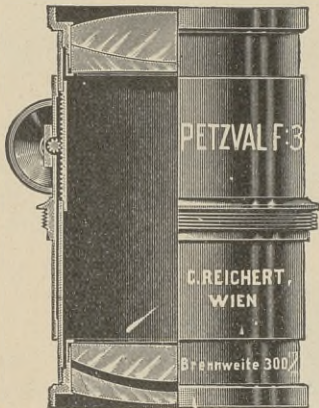


Fig. 31. Petzval-Projektionsobjektiv, F: 3·5 (C. Reichert in Wien).

Am meisten sind als Projektionsobjektive Systeme nach der Art der Petzvalschen **Porträtobjektive** üblich, wie sie die meisten optischen Institute, z. B. Busch in Rathenow, Goerz in Berlin, Rodenstock in München, Reichert in Wien, Voigtländer & Sohn in Braunschweig, Zeiss in Jena liefern (Fig. 31). Als Beispiele mögen die für Skioptions besonders gebauten achromatischen Doppelobjektive der Rathenower optischen Industrieanstalt, vormals Emil Busch, A.-G., dienen, wobei ihre Größenverhältnisse und ihre Leistungsfähigkeit angegeben werden sollen.\*)

Nummer	Linsendurchmesser	Äquivalente Brennweite	Für Laternbilder bis zum Kreisdurchmesser von	Lineare Vergrößerung auf Entfernung von		
				2 m	5 m	10 m
1	42 mm	135 mm	125 mm	15 mal	39mal	78mal
2	53 "	195 "	150 "	9·5 "	25 "	50 "
3	60 "	240 "	220 "	8 "	21 "	42 "

Es sei hier betont, daß man auf keinen Fall die Vergrößerung des Laternbildes an der Projektionswand zu weit treiben darf; sie muß entsprechend der zur Verfügung stehenden Lichtquelle gewählt werden, je stärker diese ist, desto bedeutender kann die Vergrößerung sein. Lieber ein kleineres und umso helleres Bild! Es empfiehlt sich bei An-

\*) Die Preise sind für Nr. 1 in der einfachsten Ausstattung ohne Blenden Mk. 15.25 bis zu Mk. 48.— für Nr. 3 in vernickelter Fassung mit Einsteckblenden (nach Preisliste von Busch). — Das sehr lichtstarke Petzval-Objektiv von C. Reichert mit 250 mm Brennweite kostet K 200.—.



wendung von Auerschem Gasglühlicht nicht über 15fache, bei Mitalicht etwa 20fache, bei Kalklicht durchschnittlich 30fache und bei elektrischem Bogenlicht (bei 15 Amp. Stromstärke) ungefähr 40fache Vergrößerung zu benützen. Auch darf bei geringer Entfernung des Auditoriums das Bild nicht zu groß sein, sonst bekommen die Beschauer keine Übersicht.

Vorzüglich verwendbar, jedoch wesentlich teurer sind auch **Euriskope** (Fig. 32) und **Anastigmat** von Voigtländer & Sohn in Braunschweig (die „Porträt-Anastigmat“ enthalten keine verkitteten Linsen und sind daher gegen die Wärmestrahlen nicht empfindlich), die **Gruppen-Antiplanete** F/6·5 von Steinheil in München (besonders von Brennweiten zu 144, 184 und 240 mm\*),

die **Extra-Rapid-Lynkeioskope** (F/5 bis F/5·5) von Goerz in Berlin (Fig. 33)\*\*) und die Objektive **Solar** (F : 4) von C. Reichert in Wien (Fig. 34).\*\*\*)

Für einige dieser ausgezeichneten Objektive ist ein entsprechend mit Zahn und

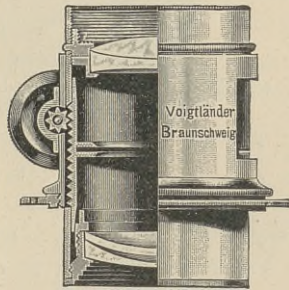


Fig. 32. Porträt-Euryskop für Projektion (Voigtländer & Sohn in Braunschweig).

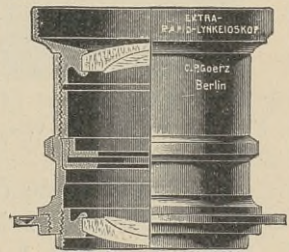


Fig. 33. Extra-Rapid-Lynkeioskop F : 5·5 (C. P. Goerz in Berlin).

Trieb beweglicher Ansatz für die scharfe Einstellung nötig oder, wo ein halbförmiges Verbindungsstück zwischen Kondensator und Objektivbrett vorhanden, kann die Einstellung wie bei einer photographischen Kamera mittels eines Triebknopfes und einer Zahnstange geschehen. Die Firma G. Rodenstock in München liefert eine Reihe von vortrefflichen Objektiven für Projektionsapparate, die auch für Vergrößerungszwecke sehr brauchbar sind, zunächst ihre **Projektions-Anastignare** (F : 3·4), das etwas billigere „Monar“ (F : 3·5) und das noch billigere „Fultar“ (F : 3·8 bis F : 4).\*\*\*\*) Am geeignetsten ist der neue **Projektions-Anastigmat**

\*) Preis der Gruppen-Antiplanete von Steinheil zu Beleuchtungslinsen von 105 mm Durchmesser (bei äquivalenter Brennweite zu 14 cm) Mk. 60.—, zu Kondensoren von 155 mm Durchmesser (bei äquivalenter Brennweite von 24 cm) Mk. 105.—.

\*\*) Preis der Rapid-Lynkeioskope von Goerz zu Beleuchtungslinsen von 105 mm Durchmesser (äquivalente Brennweite 15 cm) Mk. 60.—, von 155 mm Durchmesser (äquivalente Brennweite 24 cm) Mk. 90.—.

\*\*\*)) Preis des „Solar“ von Reichert mit 300 mm Brennweite K 200.—, Nr. 1 von 400 mm Brennweite K 300.—.

\*\*\*\*)) Die Preise von Rodenstocks Objektiven für Diapositive 8·5 × 8·5 cm sind: Anastignar Mk. 60.— bis 70.—, Monar Mk. 30.—, Fultar Mk. 15.—; Projektions-Anastigmat Nr. 1 für Format 8·5 × 10 mit 120 mm äquivalenter Brennweite und 34 mm Linsendurchmesser Mk. 60.—.



(F : 3·8, Fig. 35); er ist frei von Astigmatismus und Bildwölbung und von jeglicher Verzeichnung, sein Bildwinkel ist sehr groß, etwa 100°, dadurch die Lichtverteilung bis zum Rande vollkommen gleichmäßig, er ist vorzüglich chromatisch korrigiert und die Linsen sind nicht gekittet, werden daher auch durch stärkste Erwärmung nicht gefährdet.

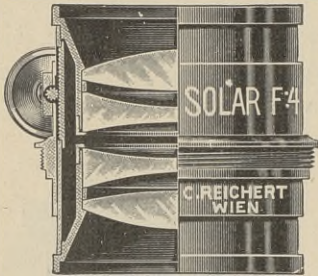


Fig. 34. Projektionsobjekt „Solar“ F : 4 (C. Reichert, Wien).

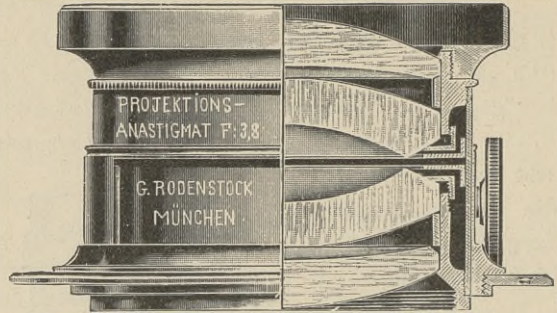


Fig. 35. Projektions-Anastigmat, F : 3·8 (G. Rodenstock, München).

Die **Brennweite des Objektivs** muß, wie nach dem einleitend Gesagten selbstverständlich ist, im Verhältnisse stehen zu der Entfernung von der Projektionswand und deren Größe, hängt also von der gewünschten Vergrößerung des Laternbildes ab. Die zweckentsprechende Brennweite (F) ist leicht

nach folgender Formel zu finden:  $F = \frac{E}{V+1}$ , wobei E die Entfernung zwischen Objektiv und Projektionswand, V die zulässige oder gewünschte Vergrößerung bedeutet. Ein Beispiel dafür: Das Skioptikon sei 10 m von der Wand aufgestellt, die Seitenlänge der Projektionswand sei 3 m; mithin wird ein Laternbild von  $8\cdot2 \times 8\cdot2$  cm (Seitenlänge des Bildes also ungefähr 7 cm) rund 40fach vergrößert; aus der Formel findet man die notwendige Brennweite des Objektivs mit 24·4 cm.

Das gleiche Ergebnis liefert die von Professor Neuhaus für diese Berechnung angegebene Formel (l. c., S. 41), die durch Einstellung des Wertes  $V = \frac{C}{B}$  die obige Formel ergibt, wobei die Seitenlänge des Projektionschirmes mit C, die Seitenlänge des wirklichen Laternbildes mit B bezeichnet ist. Wird durch E die Entfernung des Skioptikons von der Projektionswand ausgedrückt, so ist die Neuhausssche Formel  $F = \frac{E \times B}{C + B}$  \*)

Es genügt, nebenbei zu erwähnen, daß die Formeln auch, entsprechend umgekehrt, dazu dienen können, bei einem gegebenen Skioptikon mit Objektiv von bestimmter Brennweite und einer bestimmten Größe der Pro-

\*) Die angegebenen Formeln finden sich auch in Hans Schmidt, Anleitung zur Projektion, S. 84/85.



jektionswand die Entfernung zu berechnen, in welcher das Skioptikon von dem Schirm aufgestellt werden muß, um Laternbilder von bestimmter Größe auf den Schirm projizieren zu können. Diese Formel wird lauten: Entfernung  $E = \frac{F(C+B)}{B}$ . Eine weitere Umkehrung der Formel:  $B = \frac{C \cdot F}{E - F}$  dient zur Ermittlung der zulässigen Größe der Laternbilder, welche bei gegebener fester Aufstellung des Skioptikons und bestimmter Schirmgröße noch projiziert werden können, ohne daß das Projektionsbild über den Schirm hinausfällt.\*)

Die folgende Tabelle dürfte ausreichende Anhaltspunkte bieten, um alle diese Verhältnisse ohne Rechnung ermitteln zu können; sie gibt die Vergrößerungen eines Laternbildes von  $7 \times 7$  cm Bildgröße an:

Entfernung des Skioptikons vom Schirm:	Brennweite des benützten Objektivs:					
	12 cm	15 cm	18 cm	25 cm	30 cm	40 cm
	erreichter Durchmesser des Bildes auf dem Schirm:					
3 m	168 cm	133 cm	110 cm	77 cm	63 cm	45 cm
4 "	226 "	179 "	148 "	105 "	86 "	63 "
6 "	343 "	273 "	226 "	161 "	133 "	98 "
8 "	459 "	366 "	305 "	217 "	180 "	133 "
10 "	576 "	460 "	382 "	273 "	226 "	168 "
12 "	693 "	553 "	460 "	330 "	273 "	203 "
15 "	868 "	693 "	575 "	413 "	343 "	255 "

Was die **Stellung des Objektivs im Skioptikon** betrifft, so gilt gewöhnlich als Regel, daß die von dem Kondensor kommenden Strahlen sich ungefähr in der Blendenebene des Objektivs schneiden sollen. Daraus ergibt sich, daß bei dem meist verwendeten zweiteiligen Kondensor die Brennweite des Objektivs etwas kürzer sein muß als die doppelte Brennweite des Kondensors. Neuhauss\*\*) kommt durch sorgfältige theoretische Überlegungen, auf die hier einzugehen zu weit führen würde, zu dem Schlusse, daß es am richtigsten ist, „wenn der Kondensor zusammen mit der ihm zugewendeten (Hinter-)Linse des Objektivs ein Bild der Lichtquelle in der Ebene der Objektivblende erzeugt.“ Es handelt sich beim

\*) Hans Schmidt (l. c., S. 86) empfiehlt seine eigene Methode zum Auffinden des besten Abstandes des Skioptikons von der Projektionswand ohne Rechnung; dieses Verfahren erscheint uns gänzlich überflüssig; wer nach so einfachen Formeln, wie die oben angegebenen, nicht rechnen will, der wird am einfachsten durch einige rasche Versuche den richtigen Abstand des Skioptikons von der Projektionswand ermitteln, was besonders leicht möglich ist, wenn das Skioptikon auf einem mit Rollen versehenen Tische aufmontiert ist.

\*\*) l. c. S. 35.



Gebrauche des Skioptikons darum, sowohl die Lichtquelle möglichst auszunützen, als auch die Bildfläche möglichst gleichmäßig zu erhellen, was erfahrungsgemäß dadurch erreicht wird, daß der Lichtkegel des Kondensors die ihm zugekehrte Linse des Objektivs vollkommen bedeckt, vielleicht sogar ein wenig über sie hinausgeht.\*)

Um die richtigen Verhältnisse empirisch zu ermitteln, empfiehlt sich folgender Vorgang: Man schiebe statt eines Diapositivs in den Bildträger eine Glasplatte ein, auf welcher durch eine Maske das gewöhnlich zu benützte Bildformat eingezeichnet ist, also z. B.  $7 \times 7$  cm freier Innenraum; die hiedurch austretende Lichtpyramide muß noch in die Hinterlinse des Objektivs vollkommen (ohne Abschneidung der Ecken) eindringen können, sie aber möglichst bedecken.

Man sieht also daraus, daß der Linsendurchmesser des Objektivs in engstem Zusammenhange mit der Brennweite des Kondensors bzw. mit seinem Linsendurchmesser steht. „Bei zwei Objektiven mit gleichem Linsendurchmesser aber ungleicher Brennweite gehört zu demjenigen mit größerer Brennweite auch ein Kondensor mit größerer Brennweite oder mit größerem Linsendurchmesser“ (Neuhaus, l. c. Seite 36). Bei Verwendung von verschieden-brennweitigen Objektiven, wie sie z. B. in den „Objektivsätzen“ zur Verfügung stehen, kann dieser Forderung natürlich nicht vollständig entsprochen werden, da es zu umständlich wäre, für jedes Objektiv einen anderen Kondensor einzusetzen. Dann ist eine gewisse Korrektur, um die Lichtquelle voll auszunützen, dadurch möglich, daß man mit der Lichtquelle ein wenig zurück- oder vorgeht, bis der vom Kondensor kommende Strahlenkegel die Hinterlinse voll trifft.\*\*\*) Damit ist auch gesagt, daß bei jedem gut konstruierten Skioptikon eine ausreichende Verschiebung der Lichtquelle in der Längsrichtung möglich sein muß.

Die Verwendung von kurz-brennweitigen Objektiven, wie sie namentlich bei Kinematographen notwendig werden, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, es ist immer von Vorteil, Objektive mit langer Brennweite und großem Linsendurchmesser zu verwenden, natürlich muß dann das Skioptikon möglichst weit von dem Projektionschirm aufgestellt werden, um eine große Bildfläche zu erhalten. Dadurch erreicht man im allgemeinen die günstigsten Lichtverhältnisse. Selbstverständlich nimmt mit zunehmender Entfernung des Skioptikons von der Wand und der hiedurch erzielten stärkeren Vergrößerung des Laternbildes die Helligkeit des projizierten Bildes in quadratischem Verhältnisse der Entfernung ab.

---

\*) Zuerst von Pizzighelli, Handbuch der Photographie, I. Band, S. 393 (1891), angegeben.

\*\*) Die hierüber anzustellenden Versuche beschreibt Neuhaus sehr ausführlich in seinem oft zitierten Werke. Es sei daher für diejenigen Leser unseres Buches, die sich für die theoretischen Verhältnisse näher interessieren, auf dieses grundlegende Werk verwiesen.



**Größe der projizierten Bilder.** Für die Zwecke des Unterrichts ist es nicht notwendig, die Vergrößerung der Laternbilder sehr hoch zu treiben, abgesehen davon, daß man in der Regel die Projektionswand aus Mangel an Raum überhaupt nicht sehr groß machen können wird. Nach unseren Erfahrungen genügt es, in einem gewöhnlichen Schulzimmer die Projektionswand nicht über zwei Meter im Geviert, in größeren Sälen ungefähr drei bis vier Meter im Quadrat zu wählen. Dadurch bleibt die Übersichtlichkeit des Bildes für die Beschauer gewahrt und die Vergrößerung ist doch eine so bedeutende, daß alle Details des Bildes auch von den rückwärtigen Bänken aus gut gesehen werden können.\*) Die Aufstellung des Skioptikons erfolgt im allgemeinen für Schulzwecke am besten nahe der Hinterwand des Lehrsaales. Bei einer Wandgröße von einundeinhalb Meter Seitenlänge, einem Objektiv von 25 cm Brennweite und 5·5 m Abstand des Skioptikons ist die lineare Vergrößerung eines Laternbildes von  $8\cdot2 \times 8\cdot2$  cm ungefähr zwanzigfach, dazu reichen die meisten Lichtquellen mit Ausnahme von Auerischem Gasglühlicht und von Petroleumlicht aus. Wird die Vergrößerung weiter getrieben, also bei

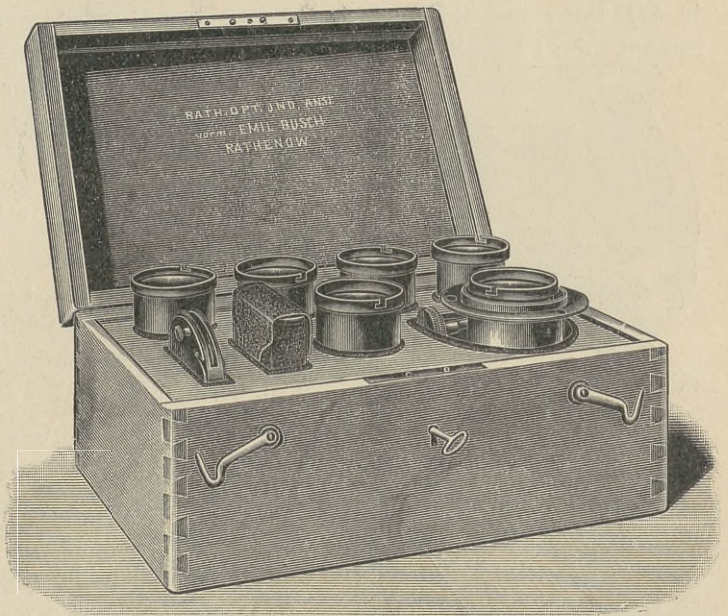


Fig. 36. Vollständiger Objektivsatz samt Auswechselfassung und farbigen Gläsern (Rathenower optische Industrieanstalt).

\*) An dieser Stelle möge auf etwas aufmerksam gemacht werden, was manchem Zuseher bei Skioptikonvorstellungen schon aufgefallen sein dürfte: Manche der projizierten Bilder erscheinen in prächtiger Plastik an der Wand, besonders wenn der Beschauer gerade in der Mitte des Saales sitzt, andere erscheinen recht flach und dadurch unschön; von Seitenplätzen im Saale gesehen, erscheinen meist alle Bilder flach. Es kommt also stets darauf an, daß der Beschauer in einer bestimmten Stellung und Entfernung zu dem projizierten Bilde sich befindet. Die Entfernung, in welcher das Bild an der Wand am besten plastisch erscheint, ist direkt proportional der Brennweite des Objektivs, mit welchem das jeweilige Laternbild aufgenommen wurde und der Vergrößerung des Laternbildes an der Wand, oder mit anderen Worten: der beste Punkt zur Betrachtung des Wandbildes ist der Bildpunkt dieses Bildes. (Siehe darüber noch Bemerkungen im Abschnitt V, S. 293).



einer Projektionswand drei Meter im Geviert auf das Vierzigfache, so ist eine kräftige Lichtquelle, wie Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht unbedingt notwendig (siehe darüber auch das S. 28 Gesagte).

Beim Unterricht wird es selten vorkommen, daß man mehrere Laternbildformate nebeneinander verwenden muß. Man wird sich aus den schon früher angegebenen Gründen auf ein bestimmtes Format zu beschränken suchen, wofür wir die Bildgröße von etwa  $7 \times 7 \text{ cm}$  (Plattengröße  $8.2 \times 8.2$  oder  $8.5 \times 10 \text{ cm}$ ) als am besten geeignet halten. Ist man aber einmal genötigt, größere Bilder z. B. im Plattenformat  $9 \times 12 \text{ cm}$  zu benützen, dann müßte natürlich das Skioptikon entweder der Projektionswand so weit genähert werden, daß das projizierte Bild nicht über die Wand hinausfällt (was nicht nur unschön ist, sondern auch den Verlust von wertvollen Details in der Nähe des Bildrandes bewirken kann) oder man wird bei fester Stellung des Skioptikons in diesem Falle ein Objektiv mit längerer Brennweite anwenden müssen.

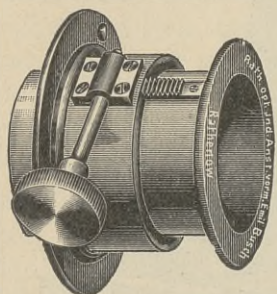


Fig. 37. Auswechselfassung für Objektivsätze.

Für solche besondere Fälle ist es gut, einen „Objektivsatz“ zu besitzen (Fig. 36), der aus mehreren Linsenanordnungen von verschiedener Brennweite, in Zylindern gefaßt, besteht. Zur Aufnahme der Zylinderobjektive dient eine am Skioptikon zu befestigende Auswechselfassung (Fig. 37), welche mit Zahn und Trieb versehen ist.\*) Solchen Objektivsätzen wird häufig ein mit Spalten versehener Kopf mitgegeben, in welchem farbige Gläser zur Erzeugung gewisser Effekte bei der Projektion eingesetzt werden können.

Für Unterrichtszwecke sind derartige Spielereien nicht zu empfehlen.

Der gleiche Effekt wie mit derartigen Objektivsätzen kann in weit bequemerer und rascherer Weise als durch Auswechseln der Objektive mittels des „Projektions-Teleobjektiv“ (Objektiv mit variabler Brennweite) von G. Rodenstock in München, erzielt werden (Fig. 38). Bei einem bestimmten Abstand zwischen Projektionsapparat und Schirm kann jede beliebige Vergrößerung angewendet werden, was sehr wertvoll ist, wenn bei einer Projektion Laternbild er verschiedener Größen durcheinander benützt werden. Das Teleobjektiv besteht aus dem gewöhnlichen Objektiv „Monar“ als positivem Element und einer Negativlinse in einer Ansatzröhre, welche mittels eines gerauhten Stellringes und Archimedesgewinde verschoben werden kann; die durch Drehen des Ringes bewirkten Veränderungen der Brenn-

\*) Der in Fig. 36 abgebildete Objektivsatz der „Rathenower optischen Industrieanstalt“ für Platten von  $8.2 \times 8.2$  und  $9 \times 12 \text{ cm}$  mit sechs Zylinderobjektiven von 150 bis 405 mm Brennweite, samt Auswechselfassung, einem Kopfe mit drehbarem Deckel und Spalt nebst sechs farbigen Vorschaltgläsern, alles in einem Holzkasten zu verwahren, kostet Mk. 142.—. Einen ähnlichen Objektivsatz „Norma“ erzeugt die Firma G. Rodenstock in München; Preis samt Etui Mk. 135.—.



weite des Gesamtsystems sind an einer Skala der Röhre direkt abzulesen und gehen von 25 bis 60 cm.\*)

**Verschluss des Objektivs beim Bildwechsel.** An den meisten käuflichen Skioptikons dient zum Verschließen des Objektivs während des Bildwechsels nur ein gewöhnlicher Objektivdeckel (Kappe) oder es muß gar der den Apparat Bedienende mit der freien Hand das Objektiv be-

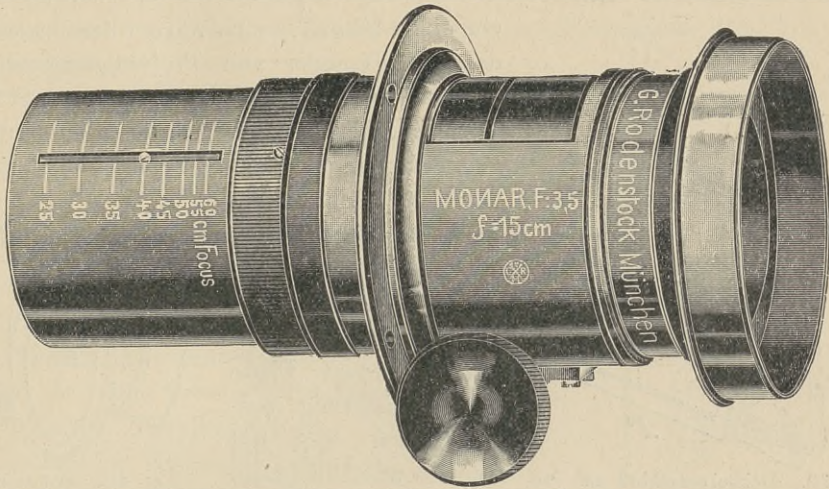


Fig. 38. Projektions-Teleobjektiv mit „Monar“ F:3·5 (Opt. Anstalt G. Rodenstock, München).

decken. Dadurch wird im Augenblicke des Bildwechsels das ganze Zimmer in Dunkel gehüllt; bei Vorführungen einer größeren Bildreihe wird dieser häufige Wechsel von hell und dunkel von allen Schülern sehr unangenehm empfunden, abgesehen davon, daß die vollkommene Verdunkelung des Lehrsaales, besonders wenn das Auswechseln der Bilder langsam geschieht, die Schüler zur Störung der Ruhe verleiten kann. Dies ist um so unangenehmer, als gerade bei Projektionen die Disziplin der Klasse streng gewahrt werden muß. Es sollte daher an jedem Skioptikon anstatt des Kappenverschlusses eine Milchglasscheibe (oder feinmattiertes Glas) angebracht sein, welche während des Bilderwechsels vor das Objektiv gebracht wird. Dadurch bleibt der Saal in angenehmen Dämmerlicht und der Bildwechsel ist doch dadurch verdeckt. Einige Firmen (z. B. R. Lechner, Wien) bringen einen mittels Knopfes drehbaren Milchglasverschluß innerhalb des Objektivansatzes an.

Wo eine solche Einrichtung fehlt, kann man entweder die Objektivkappe kreisförmig ausschneiden und in den Ausschnitt ein feinmattiertes Glas einsetzen oder man bringt an dem Objektiv einen der Ansätze an, wie sie die Fig. 39 und 40 darstellen; nach Fig. 39 ist auf die sogenannte Sonnenblende des Objektivs *O* mittels eines Ringes eine quadratische Metallplatte mit kreis-

\*) Preis des vollständigen Teleobjektivs Mk. 65.—, des Negativsystems (Teleansatzes) allein Mk. 35.—.



förmigem Ausschnitt befestigt, an deren oberer Kante ein Rahmen *r* mit zwei Scharnieren aufklappbar angebracht ist; in ihm ist eine Milch- oder Mattglasscheibe *m* eingesetzt, an seiner Seite trägt er einen kleinen Griff. Um das störende Geräusch beim Zuklappen zu vermeiden, bringt man an der Grundplatte einen Samt- oder Kautschukstreifen (*s*) an. Noch einfacher ist die Vorrichtung Fig. 40, bei welcher ein sogenannter „Rotationsdeckel“ seitlich drehbar an dem Objektiv befestigt ist, der eine Mattglasscheibe *m*

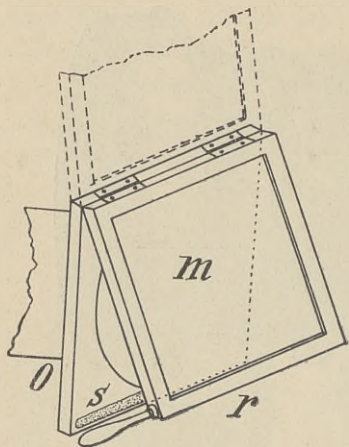


Fig. 39. Deckelverschluss am Projektionsobjektiv; *O* Objektiv, *r* Rahmen mit Mattglas *m*, *s* Samtstreifen.

eingefügt besitzt. — Es wäre wünschenswert, daß alle Erzeuger von Projektionsapparaten ihre Skioptikons mit einer dieser einfachen Vorrichtungen versehen würden. In Ermangelung irgend einer dieser Vorrichtungen kann man als Verschuß während des Bildwechsels auch einen auf das Objektiv passenden Schachteldeckel benutzen, dessen Platte man kreisförmig ausgeschnitten und mit Pausleinwand überklebt hat.

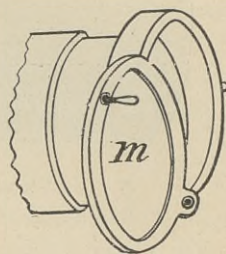


Fig. 40. Rotationsdeckel am Objektiv; *m* Mattglas.

**Prüfen der Objektive.** Beim Ankaufe eines Skioptikons sollte man immer das Objektiv daraufhin prüfen, ob es ausreichend aplanatisch korrigiert ist. Dazu dient mit Vorteil eine Glasplatte von der gewöhnlichen Laternbildgröße (z. B. eine nicht entwickelte, aber vollkommen fixierte Diapositivplatte), auf welcher man mit Tusche ein Netz von horizontalen und vertikalen Linien gezeichnet hat. Bei der Projektion dieses Netzes müssen seine Linien vollkommen gerade, ohne Verzerrung erscheinen.

## VI. Die Lichtquellen.

Bei der Beschaffung eines Skioptikons wird man in der Wahl der Lichtquelle zunächst von örtlichen Verhältnissen abhängig sein und zu berücksichtigen haben, welche Anforderungen man an das Instrument in Bezug auf die Vergrößerung der Bilder stellen will, also besonders die Größe der Projektionswand. Nicht ohne Bedeutung für die Verwendung des Skioptikons beim Unterricht sind auch die Betriebskosten der Lichtquelle.

Die Zahl der für Projektionszwecke brauchbaren Lichtquellen ist sehr groß. Es können verwendet werden: Petroleumlicht (auch Öllampen sind in England in Verwendung), Azetylgaslicht, Auersches Glühlicht betrieben mit Spiritus, Leuchtgas oder Benzin (als „Mitalicht“), Kalk- oder Zirkonlicht,



endlich elektrisches Glühlicht und elektrisches Bogenlicht. (Magnesiumbandlicht kommt wegen seiner starken Raumentwicklung und wegen der Unmöglichkeit, es längere Zeit ruhig im Brennen zu erhalten, für Skioptikonzwecke nicht in Betracht.) In welchem Helligkeitsverhältnisse diese Lichtquellen bei ihrer Verwendung im Skioptikon stehen, wurde von Molteni\*) durch Versuche ermittelt, die wir mit einigen Ergänzungen nachstehend wiedergeben, wobei wir auch die Größe der mit den einzelnen Lichtarten noch gut zu beleuchtenden Wandfläche für ein Laternbild von  $7 \times 7$  cm Größe beifügen.

Lichtquellen:	Helligkeit bezogen auf die Einheit	Größe des gut beleuchteten Wandbildes
Dreidochtige Petroleumlampe als Einheit. . . . .	1.—	1 m <sup>2</sup>
Auers Gasglühlicht (ohne Reflektor) . . . . .	1.—	1.5 m <sup>2</sup>
Einfacher Azetylenbrenner . . . . .	1.06	2 m <sup>2</sup>
Spiritus- oder Benzin-Glühlichtlampe . . . . .	1.50	2.5 m <sup>2</sup>
Vierfacher Azetylenbrenner . . . . .	4.10	3 m <sup>2</sup>
Elektrisches Glühlicht, 50kerzige Lampe . . . . .	0.93	1 m <sup>2</sup>
Elektrisches Glühlicht, 100kerzige Fokuslampe . . . . .	3.82	2.5 m <sup>2</sup>
Elektrische Nernst-Dreifadenlampe (bei 120 Volt) etwa . . . . .	6.—	3 m <sup>2</sup>
Kalklicht, Wasserstoff-Sauerstoff . . . . .	16.50	4—5 m <sup>2</sup>
Kalklicht, Äther-Sauerstoff . . . . .	18.50	4—5 m <sup>2</sup>
Elektrisches Bogenlicht, 7 Ampère . . . . .	39.03	5—6 m <sup>2</sup>
„ „ 10 „ . . . . .	75.61	8 m <sup>2</sup>
„ „ 15 „ . . . . .	117.61	10 m <sup>2</sup>
„ „ 20 „ . . . . .	160.80	16 m <sup>2</sup>

Für kleine Schulräume, bei denen die Projektionsfläche nicht mehr als 1—1.25 m Seitenlänge beträgt, reicht man nach obiger Tabelle mit Petroleumlicht, Auer-Glühlicht, Azetylenlicht oder elektrischem Glühlicht aus. Für größere Säle mit einer Projektionswand von 2 bis 3 m im Geviert ist nur Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht zu gebrauchen, das letztere ist natürlich auch bei entsprechender Stromstärke für weit größere Projektionsflächen anwendbar, so daß es für Bogenlicht keine Grenze nach oben gibt.

Was die örtlichen Verhältnisse betrifft, so lassen sich Petroleumlicht, Azetylenlicht, Spiritus- oder Benzinglühlicht mit Auer-Brenner, Kalk- und

\*) Mitgeteilt in „Laterna magica“, XVII. Band (1901), Nr. 65/66, S. 18. Dort ist auch die Methode der Vergleichung der einzelnen Lichtquellen im Skioptikon beschrieben. — Einige Messungen der Lichtstärke von Kalklicht, Azetylenlicht etc. hat G. Marktanner-Turneretscher in Graz angestellt; „Lat. mag.“ 1900, XVI, S. 17.



Zirkonlicht überall anwenden, während selbstverständlich Auersches Gasglühlicht nur in Orten mit einer Gasanstalt, elektrisches Glühlicht oder Bogenlicht nur dort anwendbar sind, wo sich eine Elektrizitätszentrale befindet. (Speisung von elektrischen Lampen mit einer galvanischen Batterie oder mit Akkumulatoren kommt für Projektionszwecke in Schulen nicht in Betracht.)

Was endlich die ökonomische Seite anbelangt, so gibt darüber die folgende Tabelle Aufschluß:

Als Lichtquelle verwendet	Kosten für 1 Brennstunde	Lichtstärke in Normalkerzen
Petroleumlicht . . . . .	5—10 h . . . . .	40
Auersches Spiritusglühlicht. . .	etwa 5 h (100 g denat. Spir.)	60
Auersches Gasglühlicht . . . . .	„ 3 h . . . . .	70
Preßgaslicht (Mitalicht) . . . . .	„ 7 h (150 g denat. Spir.)	300
Azetylenlicht, 2fach. Brenner . .	„ 70 h (0·7 kg Karbid) .	250—300
Elektrische Glühlampe, 100 Kerz.	20—30 h . . . . .	100
Elektr. Bogenlampe v. 6 Amp. .	40—80 h*) . . . . .	600**)
Elektr. Bogenlampe v. 10 Amp.	66—132 h . . . . .	1150
Elektr. Bogenlampe v. 15 Amp.	99—198 h . . . . .	2200
Elektr. Bogenlampe v. 30 Amp.	198—400 h . . . . .	7000

## 1. Elektrisches Bogenlicht.

Wo die Verhältnisse es gestatten, soll man nur elektrisches Bogenlicht als Lichtquelle des Skioptikons verwenden. Abgesehen von der beliebig steigerbaren Lichtstärke und der dadurch möglichen bedeutenden Vergrößerung der Laternbilder bietet es den Vorteil einer sehr einfachen Bedienung und stellt eine fast punktförmige Lichtquelle dar. Ob die Bogenlampe mit Gleichstrom oder Wechselstrom betrieben wird, ist nicht gleichgültig. Gleichstrom ist weitaus dem Wechselstrom vorzuziehen, da er bei ähnlicher Stromstärke fast die dreifache Lichtstärke liefert und die Lampen ruhig brennen, während Wechselstromlampen infolge des fortwährenden Polwechsels ununterbrochen summen, was beim Unterricht recht störend werden kann; auch steht die Tatsache, daß man bei Wechselstrom zwei gleichstark leuchtende Kohlenspitzen hat, der gleichmäßigen Bildfelderhellung und der Reinheit der Bilder recht hindernd entgegen.

\*) Die Angaben für den Preis pro Stunde beziehen sich bezüglich der elektrischen Bogenlampen je nach der Netzspannung von 110 bis 220 Volt unter Zugrundelegung des Wiener Preises von 6h für 1 Hektowattstunde.

\*\*\*) Diese Angaben der Lichtstärke geben nur einen beiläufigen „mittleren Wert“. In der Richtung der maximalen Lichtausstrahlung, deren Ausnützung man durch Schrägstellung der Kohlen etc. (siehe später) anstrebt, kann die Lichtstärke den dreifachen Wert der „mittleren Lichtstärke“ erreichen.



Zum Vergleich der Wirkungsweise beider Stromarten mögen folgende Angaben dienen, die auf Grund genauer photometrischer Messungen von der Firma C. Reichert in Wien mitgeteilt worden sind:

Gleichstromlampe bei 15 Amp, 45·4 Volt (+ Kohle 16 mm, — Kohle 11 mm Durchmesser), . . . . . 7000 Normalkerzen (Hefnerseinheiten),  
Wechselstromlampe bei 18 Amp, 41·6 Volt (beide Kohlen 13 mm Durchmesser), . . . . . 2600 Normalkerzen (Hefnerseinheiten).

**Schalttafel und Widerstand.** Wegen der bedeutenden Hitze, die von einer brennenden Bogenlampe ausgeht, muß das Skioptikongehäuse — wie bereits früher ausgeführt wurde — recht geräumig gebaut, sorgfältig mit Asbestpappe ausgefüttert und gut ventiliert sein, die Kondensorenlinsen sollen durch eine Hartglas- oder Glimmerscheibe geschützt und in einem Ansatz außerhalb des Skioptikongehäuses angebracht sein. Die Verwendung einer elektrischen Bogenlampe verlangt eine sachgemäße Installation, welche man wohl in allen Fällen von einem tüchtigen Monteur ausführen lassen wird. Es empfiehlt sich, an der Hinterwand des Saales, unweit des Skioptikons, eine Marmorschalttafel anbringen zu lassen, welche einen Einschalter, die beiden Bleisicherungen und eine Steckdose für Stöpselkontakt trägt (Fig. 41). Will man die Ausstattung vollkommen machen, so können an der Schalttafel noch ein Voltmeter zur Messung der Stromspannung und ein Ampèremeter zur Bestimmung der Stromstärke angebracht sein, auch kann man alles in einem verschließbaren Kasten unterbringen (Fig. 42).

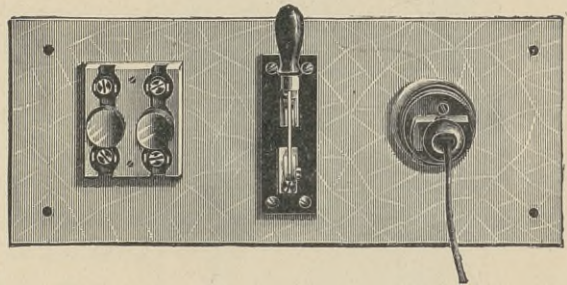


Fig. 41. Schalttafel mit Bleisicherungen, Einschalter und Stöpselkontakt (nach F. Ernecke in Berlin).

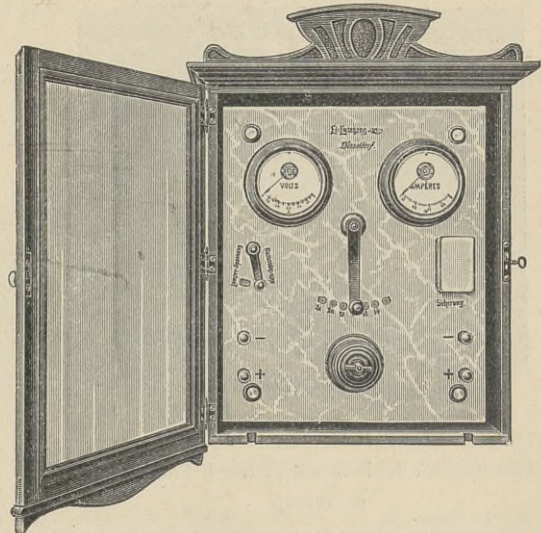


Fig. 42. Verschließbarer Kasten mit Einschalter, Voltmeter, Ampèremeter etc. (nach E. Liesegang, Düsseldorf).

Hat man sich für eine selbstregulierende Bogen-



lampe entschieden, so kann auf der Schalttafel auch der notwendige Vorschaltwiderstand aufmontiert sein (Fig. 43). Weit besser ist es, wie später auseinander gesetzt werden soll, eine Bogenlampe mit Handregulierung für Projektions-

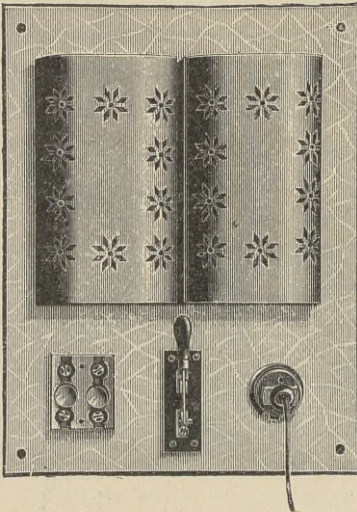


Fig. 43. Schalttafel samt Widerstand für selbstregulierende Bogenlampe (nach F. Ernecke in Berlin).

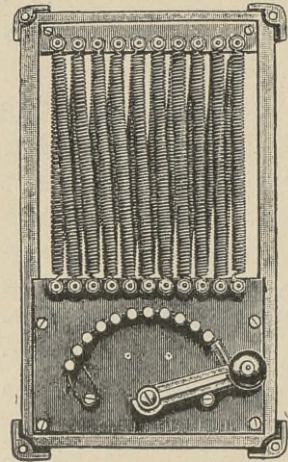


Fig. 44. Regulierwiderstand mit offenen Drahtspiralen.

apparate zu benützen. Dann braucht man einen regulierbaren **Vorschaltwiderstand** mit Kurbel, welcher in Brettform mit offenen Draht- oder Bandspiralen (Fig. 44) oder besser in Gestalt eines Kastens (Fig. 45\*) und 46) oder

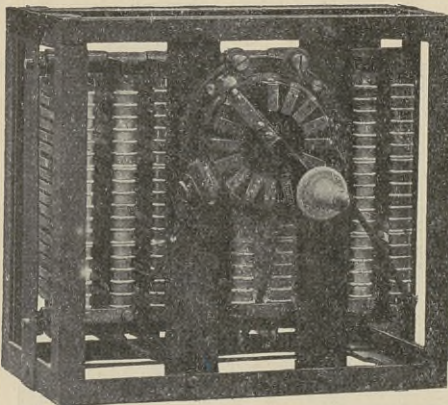


Fig. 45. Regulierwiderstand aus Bandlüftungselementen mit Schleifkontakt (nach F. Ebeling in Wien).

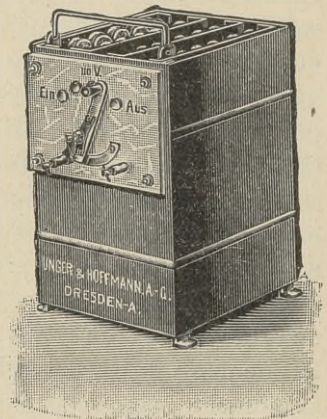


Fig. 46. Widerstand in Kastenform (nach Unger & Hoffmann in Dresden).

\*) Als Beispiel für die Preise von Regulierwiderständen seien die der Firma F. Ebeling in Wien angegeben, welche aus sogenannten Bandlüftungselementen bestehen und in kräftigen Eisenrahmen eingebaut sind, an dem sich die Schleifkontakte befinden



einer auf dem Boden stehenden Trommel (Fig. 47) zu haben ist. Die Aufgabe des Vorschaltwiderstandes besteht, wie den meisten Lesern dieses Buches bekannt sein wird, darin, die Stromspannung entsprechend herabzusetzen. Die Stromleitungen für Beleuchtungszwecke besitzen in den meisten Orten entweder eine Spannung von 110 Volt oder von 220 Volt, während für die Bogenlampen eine Spannung von 45 Volt am besten geeignet ist. Der benützte Vorschaltwiderstand muß also die überschüssige Spannung vernichten und die für die jeweiligen Verhältnisse passende Einrichtung besitzen. Für die Zwecke der Schule wird man meist mit einem Widerstand ausreichen, welcher eine Regulierung für Stromstärken von 8 bis 25 Ampère gestattet, nur in sehr großen Sälen oder bei Benützung von Apparaten für episkopische und mikroskopische Projektionen (S. 96) wird man auf 30 oder mehr Ampère Stromstärke gehen. Befindet sich das Skioptikon nahe der Hinterwand des Saales, so kann der Vorschaltwiderstand an der Wand hängend oder dicht an ihr stehend (wie in Fig. 47) angebracht sein. Steht jedoch das Skioptikon mehr als 1 m von der Schalttafel ab, so ist es notwendig, den Vorschaltwiderstand dicht hinter dem Skioptikon

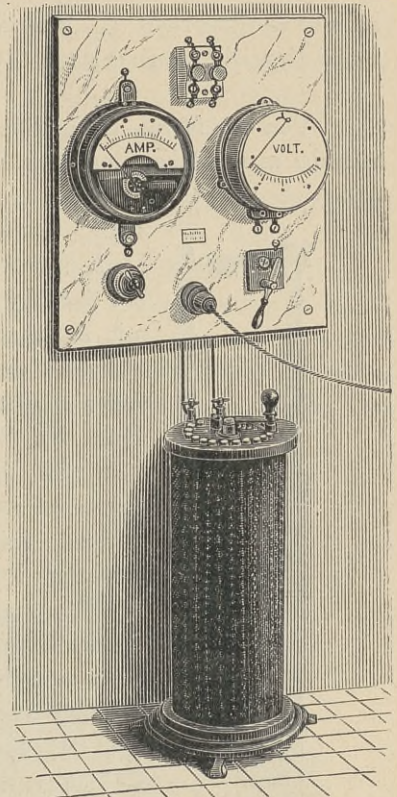


Fig. 47. Widerstand in Trommelform samt Schaltbrett (nach F. Ernecke in Berlin-Tempelhof).

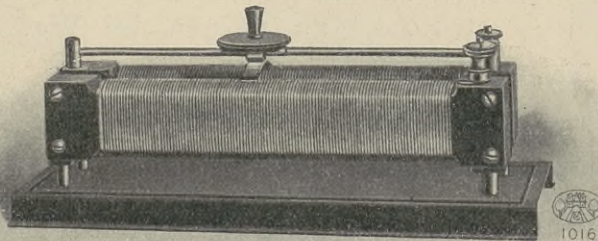


Fig. 48. Kleiner Schiebewiderstand von Ruhstrat (nach Mittelstrass, Magdeburg).

(Fig. 45): Widerstand für 220 Volt Spg. mit Einschaltung für 8, 10, 14 und 20 Amp. K 160.—, derselbe für 110 Volt K 120.—; kleineres Modell für Stromstärke bis zu 4 Amp. K 30.—. — Widerstände in Kastenform, wie Fig. 46 wiedergibt, kosten je nach Leistungsfähigkeit K 50.— bis 120.—.



aufzustellen oder an dem das Skioptikon tragenden Tische selbst anzubringen, damit er dem den Apparat Bedienenden jederzeit bequem zur Hand sei. Für kleine Projektionslampen, wie sie besonders als Hilfsapparate im physikalischen Unterricht (S. 202) verwendet werden, kann auch ein einfacher Schiebewiderstand nach Ruhstrat (Fig. 48) benützt werden.

Von den für die Projektionszwecke brauchbaren Bogenlampen unterscheidet man solche mit selbsttätiger Regulierung (automatische Lampen) und solche mit Handregulierung. Letztere sind stets vorzuziehen, besonders dann, wenn der Projektionsapparat für physikalische Demonstrationen benützt werden soll, aber auch schon bei der Vorführung von Laternbildern. Bei Bogenlampen mit automatischer Regulierung entfällt jede Bedienung während der Projektionen. Man hat im Anfange nur dafür zu sorgen, daß die Kohlen gut eingesetzt sind und dann den Strom einzuschalten. Dieser Bequemlichkeit steht aber die große Empfindlichkeit derartiger Lampen gegen Stromschwankungen entgegen, sowie ihr oft unruhiges, mit heftigem Zischen verbundenes Brennen, besonders kurz nach dem Einschalten. Die Bogenlampen mit Handregulierung gestatten jederzeit eine rasche und sichere Einstellung, lassen Veränderung in der Helligkeit der vorzuführenden Bilder mittels des Vorschaltwiderstandes und durch Anwendung entsprechend starker Kohlen zu; Störungen, durch unregelmäßigen Abbrand der Kohlen verursacht, lassen sich leicht beseitigen, endlich lassen sich Lampen mit Handregulierung sowohl für Gleichstrom als für Wechselstrom verwenden, man braucht nur die Stellung der Lampen zu verändern, nämlich bei Benützung von Gleichstrom die Lampe entsprechend zu neigen, bei Wechselstrom sie vertikal zu stellen.

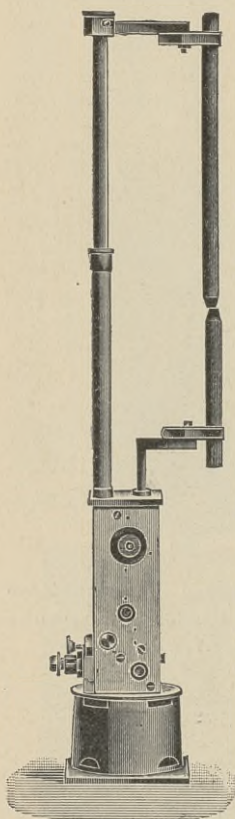


Fig. 49. Hefner-Altenecksche Kontaktbogenlampe (nach Ferd. Ernecke in Berlin).

Von **Bogenlampen mit automatischer Regulierung** ist die Hefner-Altenecksche Kontaktlampe (Fig. 49) vorzüglich brauchbar, hat jedoch den Übelstand einer unbequemen, sehr hohen Form, bedarf eines eigens dazu gebauten Skioptikons und ist sehr teuer,\*)

daher wird sie heute nur mehr selten benützt. An vielen größeren Projektionsapparaten (z. B. von den Firmen F. Ernecke in Berlin, Schmidt & Haensch in Berlin, R. Fuess in Steglitz-Berlin, Krüss in Hamburg, Max

\*) Preis Mk. 218.—. (Preisliste von F. Ernecke in Berlin). Ähnlich sind die Lampen nach Duboscq und nach Siemens (zum Preise von Mk. 150.— bzw. Mk. 220.— nach den Preislisten von Max Kohl in Chemnitz und E. Leybolds Nachfolger in Köln).



Kohl in Chemnitz, E. Leybolds Nachfolger in Köln am Rhein und anderen) ist die selbstregulierende Bogenlampe System Schuckert eingebaut (siehe Fig. 98), welche auf Bestellung entweder für Gleichstrom oder für Wechselstrom geliefert wird, meist für 10, 15 oder 20 Amp. Stromstärke gebaut, auf Wunsch aber auch für höhere Stromstärken einzurichten ist.)\* Ähnlich ist die Gleichstrombogenlampe der Firma Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig, welche in Fig. 50 in ihrer Gesamtansicht, in Fig. 51 in dem Skioptikongehäuse einmontiert dargestellt ist. Von ihren beiden Nebenschlußmagneten besorgt der eine die Bogenbildung, der andere den Nachschub der Kohlenstifte. Die Lichtbogen­spannung kann durch Anspannen einer besonderen Spiralfeder verändert werden. Diese Lampe wird für Stromstärken von

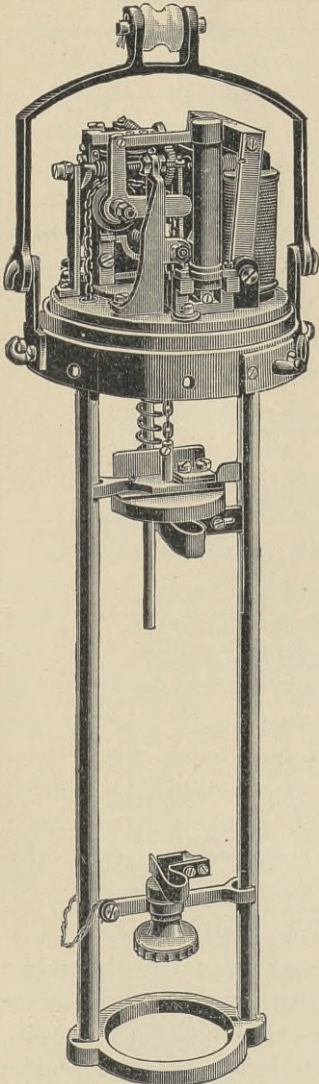


Fig. 50. Selbstregulierende Bogenlampe für Gleichstrom (nach Dr. Stöhrer in Leipzig).

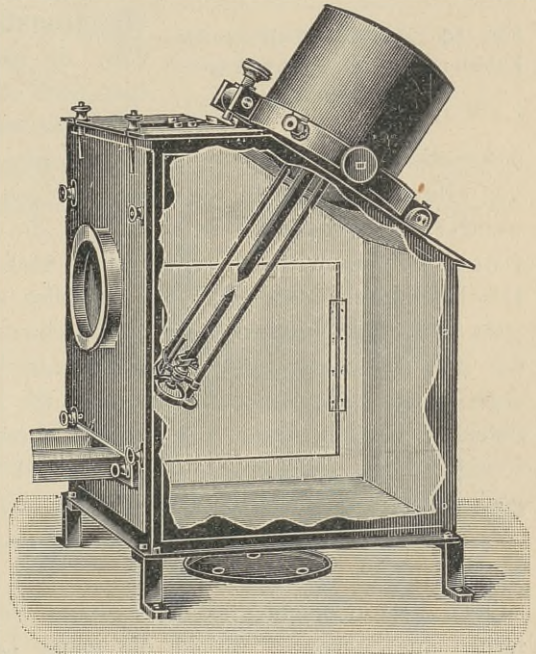


Fig. 51. Selbstregulierende Bogenlampe im Skioptikongehäuse einmontiert (nach Dr. Stöhrer in Leipzig).

\*) Eine ähnliche Einrichtung besitzt die Projektionsbogenlampe von Körting & Mathiesen in Leutsch-Leipzig. Nach Angabe von Neuhauss (l. c. S. 60) ist sie wohl billiger, brennt aber weniger geräuschlos wie die Schuckert-Lampe.



4 bis 20 Amp. geliefert, doch muß, wie bei allen selbstregulierenden Lampen bei der Bestellung die verfügbare Stromstärke und Spannung genau angegeben werden. (Preis der Lampe Mk. 80.—.) Bei den genannten Lampen stehen die Kohlen schräg, ungefähr in einem Winkel von 30 bis 40° zur Vertikalen,\*) ebenso wie bei allen für Gleichstrom benützten Bogenlampen mit Handregulierung. Die Schrägstellung ist bei Anwendung von Gleich-

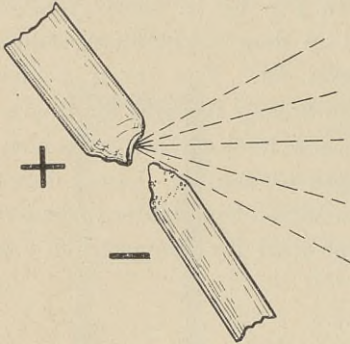


Fig. 52. Richtige Stellung der Kohlen bei Gleichstrombogenlampen.

strom unbedingt notwendig, um den zwischen den Kohlenspitzen entstehenden Lichtkegel möglichst auszunützen (vgl. Fußnote auf Seite 52). Überdies soll die untere Kohle ein wenig vor der oberen stehen (Fig. 52), damit der in der oberen Positivkohle sich bildende Krater, von welchem das Licht vornehmlich ausstrahlt, gegen den Kondensator gewendet ist, wodurch die beste Ausnützung des Lichtes im Skioptikon erzielt wird.

#### Die Formen der Bogenlampen mit Handregulierung sind sehr mannigfaltig.

Ehe sie näher beschrieben werden, mögen hier noch einige allgemeine Bemerkungen eingeschaltet sein, welche zum Teile auch für die automatisch sich regulierenden Bogenlampen Geltung haben. Bei Anwendung von Gleichstrom stehen die beiden Kohlen nahezu in einer Linie. Die obere, positive, ist sogenannte D o c h t k o h l e, die untere, dünnere (negative) ist H o m o g e n k o h l e, und diese soll ein wenig nach vorne gerückt sein (siehe Fig. 52). Die Dochtkohle muß, um nicht schneller abzubrennen als die Negativkohle, etwa doppelt so starken Querschnitt haben. Die Kohlen sollen entsprechend der in Verwendung kommenden Stromstärke eine bestimmte Dicke besitzen, doch bringt es keinen Schaden, wenn die Maße nicht absolut genau stimmen. Stärkere Kohlen haben den Vorteil, langsamer abzubrennen, geben aber weniger Licht als dünnere Kohlen und brennen auch meist unruhig. Die geeignetsten Maße für die Kohlen gibt nebenstehende Tabelle.

Jede regulierbare Bogenlampe muß drei Bewegungseinrichtungen haben: eine Stellschraube zum Nachschieben der Kohlen, um die beiden Kohlenspitzen stets in einem gleichen Abstand von 2 bis 4 mm halten zu können, ferner eine Schraube, welche die ganze Lampe zu heben oder zu senken gestattet, um den Lichtpunkt in die optische Achse des Kondensators und des

\*) H. Krüss (Physikalische Zeitschrift 1902, S. 428; Eders Jahrbuch 1904, S. 309) hat gefunden, daß die günstigsten Lichtverhältnisse erhalten werden, wenn die untere (—) Kohle so weit vorgeschoben wird, daß ihre vordere Kante mit der + Kohle in einer Ebene steht und wenn ferner die Kohlenachsen um etwa 30° gegen die Vertikale geneigt werden. Er empfiehlt ferner, um ein ruhiges Brennen der Kohlen zu erzielen, die Anbringung eines kräftigen Magnetfeldes, das den Lichtbogen nach vorne drückt.



Bei Gleichstrom sind zu verwenden:*)						
	Für Stromstärke von					
	8 Amp.	10 Amp.	14 Amp.	18 Amp.	22 Amp.	über 25 Amp.
Dicke der oberen (+) Dochtkohle . . . . .	13 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	25 mm
Dicke der unteren (-) Homogenkohle . . . . .	8 mm	9 mm	10 mm	12 mm	13 mm	18 mm
Lichtstärke in Normalkerzen ungefähr . . . . .	800	1100	2000	4000	6000	7 bis 10.000

Bei Anwendung von Wechselstrom sind zwei gleich starke Dochkohlen zu benützen, und zwar:

	Für Stromstärke von				
	8 Amp.	10 Amp.	14 Amp.	18 Amp.	22 Amp.
Dochkohlen von . . . . .	9 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm
Lichtstärke in Normalkerzen ungefähr . . . . .	900	1200	1800	2000	3000

Objektivs bringen zu können, endlich eine Drehvorrichtung zu demselben Zwecke, welche eine Seitwärtsbewegung der Lampe gestattet. Endlich soll die Lampe nach vorne und hinten verschiebbar sein, was bei Veränderungen in der Entfernung zwischen Skioptikon und Projektionswand notwendig wird. Wünschenswert ist, daß die Lampe auch beliebig geneigt, bei manchen physikalischen Versuchen (siehe S. 221) auch aufrecht gestellt werden kann. Schließlich sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß es sehr vorteilhaft ist, wenn die innerhalb des Skioptikongehäuses angebrachten Kabel zur Spaltung des Stromes zwischen den beiden Kohlenhaltern von Glas- oder

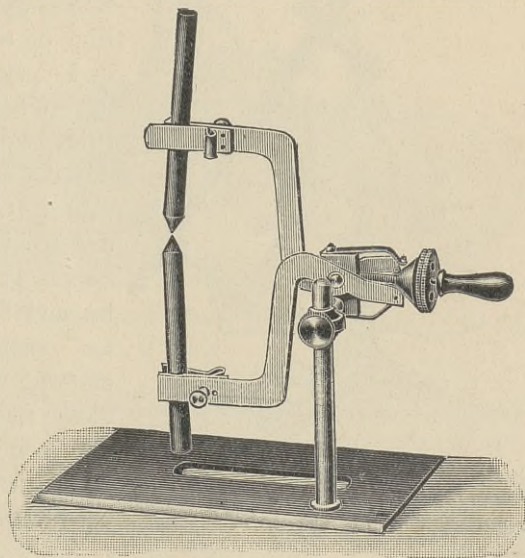


Fig. 53. Einfachste Bogenlampe für Handregulierung.

\*) Nach Angaben in der Broschüre „Schulprojektionsapparat Type NOR“ von Ferd. Ernecke, Hoflieferant Sr. Majestät des Kaisers in Berlin-Tempelhof, Ringbahnstraße.



Porzellanperlen bedeckt sind (wie in Fig. 55), um eine vollkommene Isolierung zu geben und die Entstehung von Kurzschluß zu vermeiden.

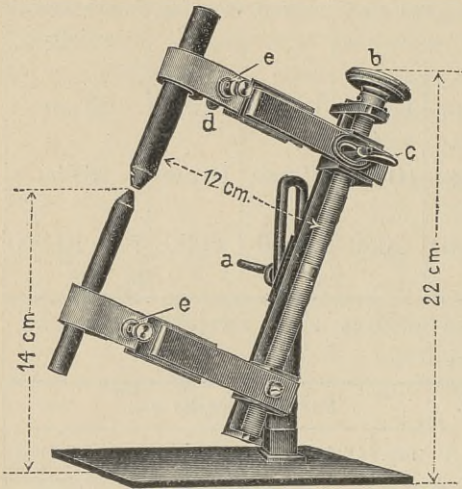


Fig. 54. Einfache Bogenlampe mit Handregulierung (nach Köhler, Münsterstadt). *a* Schraube zum Hochstellen, *b* zum Nähern der Kohlen, *c* zur Seitwärtsbewegung, *d* und *e* Klemmschrauben für die Kohlen.

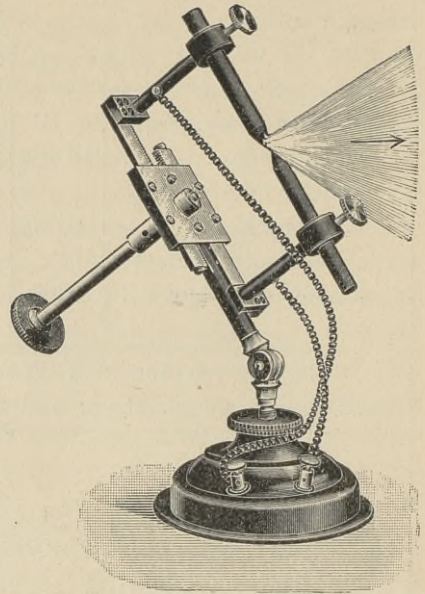


Fig. 55. Neigbare Bogenlampe mit Handregulierung in geneigter Stellung (nach F. Ernecke in Berlin).

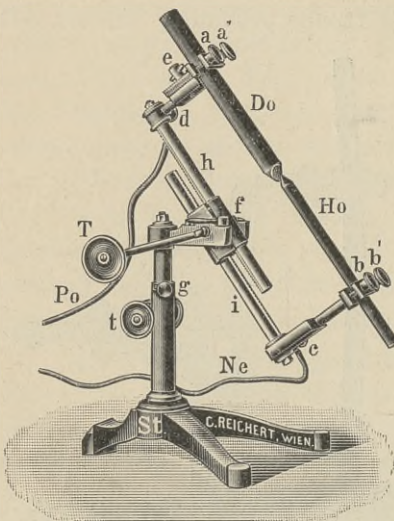


Fig. 56. Kleine Bogenlampe mit Handregulierung von C. Reichert in Wien.

Wohl die billigsten und einfachsten Bogenlampen des Handels dürften die in Fig. 53 abgebildete Lampe von Stöhrer in Leipzig und die von Fr. Nik. Köhler in Münsterstadt (Bayern) gebaute Lampe (Fig. 54)\* sein, welche für die Verwendung von Gleich- oder Wechselstrom geeignet ist. Die Schraube zum Einstellen der Kohlen ist an dem Kopf des gemeinsamen Trägers befestigt und hat ein rechtes und linkes Gewinde, wodurch die Kohlen einander genähert oder voneinander entfernt werden können. Einen Übelstand dieser Lampe scheint es uns aber zu bilden, daß man zum Nachstellen der Kohlen stets in den Kasten, in dem es doch sehr warm wird, hineingreifen muß und daß wahr-

\*) Eingehend beschrieben im „Photographischen Zentralblatt“ X., S. 68. Diese Lampe kostet samt regulierbarem Widerstand für Stromspannung bis zu 120 Volt für Stromstärke von 8 bis 15 Amp. Mk. 40.—, für 12 bis 20 Amp. Mk. 45.—; Lampen für eine höhere Spannung von 220 Volt stellen sich um je Mk. 10.— höher. Die Lampe allein kostet nur Mk. 18.—, sie wird jetzt von einer Firma in München erzeugt.



scheinlich auch der Stellknopf sich bald übermäßig erhitzen dürfte. In dieser Beziehung sind Lampen, bei denen wenigstens die Nachstellschraube weit nach rückwärts ragt, womöglich durch die Hinterwand des Skioptikons hindurch, vorzuziehen. Von solchen Formen sind zwei Typen zu unterscheiden. Bei dem einen stehen die Kohlen ungefähr in einer Linie, bei dem zweiten für Wechselstrom geeigneten Lampen in einem stumpfen Winkel. Zum ersten Typus gehören z. B. die neigbaren Bogenlampen der Firma F. Ernecke in Berlin (Fig. 55, ähnliche Lampen auch bei Max Kohl, Chemnitz, und bei E. Leybolds Nachfolger, Köln) und die einfache Bogenlampe der Firma C. Reichert in Wien (Fig. 56), welche allen Bedürfnissen, besonders auch für die physikalischen Versuche mittels Skioptikon genügt. Noch vollkommener und für 15 bis 30 Amp. Stromstärke ausreichend ist die „mittlere Bogenlampe“ von Reichert (Fig. 57). An die Kugelgelenke S', S'' und S''' werden langstielige Triebstangen befestigt, deren Knöpfe durch die Hinterwand des Skioptikons herausragen (siehe Fig. 97), so daß alle Einstellungen bequem und sicher von außen geschehen können. Der ersteren ähnlich, aber einfacher im Bau ist die Bogenlampe „Volta“ der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf (Fig. 58), die für Gleichstrom schräg, für Wechselstrom lotrecht zu stellen ist, ebenso die für beide Stromarten brauchbare Bogenlampe von Josef Engelmann in Wien (Preis per Stück 60 K für Stromstärken von 5 bis 40 Amp.) Die

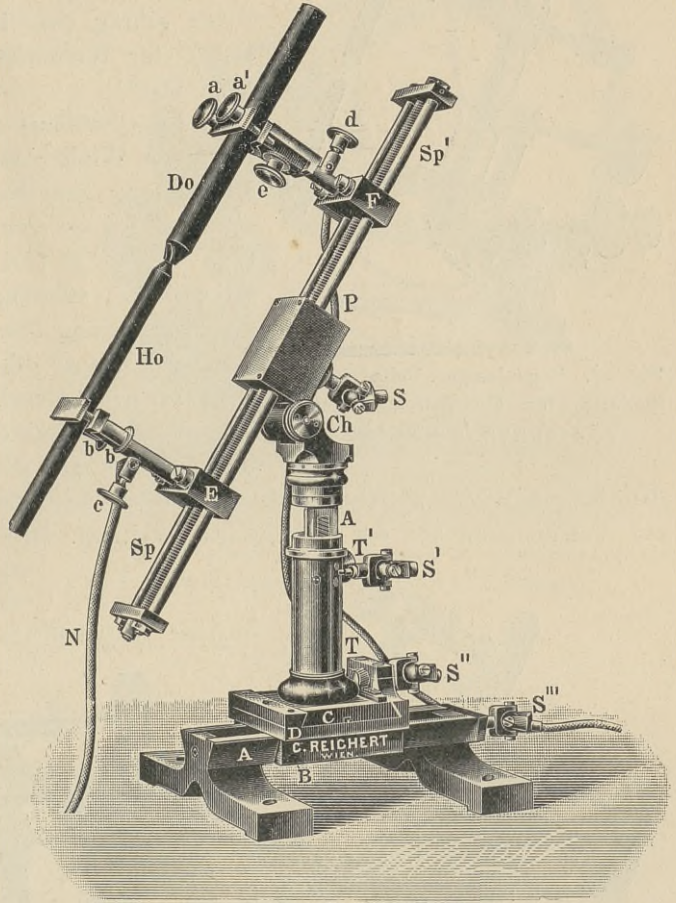


Fig. 57. Große Bogenlampe mit Handregulierung von C. Reichert in Wien.



vorzügliche, in den Fig. 59 und 60 wiedergegebene, kräftig gebaute Lampe mit Handregulierung der Firma F. Ernecke in Berlin reicht für Stromstärken bis 50 Amp. aus und gestattet alle notwendigen Bewegungen. Sie läßt sich mit Hilfe der beweglichen, winkelförmigen Bodenplatte, die in beiden Stellungen festgehalten werden kann, für Gleichstrom schräg (wie in der Fig. 59 dargestellt), für Wechselstrom vertikal stellen. (Fig. 60).\*)

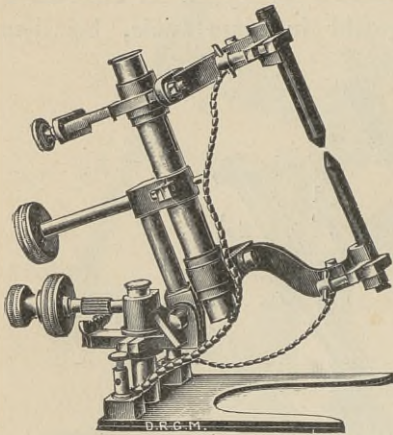


Fig. 58. Bogenlampe „Volta“ in der Stellung für Gleichstrom (Eduard Liesegang in Düsseldorf).

Eine Stellung der beiden Kohlen in stumpfem Winkel und eine sehr einfache Vorrichtung zum Nachstellen der Kohlen spitzen zeigt die von der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien an ihren Skioptikons verwendete Bogenlampe für Handregulierung ebenso die ganz ähnliche Lampe „Venus“ der Firma Unger & Hoffmann in Dresden, (Fig. 61). Die Stellschraube drückt mit einem Knopf am Ende ihrer Achse an zwei rechtwinklig von den Kohlenträgern abstehende Ansätze, welche beim Eindrehen des Knopfes ein Auseinandergehen der Kohlenstifte bewirken. Beim Zurückdrehen, wie

den Kohlenträgern abstehende Ansätze, welche beim Eindrehen des Knopfes ein Auseinandergehen der Kohlenstifte bewirken. Beim Zurückdrehen, wie

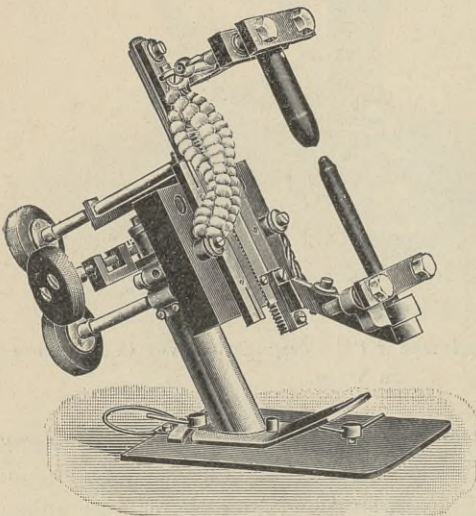


Fig. 59. Große Bogenlampe mit Handregulierung von F. Ernecke in Berlin, in der Stellung für Gleichstrom.

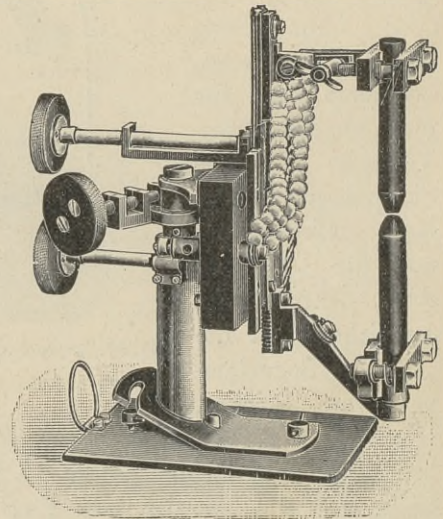


Fig. 60. Dieselbe Lampe wie Fig. 59 in der Stellung für Wechselstrom.

\*) Preis dieses Modells von Ernecke Mk. 110.—, der einfacheren Lampe Fig. 53 Mk. 70.—.



es bei dem stetigen Nachstellen der Kohlen notwendig wird, werden die beiden Kohlenträger durch [eine Spiralfeder einander genähert. Die obere kleine Schraube dient zum Rückwärtsbewegen der oberen Kohle gegen die untere, während die ganze Lampe an dem Stativ mittels Triebsschraube und Zahnstange hoch oder niedrig gestellt und einer weiteren Schraube mehr oder weniger geneigt und um die Stativachse gedreht werden kann, so daß die Zentrierung der Lichtquelle sehr schnell und einfach geschieht. Im Prinzip ähnlich ist die in Fig. 62 dargestellte Gleichstromlampe für selbsttätige Regulierung. Die von beiden vorstehend genannten Firmen samt zugehörigem Vorschaltwiderstand (an der Wand aufzuhängen) bezogen werden kann.

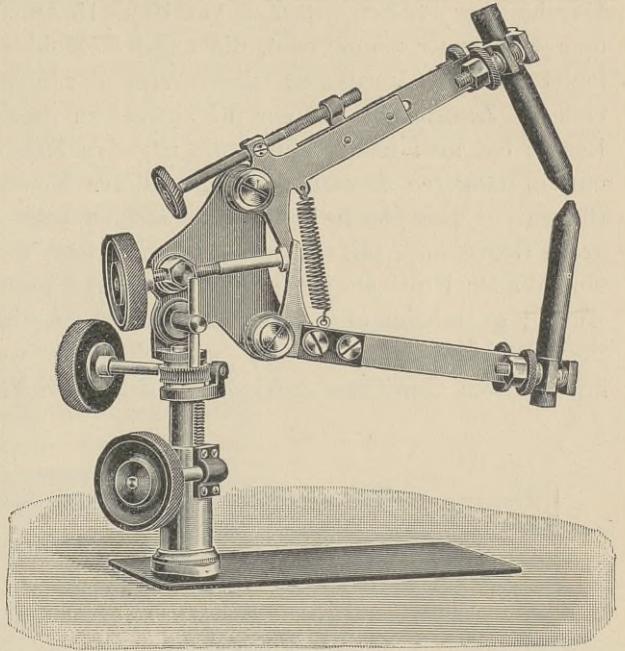


Fig. 61. Wechselstrom-Bogenlampe mit Handregulierung (nach Unger & Hoffmann in Dresden).

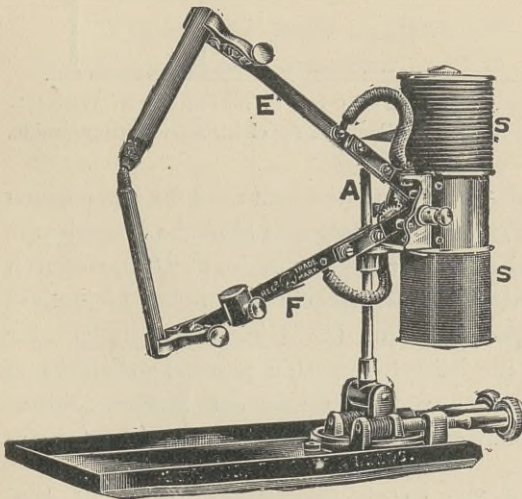


Fig. 62. Selbstregulierende Bogenlampe für Wechselstrom; A Ständer, EF Kohlenträger, SS Regulierapparat.

Hassack-Rosenberg, Projektionsapparate.

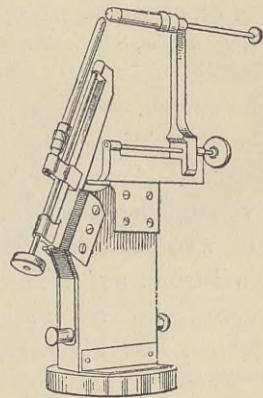


Fig. 63. Bogenlampe von Goldner und Ariston (nach Frick).



Zur Vollständigkeit sei noch die eigenartige Lampe von Goldhammer und Ariston (Fig. 63) erwähnt.\*) Hier steht die positive Kohle (17 mm Durchmesser für Stromstärken von 10 bis 15 Amp.) wagrecht, ihr freies Ende dem Kondensator zugewendet, die negative Kohle steht schräg zu ihr und bildet mit der Vertikalen einen Winkel von 30 Grad. Die an sich sehr einfache Zentrierung hat ein für allemal zu geschehen. Beim Betriebe der Lampe hat man hauptsächlich die negative Kohle öfters nachzustellen und nur in längeren Pausen auch die positive Kohle ein wenig nach vorne zu rücken. — Die gleiche Stellung der Kohlen zeigt eine große Bogenlampe mit selbsttätiger Regulierung, welche von Walter Bechstein\*\*) beschrieben und gerühmt wurde; sie scheint aber bisher keinen Eingang in die Praxis gefunden zu haben, wahrscheinlich wegen ihres großen Gewichtes (8·5 kg) und der verwickelten

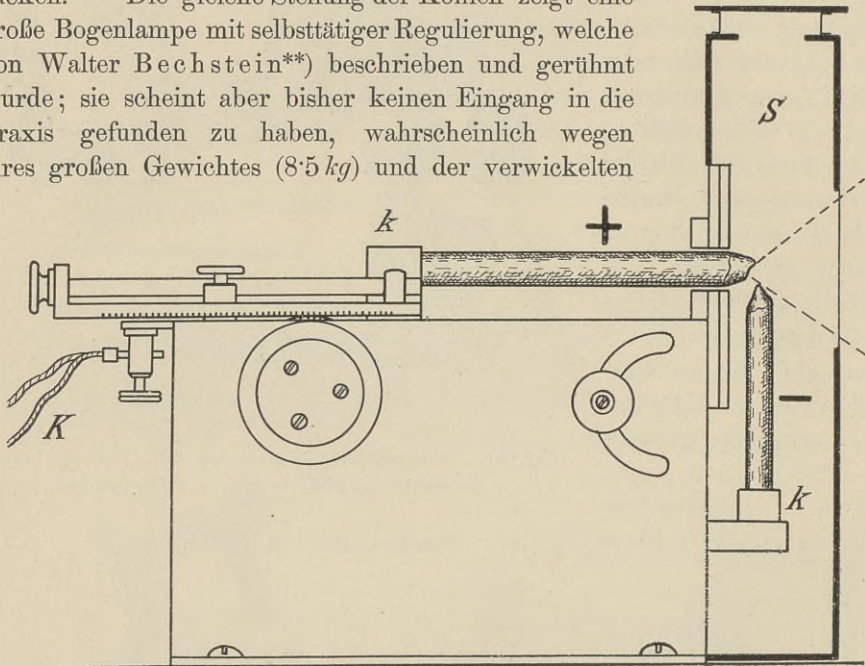


Fig. 64. Neue Bogenlampe mit horizontaler + Kohle von C. Reichert in Wien; *k, k*, Kohlenstäbe, *S* Schutzkasten mit Schornstein, *K* Klemmen für elektrische Leitungsdrähte.

Einrichtungen. — Die Wiener Firma C. Reichert baut eben für ihren neuen großen Projektionsapparat (siehe Fig. 117, S. 100) eine ähnliche Bogenlampe mit horizontal liegender Positiv- und vertikaler Negativkohle (Fig. 64), wodurch eine vorzügliche Ausnützung des Bogenlichtes, also ein sehr hoher Lichteffect erzielt werden soll. Die Lampen werden für Gleichstrom oder für Wechselstrom, auf Wunsch auch für beide Stromarten passend geliefert und regulieren sich selbsttätig; als Kohlen werden solche der Marke „Noris“ empfohlen. Das Eigenartige der Bauweise liegt darin, daß kein Lampen-

\*) Physikalische Zeitschrift, II., S. 559; Frick, Physikalische Technik, VII. Aufl., Bd. I., S. 159.

\*\*) Zentralzeitung für Mechanik und Optik; im Auszuge unter Beigabe von Abbildungen: „Laterna magica“, XX. Bd. 1904, 4. Heft, S. 53.



kasten erforderlich ist, sondern daß nur das vorderste Ende der + Kohle und die — Kohle samt ihrer Fassung in einem ganz seichten, mit guten Zugöffnungen versehenem Gehäuse sich befinden, das vorne eine mit Schutzglas versehene Öffnung zum Austreten des Lichtkegels besitzt.

Die größten Projektionsapparate, wie das Epiaskop von Zeiss in Jena, werden mit einem Scheinwerfer, Modell KL der Bogenlampenfabrik Körting & Mathiesen in Leutzsch-Leipzig (Fig. 65) ausgestattet; hier liegen beide Kohlen wagrecht, die positive mit ihrem leuchtenden Ende vom Kondensator abgekehrt, so daß der ganze von ihrem Krater ausgehende Lichtkegel auf den hinter der Lampe angebrachten parabolischen Hohlspiegel aus Neusilber geworfen wird; von ihm werden die Lichtstrahlen achsenparallel nach vorne zum Kühlgefäß und den Spiegeln (für episkopische Projektion) reflektiert. Die Kohlenregulierung und die Lichtbogenbildung erfolgen selbsttätig; die Brenndauer eines Kohlenpaares beträgt etwa drei Stunden. Durch Verstellen des Reflektors näher den Kohlen wird das beleuchtete Feld größer, doch nimmt die Helligkeit ab und umgekehrt. Der Scheinwerfer wird in einer kleineren Bauweise für 30 Amp. Stromstärke oder in einer größeren für 50 Amp. geliefert. Die überaus große, vom Scheinwerfer ausgehende Hitze macht die Anwendung eines großen Kühlgefäßes von etwa 15 l Inhalt mit stetigem Wasserdurchlauf unerlässlich.

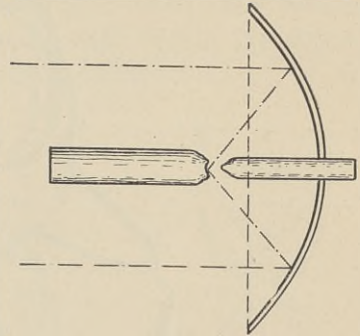


Fig. 65. Schema eines Scheinwerfers für das große Epidaskop von C. Zeiss in Jena.

Während die bisher beschriebenen Bogenlampen durchwegs eine eigene Zuleitung von Starkstrom erfordern, gibt es neuestens auch einige Konstruktionen, welche sich an die üblichen Hausleitungen für Glühlampen ohne Gefahr anschließen lassen. Der geringen Stromstärke entsprechend ist ihre Helligkeit natürlich ziemlich gering und sie haben hauptsächlich für Laternbilderabende im häuslichen Kreise oder in kleinen Lehrzimmern Bedeutung. Hierher gehören die von den Firmen R. Lechner in Wien, Fritz Ebeling in Wien (Fig. 66), Josef Engelmann in Wien und von Unger & Hoffmann in Dresden (Fig. 67) in den Handel gebrachten Bogenlampen \*)

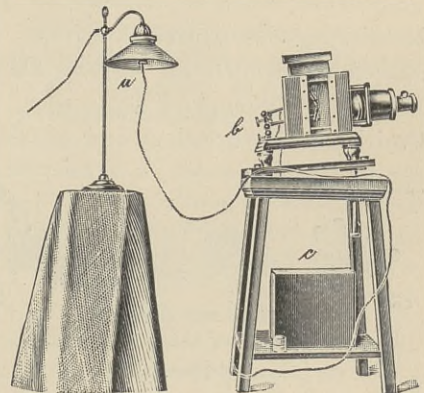


Fig. 66. „Salon Projektionsapparat“ von F. Ebeling in Wien, an Stelle einer gewöhnlichen Glühlampe (a) angeschlossen; b Skioptikon, c Vorschaltwiderstand.

\*) Preis der Lampe Fig. 67 samt Zugehör Mk. 55.—.



**Handhabung einer Bogenlampe mit Handregulierung.** Die Verfasser haben wiederholt beobachtet, daß manche Lehrer der Geographie oder Naturgeschichte, die mit physikalischen Apparaten umzugehen nicht gewohnt sind, eine ganz merkwürdige Scheu vor dem Skioptikon und besonders vor seiner Bogenlampe haben; daher möge hier kurz die Behandlung einer Bogenlampe im Skioptikon beschrieben werden. Vorausgesetzt ist, daß die

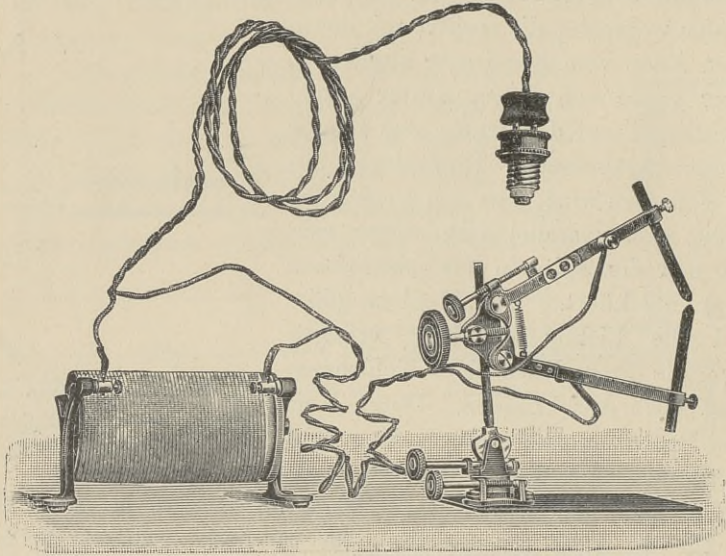


Fig. 67. Einfache Bogenlampe für Wechselstrom samt Walzenwiderstand und Kontaktstöpsel zum Anschlusse an eine Hausleitung (nach Unger & Hoffmann in Dresden).

Montierung des ganzen Apparates und seiner zugehörigen Teile sachgemäß ausgeführt worden ist. Vorerst überzeuge man sich, daß die beiden Kohlenstifte noch genügend lang sind, um für die voraussichtliche Dauer der Projektion auszureichen und ob sie in ihren Klemmen festsitzen. Die Kohlen-



Fig. 68. Polsucher (nach F. Ernecke in Berlin).

enden müssen vor Beginn etwa 1 cm voneinander abstehen. Die richtige Stellung der Kohlenstifte zueinander ist durch die Art der Bogenlampe bedingt und wir verweisen darüber auf das oben Gesagte. Hierauf stelle man mittels des Steckkontakts den Anschluß des Kabels der Lampe an das Schaltbrett der Wand her, wenn nicht überhaupt eine dauernde Verbindung zwischen Schaltbrett und Bogenlampe vorhanden ist\*) und schließe den Strom mittels des Einschalters oder, wenn ein

\*) Bei Anwendung von Gleichstrom muß der Steckkontakt genau bezeichnet sein, wie er einzustecken ist. Wird die Verbindung unrichtig (positive Kohle mit negativem Kabel und umgekehrt), also durch falsches Einstecken des Stöpsels, hergestellt, so zeigt sich das



solcher nicht vorhanden ist, mittels des Regulierwiderstands. Bei letzterem wird die Kurbel auf den ersten Knopf (für schwächsten Strom) gestellt. Nun bringt man an der Bogenlampe mittels des zugehörigen Triebknopfes die Kohlenspitzen zur Berührung, wobei man sie zur Schonung der Augen nur durch die seitlich an dem Skioptikongehäuse angebrachten Fensterchen mit blauem Glase beobachten soll. In dem Augenblicke, wo man zwischen den sich nun berührenden Kohlenspitzen das Licht aufflammen sieht, dreht man an dem Knopf zurück, bis die Kohlenspitzen etwa 2·5 — 3 mm voneinander stehen, wodurch der Lichtbogen gebildet wird. Verstärkt man hierauf den Strom mittels des Regulierwiderstands, so muß man die Kohlenspitzen noch etwas weiter von einander entfernen, bis der Lichtbogen sich gleichmäßig einstellt und die Lampe ruhig und geräuschlos brennt (richtige Beschaffenheit in Fig. 69 A dargestellt\*). Sollte anfänglich oder während des Betriebes starkes Zischen und Flackern eintreten, so läßt sich dies meist durch mehrmaliges ruckweises Nähern und Entfernen der Kohlenspitzen beheben. Schließlich überzeugt man sich durch Lüften des Objektivdeckels, daß die ganze Projektionswand gleichmäßig erleuchtet ist. Sollte dies nicht der Fall sein, so muß die richtige Zentrierung der Lampe besorgt werden. (Näheres hierüber S. 92). Nun kann die Projektion beginnen und man hat während ihr nichts mehr an der

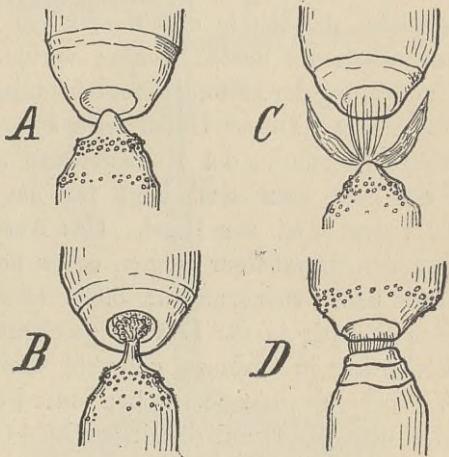


Fig. 69. Stellung der Kohlen und Bildung des Lichtbogens bei Gleichstrom: A richtige Kohlenstellung, B Kohlen zu nahe, C Kohlen zu weit voneinander, D Kohlen bei verkehrter Schaltung der Pole.

recht bald an sehr unruhigem Brennen und heftigem Zischen der Bogenlampe, auch bildet sich in der positiven Kohle kein Krater, wie bei richtiger Einschaltung. Beobachtet man dies, so muß der Kontakt in der zweitmöglichen Stellung eingesteckt werden. Wo es angeht, soll die Verbindung von Bogenlampe und Schaltbrett eine dauernde sein, um falsche Verbindungen gänzlich zu vermeiden. Ist man über die Polarität der beiden Kontaktstellen im Zweifel, so kann sie mit Hilfe des einfachen Polsuchers (Fig. 68) ermittelt werden. Wird er in die Leitung eingeschaltet, so tritt an seiner dem negativen Pole zugewendeten Elektrode eine Rosafärbung der Flüssigkeit ein. (Preis des kleinen Apparates Mk. 10.—).

\*) Die Kohlenspitzen samt dem Lichtbogen lassen sich sehr gut projizieren, indem man das Objektiv möglichst weit nach vorne (von der Lampe weg) und die Bogenlampe so lange nach rückwärts oder vorne schiebt, bis ein ziemlich scharfes Projektionsbild der Kohlenspitzen an der Wand erscheint; wenn man in den Bildträger an Stelle eines Laternbildes eine gleich große Metall- oder Pappscheibe mit einem runden Loch von 10 bis 20 mm Durchmesser einschaltet und schließlich noch durch Einstellen des Objektivs nachhilft, so bekommt man ein vollkommen klares Bild an der Wand, ähnlich Fig. 69 A (Siehe darüber auch S. 283).



Lampe zu tun, als etwa alle fünf Minuten die Kohlen wieder ein wenig zu nähern, beobachtet hierbei jedoch stets durch das Fensterchen des Skioptikons, ob sie nicht zu nahe (nicht näher als 2 mm) gebracht worden sind. Bei einem zu großen Abstand der Kohlen rundet sich die Spitze der Negativkohle merklich ab und es tritt Zischen und Flammen der Lampe ein. (Beschaffenheit des Lichtbogens aus Fig. 69 C zu erkennen.) Wird der Lichtbogen zu groß, wenn man nachzustellen vergessen hat, so kann die Lampe sogar verlöschen und man muß wieder, wie zu Anfang, die Kohlenspitzen für einen Augenblick zur Berührung bringen. Wenn die Kohlen zu nahe gehalten werden, so entsteht bei Gleichstrom häufig an der negativen Kohle eine Spitze mit einem krausen, haubenartigen Gebilde, das tief in den Krater der Dochtkohle hineinragt (Fig. 69 B) und schließlich die beiden Kohlen verbindet, wodurch es zu einer so starken Erwärmung der Leitung kommen kann, daß die Bleisicherung am Schaltbrett abschmilzt. Dieser Unfall wird sofort daran erkannt, daß auch bei wiederholtem Berühren der Kohlenspitzen kein Licht mehr aufflammt. Für solche Fälle halte man stets einige für die Stromstärke geeignete Bleisicherungen in Vorrat und zur Hand. Das Auswechseln der Sicherung läßt man sich von dem Installateur zeigen, es ist höchst einfach. (Sollte auch das Einsetzen einer neuen Sicherung an Stelle einer abgebrannten nicht helfen, dann ist eine Störung in der Leitung geschehen und muß durch einen sachkundigen Elektriker in Ordnung gebracht werden.) — Sollte die Lampe trotz aller Versuche sie richtig zu stellen unter lebhaftem Zischen und mit geringer Lichtstärke brennen und die Negativkohle sich auszuhöhlen beginnen (Fig. 69 D), so ist die Schaltung der Pole verkehrt geschehen und muß gewechselt werden. — Am Ende jeder Skioptikonvorführung schraube man mittels des Stellknopfes zunächst die beiden Kohlenspitzen so weit voneinander, daß der Lichtbogen erlischt, und öffne erst dann den Ausschalter.

## 2. Elektrisches Glühlicht.

Das elektrische Glühlicht ist im allgemeinen für Schulzwecke nicht zu empfehlen, sondern für Projektionen im häuslichen Kreise, wo man sich mit einer Wandgröße von etwa 1 bis 2 m<sup>2</sup> begnügt und wo man allein die gewöhnliche Hausleitung zur Verfügung hat. Man benützt dazu Fokuslampen mit verschieden angebrachter Drahtspirale von ungefähr hundert Normalkerzen Lichtstärke,\*) wie eine derartige mit Hohlspiegel versehene Einrichtung in Fig. 70 dargestellt ist. Die Leuchtkraft solcher Lampen nimmt natürlich bald ab, außerdem sind sie nicht dauerhaft, der lange,

\*) Nach der Preisliste von Unger & Hoffmann in Dresden für Stromspannung von 110 Volt zu Mk. 20.—, für 220 Volt zu Mk. 22.—, (auch von Max Kohl in Chemnitz, E. Leybolds Nachfolger in Köln und anderen einschlägigen Firmen zu beziehen); R. Fuess in Steglitz bei Berlin erzeugt eine Glühlampe, eingerichtet zum Hoch- und Tiefstellen, drehbar und vollständig montiert, Preis Mk. 42.— bis 48.—.



spiralig- oder schraubenförmig gewundene Kohlenfaden bricht sehr leicht durch eine heftige Bewegung der Lampe.

Im Unterricht der Physik ist es häufig wertvoll, neben dem großen Projektionsapparat, mit welchem verschiedene Experimente vorgeführt werden, noch ein kleines Skioptikon zur Verfügung zu haben, um einfache Zeichnungen und andere Laternenbilder, welche zur Ergänzung der Versuche dienen sollen, auf einem besondern, kleinen Schirm zu projizieren (siehe darüber auch S. 202). Da eignet sich ein kleines Skioptikon mit Glühlampe sehr gut, wie es Fig. 71 wiedergibt, das sich überall leicht aufstellen, bei Bedarf auch beliebig neigen läßt und auf einem leichten Stativ angebracht ist. \*)

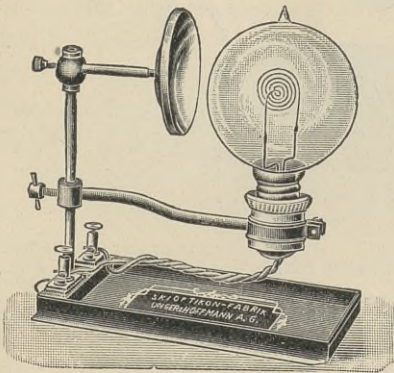


Fig. 70. Fokussierlampe mit Hohlspiegel.

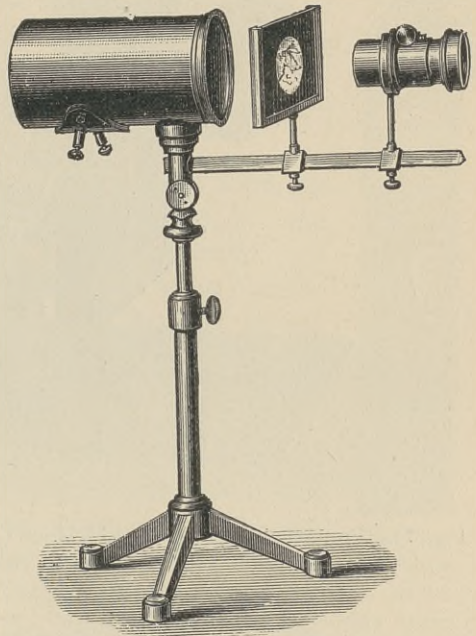


Fig. 71. Kleines Hilfsskioptikon mit Glühlampe (nach F. Ernecke in Berlin).

Neuestens werden auch **Nernstlampen** für Projektionszwecke gebaut, die sich infolge ihres kräftigen, weißen Lichtes sehr gut eignen und für Wandgrößen von 2 bis 3  $m^2$  auszureichen vermögen. Gleichstrom von 110 oder 220 Volt Spannung eignet sich für sie sehr gut. Gewöhnlich sind zwei oder drei Glühkörper auf einem gemeinsamen Stativ angeordnet und mit einem Hohlspiegel ausgestattet (Fig. 72); sie lassen sich an jede gewöhnliche Glühlampenleitung anschließen und besitzen im Verhältnisse zu ihrer Lichtstärke, welche bei 4 Amp. Stromstärke angeblich 800—1000 Normalkerzen betragen

\*) Ähnliche kleine Hilfslaternen liefern u. a. auch A. Krüss in Hamburg (Elektr. Laterne nach Prof. E. Grimsehl, mit Nernstlampe Mk. 48.— und kleine „Schwachstrombogenlampe“ in röhrenförmigem Gehäuse auf Stativ für gewöhnliche Lichtleitungen Mk. 93.—) und F. Ebeling in Wien („Gasglühlichtlampe“ in Gehäuse auf Ständer K. 12.—.)



soll, geringen Stromverbrauch.\*) An der Einrichtung sind drei kleine Widerstände und eine Anwärmelampe angebracht. Ein Übelstand dürfte bei Verwendung mehrerer Glühkörper die große lichtaustrahlende Fläche sein, welche nach dem S. 27 Auseinandergesetzten wesentliche Unschärfen der projizierten Bilder bedingen muß.

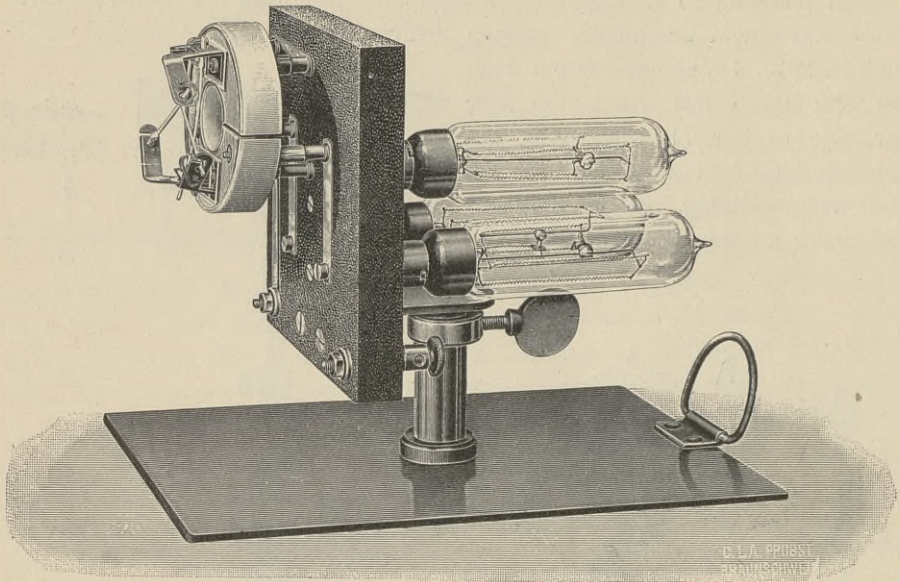


Fig. 72. Projektionslampe mit drei Nernst-Leuchtkörpern (nach Voigtländer & Sohn, A. G. in Braunschweig).

### 3. Kalklicht.

Das zuerst von Drummond angewendete, durch Glühendwerden eines Kalkzylinders in einer Knallgasflamme hervorgebrachte „Kalklicht“ liefert eine bedeutende Helligkeit (500—1200 Normkerzen), so daß es auch in größeren Sälen, für Projektionswände bis 2 m Seitenlänge gut verwendet werden kann. Heute sind die hierfür nötigen Einrichtungen so bequem und verhältnismäßig billig zu beschaffen, daß man diese Lichtquelle überall dort mit gutem Erfolge anwenden wird, wo keine elektrische Leitung zu Gebote steht. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß das Arbeiten mit Kalklichtbrennern (oder den ähnlichen Zirkonlichtbrennern) gute Übung verlangt, um die volle, zu erreichende Helligkeit herauszubringen. Notwendig für Kalklicht ist eine sehr heiße Stichflamme, erhalten durch Einströmen von Sauerstoffgas in die Flamme eines brennenden Gases oder Dampfes,

\*) Preis einer Nernstlampe mit 3fachem Glühkörper Mk. 50.—, für einen Ersatzglühkörper Mk. 1.25 bei Max Kohl in Chemnitz. Gebrüder Mittelstrass in Magdeburg, Voigtländer & Sohn in Braunschweig liefern ähnliche Lampen zu Mk. 24.—, bezw. Mk. 30.—.



welche man auf einen Kalkkörper wirken läßt und die ihn an der getroffenen Stelle zu hellster Weißglut bringt. Wo Leuchtgas vorhanden ist, wird man es am liebsten benutzen oder aber man wird mit Gasolin, Äther- oder Spiritusdämpfen arbeiten. Das früher für die Erzeugung von Drummondschem Kalklicht ausschließlich benützte Wasserstoffgas kommt für Schulzwecke heute selten in Betracht. Daher sei auch auf die Beschreibung der Herstellung und Aufbewahrung von Wasserstoffgas verzichtet, die, ebenso wie die Erzeugung von Sauerstoff, in einigen Büchern über Projektionswesen sehr ausführlich erläutert wird. \*) Wer heute für Projektionen Wasserstoff verwenden will, wird sich das Gas in Stahlflaschen komprimiert aus einer Spezialfabrik kommen lassen.

Während früher die Anwendung von Kalklicht durch die umständliche Darstellung von Sauerstoff sehr erschwert, ja sogar gefährvoll gewesen ist, wird heute die Sache sehr einfach und billig, seit man **Sauerstoff** in Stahlflaschen komprimiert im Handel bekommt. Die Stahlflaschen („Bomben“, Fig. 73) werden in den einschlägigen Fabriken vor ihrer Verwendung auf 250 Atmosphären Druck geprüft, bei ihrer Füllung aber wird der Sauerstoff nur mit 100 Atmosphären Druck eingepreßt, um jede Gefahr zu vermeiden. Die Anwendung eines höheren Druckes, wie sie vielleicht aus Gründen der Ersparung von Raum und Frachtpesen versucht werden könnte, soll wegen der Gefahr von Explosionen nicht vorkommen \*\*). Zur vollkommenen Vermeidung von Verwechslungen zwischen Flaschen für Sauerstoff und für Wasserstoff ist in neuerer Zeit die Einrichtung getroffen worden, daß die Sauerstoffflaschen schwarz angestrichen und ihr Verschluß mit Rechtsgewinde versehen ist, während die Wasserstoffflaschen weiß gestrichen und mit einem Linksgewinde ausgestattet sind. Die Fabriken (z. B. Sauerstoffabrik Berlin, G. m. b. H.) liefern



Fig. 73.  
Stahlflasche  
für verdichteten Sauerstoff.

\*) Ausführliche und sehr verlässliche Mitteilungen über die Bereitung von Sauerstoff und die dazu notwendigen Hilfsapparate (Sauerstoffgeneratoren, Gassäcke, Gasometer) sowie auch über die Herstellung des Wasserstoffgases für Projektionszwecke finden sich in Dr. Paul Ed. Liesegang, „Die Projektionskunst“, XI. Aufl., S. 66—93. — Max Kohl in Chemnitz, liefert einen transportablen automatischen Sauerstoff-Entwicklungsapparat, der mit besonderen Kuchen aus Braunstein und Kaliumchlorat gefüllt wird und bei einmaliger Füllung den für 1½ Stunden zum Betriebe des Kalklichtbrenners nötigen reinen Sauerstoff liefert. (Preis Mk. 150.—.)

\*\*\*) Eine wichtige Bedingung für die Sicherheit bei der Verwendung von komprimiertem Gas besteht darin, daß niemals ein anderes Gas, besonders Wasserstoff, in einer für Sauerstoff bestimmten Stahlflasche eingefüllt wird. Denn wenn Reste von Wasserstoff neben dem Sauerstoff vorhanden sind, kann es zu höchst gefährlichen Explosionen kommen, wie sich eine vor zwei Jahren in Zürich ereignet hat. Ihre Ursache ist, wie die Untersuchung damals gelehrt hat, eine leichtsinnige Gebahrung in der Sauerstoffabrik gewesen.



große Flaschen von etwa 105 cm Höhe und 20 kg Gewicht, mit 1000 l Gasinhalt, und kleine von 60 cm Höhe mit 12 kg Gewicht und 500 l Inhalt. Die Flaschen sollen, um sie sicher aufstellen zu können, einen vierseitigen Fuß besitzen, oder man befestigt sie in einem eigenen Ständer.

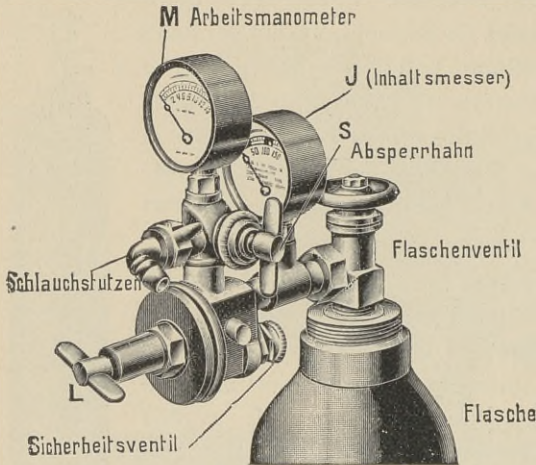


Fig. 74. Reduzierventil für Sauerstoffflaschen mit Inhaltsmesser (Finimeter) und Manometer.

Gedenkt man stets mit Kalklicht zu arbeiten, so ist es vorteilhaft, eine solche Stahlflasche käuflich zu erwerben\*). Sonst kann man auch gegen eine geringe Leihgebühr Sauerstoffbomben von Händlern entleihen. Die Wiederfüllung einer großen Flasche kostet in der Fabrik Mk. 10.—, einer kleinen Mk. 5.— Vor dem Gebrauch einer neuen Stahlflasche wird an Stelle ihres Verschlusses mit Hilfe eines Schraubenschlüssels ein Reduzierventil recht sorgfältig aufgeschraubt, welches mit Manometer und Inhaltsanzeiger

(„Finimeter“) versehen sein soll (Fig. 74). Das Manometer hat den Zweck, beim Gebrauche den Druck des ausströmenden Gases anzugeben, der Inhaltsanzeiger ist sehr wertvoll, um jederzeit zu wissen, wie viel Gas noch in der Flasche zur Verfügung steht, denn sonst kann man in die unangenehme Lage kommen, daß während der Projektion das Sauerstoffgas vorzeitig aufgebraucht wird. (Man kann zwar auch durch entsprechende Berechnung die noch vorhandene Gasmenge ermitteln, doch ist die Sache umständlich). Ohne derartig ausgestattetes Reduzierventil soll man beim Unterrichts absolut nicht arbeiten! Der Preis eines guten Apparates wie in Fig. 74 dargestellt, liegt je nach der Firma zwischen Mk. 35.— bis 48.—.

Für Kalklicht sind besondere Sicherheitsbrenner, Verbesserungen des für Knallgasgebläse üblichen Daniellschen Hahnes, eingeführt, in einer Ausführung, daß sie bequem in dem Skioptikongehäuse Platz finden und die Gaszuführungsröhren samt Hähnen aus der Rückwand des Projektionsapparates herausragen. Eine der Röhren geht in das Mundstück des Brenners aus und leitet Leuchtgas, Wasserstoff oder Gasolindämpfe etc. zu, das zweite, für den Sauerstoff bestimmte Rohr endet innerhalb des Brennermundstückes, wodurch der Sauerstoff in die Flamme eingeblasen wird und sie zu einer

\*) Preis einer großen Flasche leer Mk. 45.—, einer kleinen Mk. 35.—. 1000 l Sauerstoff kosten Mk. 9.— bis 12.—, 1000 l Wasserstoff Mk. 7.—. Einige Firmen verleihen die Stahlflaschen, z. B. Unger & Hoffmann in Dresden, gegen Einlage von Mk. 25.—. Für einen Monat wird keine Miete gezahlt, für jeden Tag darüber 4 Pf. Leihgebühr.



sehr heißen Stichflamme gestaltet. Ist in dem Projektionsaale eine Leuchtgasleitung vorhanden, so wird die Verbindung zwischen Gasrohr und Brenner durch einen Schlauch hergestellt. Muß oder will man mit den Dämpfen von brennbaren Flüssigkeiten, am besten **Gasolin**,\*) arbeiten, so dienen für ihre Aufnahme besondere Vergaserdosen (Fig. 75). Die Dose wird vor Beginn der Projektion zu drei Viertel mit Gasolin vom spezifischen Gewichte höchstens 0.660 gefüllt, dann gut verschlossen und ihr Gasschlauch mit dem Brenner verbunden, ebenso die Sauerstoffflasche mit dem zweiten Rohr des Brenners, wie es aus Fig. 76 ersichtlich ist.

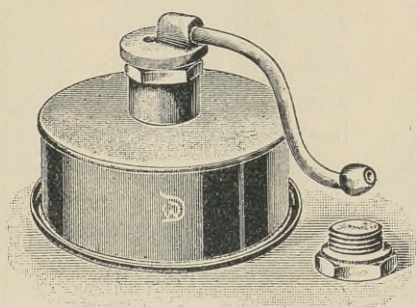


Fig. 75. Vergaserdose für Gasolin (nach Dräger).

Als Beispiel diene der **Kalklichtbrenner** von Dräger.\*\*) Nachdem der Kalkkörper in seinem Halter gegenüber der Brenneröffnung eingesetzt ist, öffnet man zuerst den Leuchtgashahn (bezw. den Hahn des Vergasers), hierauf langsam den Sauerstoffhahn (der Sauerstoff saugt die Gasolindämpfe ein) und entzündet das im Brenner entstehende Gasgemisch an der Mundöffnung. Durch entsprechende Regulierung des Sauerstoffhahnes erzeugt man zunächst eine kleine Stichflamme und rückt den Kalkkörper langsam gegen sie; dadurch findet ein allmähliches Erwärmen statt. (Zu plötzliches Erhitzen verursacht leicht ein Springen des Kalkzylinders!) Durch weitere Regulierung des Sauerstoffhahnes wird

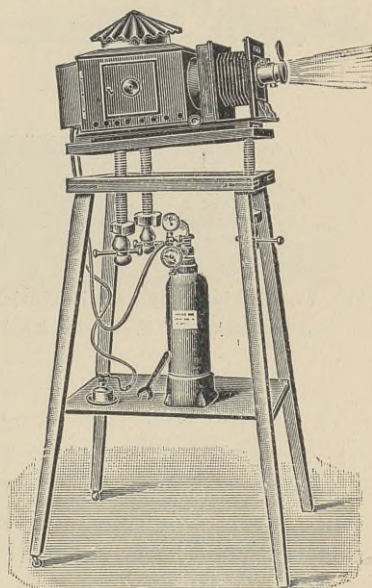


Fig. 76. Aufstellung der Sauerstoffflasche auf dem Stativ des Skioptikons und Verbindung mit dem Brenner unter Benützung einer Gasolindose.

\*) Das Füllen der Dose mit Gasolin ebenso wie des S. 62 beschriebenen Gasators mit Äther darf wegen der außerordentlichen Feuergefährlichkeit der Dämpfe dieser Flüssigkeiten ausschließlich bei Tageslicht, niemals in einem Raum, wo offenes Licht brennt, geschehen.

\*\*\*) Dräger in Lübek, Moislingerallee 53; auch geliefert von Ed. Liesegang in Düsseldorf, A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien, Max Kohl in Chemnitz, Dr. Th. Elkan in Berlin und allen anderen einschlägigen Firmen; Preis des Brenners allein Mk. 35.—, der Gasolinvergaserdose Mk. 8.70.



die Flamme so geregelt, daß der Kalkkörper das schönste Licht ausstrahlt. Die Gasflamme muß spitz und von bläulichweißer Färbung sein, sie soll ohne lebhaftes Zischen brennen. Starkes Zischen deutet auf zu kräftigen

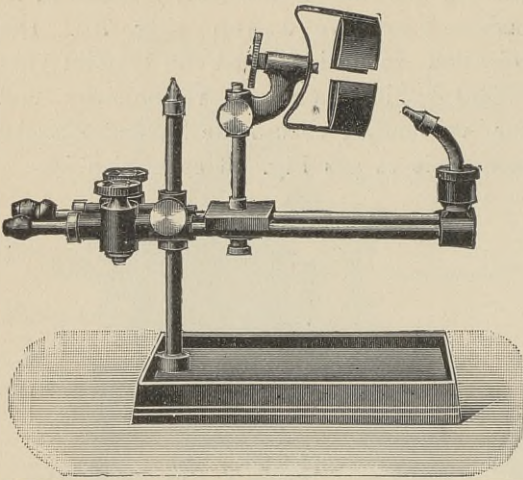


Fig. 77. Kalklichtbrenner mit Einrichtung für Kalkscheiben (nach F. Ernecke in Berlin).

Sauerstoffzutritt, man muß also den Regulierhahn etwas zudrehen. Der Abstand zwischen Brenneröffnung und Kalkkörper beträgt ungefähr 2 *cm*. Die beste Stellung muß durch den Versuch ermittelt werden. Ist die Flamme einmal richtig eingestellt, so kann man sich fast ausschließlich mit der Projektion beschäftigen, man hat nur etwa alle zehn Minuten den Kalkzylinder mittels des zugehörigen Knopfes ein wenig zu drehen, um anstatt der ausgebrannten Stelle des Kalkkörpers eine neue treten zu lassen.

Die **Kalkkörper** werden in zwei Formen angewendet: 1. als Scheiben\*) von etwa 5 *cm* Durchmesser und 2 *cm* Dicke, welche ihre Kreisfläche der Stichflamme zukehren (Fig. 77) und beim allmählichen Weiterdrehen während des Gebrauches und durch leichtes Heben nach einer vollständigen Umdrehung gestatten, die entstehenden Brennstellen in Form von konzentrischen Kreisen anzuordnen, dadurch also die Platte in ihrer ganzen Fläche auszunützen;

2. als Zylinder (z. B. bei den Sicherheitsbrennern „Osiris“ und „Herkules“ der Firma Unger & Hoffmann in Dresden); der Kalkzylinder wird mittels einer mittleren Bohrung auf den zugehörigen Stift des Brenners aufgesteckt und ist mittels eines langgestielten Triebknopfes von außen

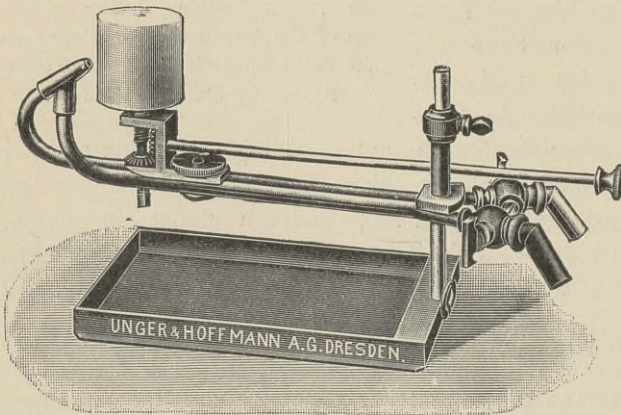


Fig. 78. Kalklichtbrenner „Herkules“ (von Unger & Hoffmann in Dresden) für Kalkzylinder.

\*) Preis für ein Dutzend Kalkscheiben, in gut schließender Dose in Kalkstaub eingebettet, Mk. 3.— bis 5.—.



drehbar (Fig. 78). Bei allmählicher Drehung wird der Kalkzylinder auch langsam gehoben, so daß die aufeinanderfolgenden Brennstellen eine schraubenförmige Anordnung zeigen.\*) Die Kalkzylinder lassen sich zwar länger benützen als die Kalkschei-

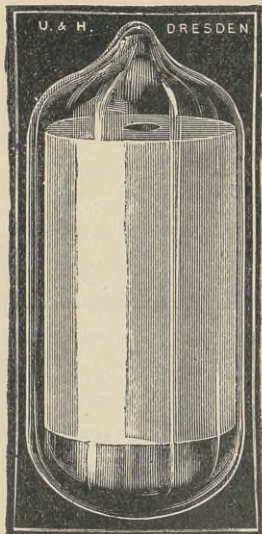


Fig. 79. Kalkzylinder in Glasröhre eingeschlossen.

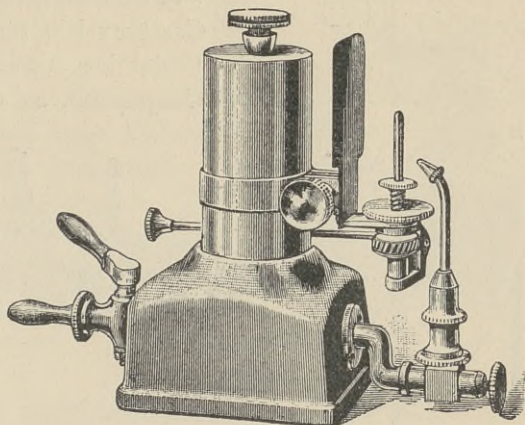


Fig. 80. „Patent-Gasmischer“ für Kalklicht mit Äther und Sauerstoff.

ben, sie zerspringen aber leichter und sind dann gänzlich unbrauchbar, während Kalkscheiben, auch wenn sie während des Gebrauches Sprünge bekommen, noch weiter benützt werden können, denn sie werden in der Fassung festgehalten. Ist ein Kalkzylinder gesprungen, so wird sein Rest mittels einer eigenen Zange von der Brennerachse abgenommen und ein neuer Kalkkörper aufgesteckt.

Bei Anwendung von **Äther** (sogenanntem Schwefeläther vom spez. Gew. 0.72) läßt sich die Gasolindose nicht gebrauchen, dazu ist ein für die Aufnahme des Äthers bestimmter besonderer „Gasmischer“ (Fig. 80\*\*) notwendig, der in einer Brennstunde etwa 60 g Äther verbraucht, oder der

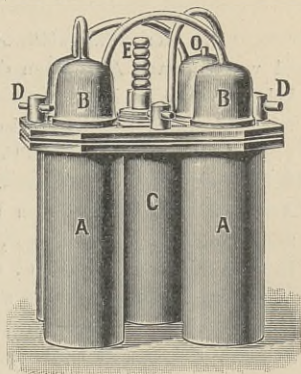


Fig. 81. Äthergasator der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf. (Beschreibung im Texte.)

\*) Die Brenner „Herkules“ von Unger & Hoffmann in Dresden (Fig. 78) kosten Mk. 25.—. Die Kalkzylinder werden in Größen von 22/32 mm bis 26/38 mm verkauft, entweder dutzendweise in Zinkblechbüchsen verpackt (12 Stück Mk. 3.— bis 4.50) oder jeder Kalkkörper in einer zugeschmolzenen Glasröhre eingeschlossen (Fig. 79), so daß sie bis zum Gebrauche vollkommen gegen den schädlichen Einfluß von Feuchtigkeit und Kohlensäure der Luft geschützt sind (10 Stück Mk. 3.60 bis 5.40).

\*\*) Der „Patent-Gasmischer“ wird von Unger & Hoffmann zu Mk. 55.— geliefert, auch von Max Kohl u. a.



vorzügliche „Gasator“ der Firma Ed. Liesegang (Fig. 81)\*). Letzterer besteht aus vier, durch Röhren miteinander verbundenen Gefäßen, welche den Äther (eventuell auch Ligroin, leichtes Benzin oder Gasolin) aufzunehmen haben und aus denen der in den Brenner strömende Sauerstoff die Ätherdämpfe ansaugt; die Verbindungsweise mit Sauerstoffflasche und Brenner geht aus Fig. 82 hervor. Der gefüllte Gasator reicht für eine mehrere Stunden dauernde Projektion aus und liefert ein sehr gleichmäßiges Gasmisch, so daß seine Anwendung keinerlei Schwierigkeit bereitet. Da

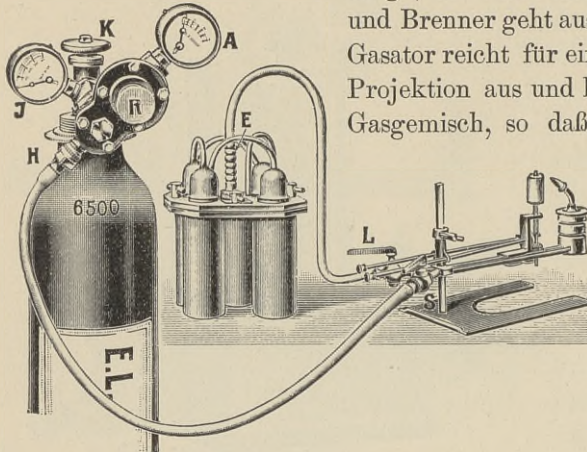


Fig. 82. Verbindungsweise von Sauerstoffflasche und Äthergasator mit den Kalklichtbrenner (nach Ed. Liesegang in Düsseldorf).

Die vier Äthergefäße *AA*, Fig. 81 werden nach Abnehmen des Deckels mit etwa  $\frac{1}{2}$  l Äther gefüllt, dann wird der Deckel unter Zwischenlage von Dichtungsringen mittels der Schrauben *DD* festgeschraubt. In den Ansätzen *BB* befindet sich Bimstein zum Trocknen des Dampfes, ebenso in dem mittleren Gefäße *C*, aus welchem das Gas durch *E* und einen hier eingesteckten Schlauch zum Brenner gelangt. Bei *O* tritt Luft ein.

An Stelle von Gasolin oder Äther kann auch unter Zuhilfenahme von besonders eingerichteten Vergasern und Brennern **Spiritus** benutzt werden, der weniger feuergefährlich ist, als die beiden anderen Flüssigkeiten\*\*).

Äther eine sehr feuergefährliche Flüssigkeit ist, muß größte Vorsicht bei seinem Transport, bei der Aufbewahrung und beim Einfüllen in den Apparat beobachtet werden; insbesondere darf man letzteres nur in einem Raume vornehmen, wo kein offenes Licht brennt!

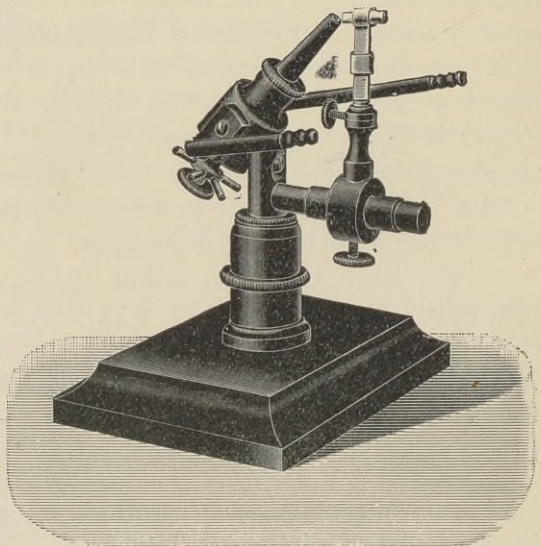


Fig. 83. Linnemannbrenner mit Zirkonstäbchen (nach F. Ernecke in Berlin).

\*) Der „Gasator“ allein kostet Mk. 47.25. Eine vollständige Kalklichteinrichtung samt Gasator, Stahlflasche mit 1200 l Sauerstoff, Kautschukschläuchen, Kalkzylinder u. s. w. wird von Ed. Liesegang in Düsseldorf für Mk. 185.— angeboten.

\*\*\*) Näheres hierüber siehe Hans Schmidt, „Anleitung zur Projektion“, S. 43.



**Zirkonlicht.** An Stelle von Kalklicht wird häufig der Zirkonlichtbrenner nach Linnemann (Fig. 83) sehr empfohlen, in welchem ein auf einem kleinen Platinlöffelchen angebrachtes Plättchen aus Zirkonoxyd oder ein 1 cm langer Zirkonoxydzylinder als Glühkörper für die Knallgas- oder Leuchtgas-Sauerstofflampe dient. (Anwendung von Gasolin oder Äther ist hier nicht gut möglich, da die Hitze zu gering ist.) Das erzielte Licht ist wohl reiner weiß als wie Kalklicht und die Zirkonplättchen brauchen nicht während des Brennens verstellt oder gedreht zu werden, wie die Kalkkörper, daher sind die zugehörigen Brenner einfacher gebaut als Kalklichtbrenner. \*) Die Verfasser selbst haben bisher keine Gelegenheit gefunden, Erfahrungen über die Vor- und Nachteile des Zirkonlichtes zu sammeln. Die Angaben in der Literatur sind sehr widersprechend. Während Hans Schmidt\*\*) sehr warm für Zirkonlicht eintritt, spricht sich Professor Neuhaus ganz gegen die Verwendung dieser Lichtquelle aus und hebt ihre geringe Leuchtkraft (100—180 Kerzenstärke) und das häufige Springen oder Zerbrechen der teureren Zirkonplättchen hervor.

#### 4. Azetylenlicht.

Trotz seiner scheinbaren Helligkeit und der blendenden Weiße eignet sich das Azetylenlicht nur als Lichtquelle für kleine Projektionsflächen von höchstens 1.5 m im Geviert, wo man keine anderen Lichtquellen zu Gebote hat, oder bei Skioptika für Wanderlehrer, welche ihr Gepäck auf ein Minimum reduzieren müssen. Auch ist das Arbeiten mit Azetylen trotz der guten Konstruktion der neuen Apparate mit gewissen Gefahren verbunden. Ist also die Benützung von Azetylenlicht für unsere Zwecke wohl nicht zu empfehlen, so soll es dennoch der Vollständigkeit halber hier kurz erörtert werden. Das Prinzip der Darstellung von Azetylgas durch Zerlegung von Kalziumkarbid mit Wasser darf als bekannt vorausgesetzt werden. Für Projektionszwecke wurden besondere Azetylgasentwickler von verschiedener Einrichtung gebaut. Einen solchen stellen die Fig. 87 von außen in Verbindung mit dem Brenner, und Fig. 84 im Durchschnitte dar\*\*\*).

Der eine besteht aus zwei konzentrisch gestellten, zylinderförmigen Gefäßen (Fig. 84 1 und 2), zwischen denen sich eine Glasglocke (4) befindet, im Innern ist der Karbidbehälter (3). Das Kalziumkarbid wird nach Entfernung der Glasglocke und der Drahtspirale

\*) Die Original Linnemann-Brenner werden in vorzüglicher Ausführung, welche genaueste Regulierung gestattet, von Paul Böhme in Brünn erzeugt, in einer billigeren Ausführung von Max Wolz in Bonn (nach Hans Schmidt, Anleitung zur Projektion, S. 41). — C. Reichert, Wien liefert kleine Skioptika nur für Diapositive, mit Zirkonbrenner ausgestattet (der angeblich 200—250 Kerzenstärke haben soll) und in vollständiger Zusammenstellung zu 180 K.

\*\*) l. c. S. 43.

\*\*\*) Von der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien samt Doppelbrenner für K 50.— geliefert. Die Lichtstärke des Brenners soll etwa 250 Normalkerzen betragen, 1 kg Kalziumkarbid reicht für drei Stunden Brenndauer aus.



feder (7) in den herausnehmbaren Behälter gelegt, dann wird das Deckblech (8) und die Spiralfeder samt dem kleinen Trichter (5) darauf gegeben und das Ganze, wie in der Figur gezeichnet, zusammengestellt. Die Gasglocke muß so aufgesetzt werden, daß das Sicherheitsrohr 9 über dem Gashahn 10 zu stehen komme. Endlich wird, bei geöffnetem Gashahn, in den äußeren Behälter (1) bis nahe zu seinem Rande Wasser eingefüllt, ebenso in den am Oberteile der Glocke befindlichen Wasserbehälter (wobei der Hahn 11 mittels des Griffes 12 geschlossen werden muß). Nun wird die Verbindung des Apparates mit dem Brenner durch einen Kautschukschlauch hergestellt und es werden die Hähne 10 und 12 durch Rechtsdrehung geöffnet, es tritt durch das Stiftventil (13 langsam Wasser zum Karbid und das sich ent-

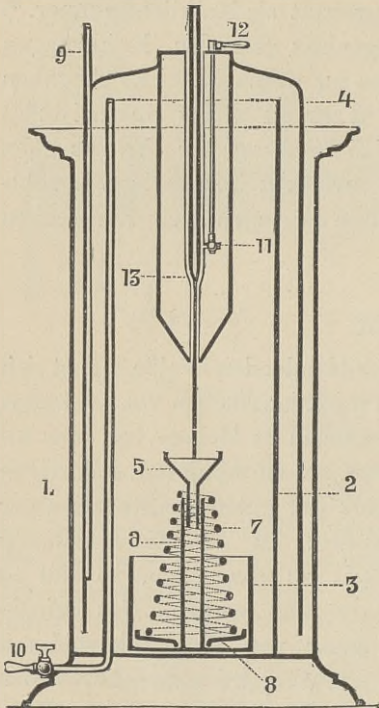


Fig. 84. Azetylgasentwickler von Fig. 87 im Längsschnitte. (Beschreibung im Texte).

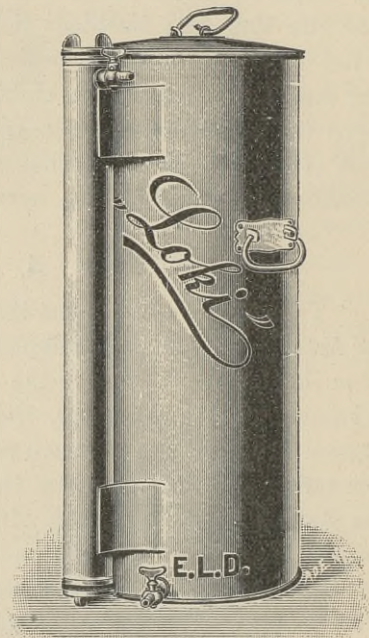


Fig. 85. Azetylenapparat „Loki“ von Ed. Liesegang in Düsseldorf.

wickelnde Gas füllt und hebt die Glocke, bis sich das Stiftventil selbsttätig wieder schließt, wodurch auch die Gasentwicklung langsam unterbrochen wird. Man läßt, bevor man den Brenner in Tätigkeit setzt, zweimal die Glocke sich anfüllen und jedesmal wieder ihren Inhalt durch den Gasschlauch austreten, wodurch die Luft vollständig aus dem Apparate verdrängt ist, dann erst darf man das aus dem Brenner strömende Gas anzünden.

Es empfiehlt sich, die vorbereitenden Arbeiten wegen des Geruches des Azetylens außerhalb des Projektionszimmers durchzuführen. Wie alle Azetylenapparate muß auch der Beschriebene nach jedesmaligem Gebrauche auseinandergenommen und sehr sorgfältig gereinigt werden. Selbstverständlich wird man diese Arbeit im Freien vornehmen, um durch den abscheulichen Geruch und die Giftigkeit des Azetylens möglichst wenig belästigt und gefährdet zu werden.



Von den zahlreichen Konstruktionen von Azetylenapparaten sei noch der von der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf konstruierte Apparat „Loki“ (Fig. 85) erwähnt, bei welchem das Karbid in einen Metallkorb in den Behälter eingehängt wird. In der seitlich angebrachten Metallröhre befinden sich Bimsstein und Holzwole, wodurch das Gas etwas gereinigt und getrocknet wird. \*) — Auf dem System „Karbidspülung“ beruht der sehr verlässlich gebaute Azetylenerzeuger der Firma Josef Engelmann in Wien \*\*). Einen sehr praktischen Azetylenapparat in Kastenform liefern Unger & Hoffmann in Dresden (Fig. 86).

Neuestens wird als „Azetylen-Dissous“ das Gas, unter 12 Atm. Druck komprimiert und in Azeton gelöst, in mit einer porösen Masse (Holzkohle und porösem Zement) gefüllten Stahlflaschen verkauft; eine Flasche von 10 l Inhalt liefert 1290 l Gas. Diese bequeme Form der Gasbeschaffung wird für Skioptikons sehr geeignet sein.\*\*\*)

Die **Azetylenlampen** für Skioptikons sind wie alle derartigen Brenner mit V-förmigen Specksteinköpfchen ausgestattet und tragen auf dem gemeinsamen Gaszuleitungsrohr 2—5 dicht hintereinander aufgestellte Brenner (Fig. 87)\*\*\*\*); hinter dem letzten pflegt man meist

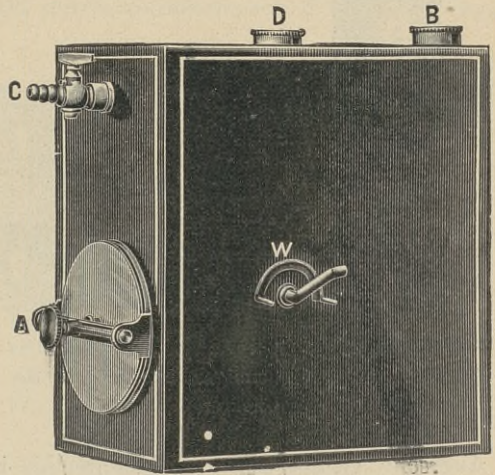


Fig. 86. Azetylenapparat in Kastenform (nach Unger & Hoffmann in Dresden); B und D Füllöffnungen, A Entleerungsöffnung, C Gasaustritt, W Regulierung.

\*) Der Apparat „Loki“ D. R. G. M. Nr. 134805 und 134885 wird in drei Größen (für 500 g bis 2000 g Karbid) geliefert, welche bei Anwendung eines dreifachen Brenners  $1\frac{1}{2}$ , 3 und 6 Stunden Gas geben. Die Preise sind Mk. 30.—, 50.— und 60.—. Das Kalziumkarbid wird in verlöteten Büchsen mit 1 mit 5 kg Inhalt zum Preise von etwa Mk. 1.—, für 1 kg in den Handel gebracht. — Die Firma Gebrüder Mittelstrass in Magdeburg liefert Azetylenentwickler in Form aufrechtstehender Metalltrommeln, nach dem Tauchsysteem mit Gasometer, je nach Größe für  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{4}$  Stunden gebrauchsfähig, zu Preisen von Mk. 10.— bis 35.—; ein großer, während des Gebrauches füllbarer Apparat kostet Mk. 50.—.

\*\*) Preis des Apparates K 60.—, ausreichend für eine Dauer von 2 Stunden bei Verwendung eines fünfflammigen Brenners.

\*\*\*) Das komprimierte Azetylen in dieser Form ist, wie versichert wird, gänzlich gefahrlos, so daß das Verfahren in Österreich und Deutschland gestattet werden konnte (L. Kuchel, Österr. Chemiker-Ztg. 1907, Nr. 9). Franz Krüeckl & Co. in Wien, Köstlergasse 5, werden nächstens das Erzeugnis in Verkehr bringen.

\*\*\*\*) Azetylenlampen, wie in Fig. 87 dargestellt, liefert u. a. A. Pichlers Witwe & Sohn, Wien; ähnliche Lampen auch bei J. Engelmann in Wien zu K 35.—, Lampen mit zwei Brennern zu K 25.—. Die Angabe der Preisliste der letztgenannten Firma, daß diese Brenner bis 9 m<sup>2</sup> große Bilder geben, ist wohl gewaltig übertrieben!



einen Hohlspiegel anzubringen. Übrigens ist es für den Lichteffect bei der Projektion ziemlich nebensächlich, wenn eine große Zahl von Brennern hintereinander angebracht ist, da die rückwärtige Flamme infolge der Undurchsichtigkeit der vordern nur wenig zur Geltung kommen.

Einige Firmen, z. B. Unger & Hoffmann in Dresden bringen mehrere Brenner (Nippel) nebeneinander an, doch dürfte die hiebei erzielte sehr breite Flamme Nachteile in bezug auf die Bildschärfe hervorbringen, wie es Seite 27 auseinandergesetzt worden ist.

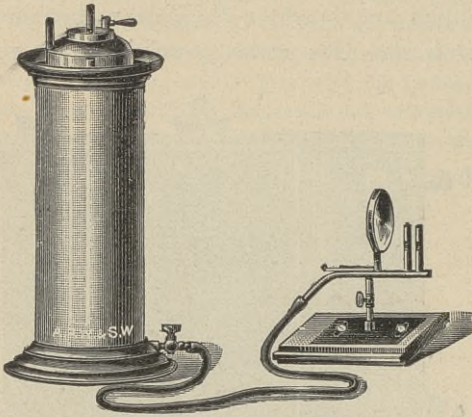


Fig. 87. Außenansicht des Azetylengasentwicklers Fig. 84 samt zweiflammigem Brenner mit Reflektor.

Auersche Glühstrumpf als leuchtender Körper dient, eignen sich wohl nur für Projektion von Laternbildern auf eine Bildfläche von 1 bis 1,5 m<sup>2</sup>, haben aber den außerordentlichen Vorteil großer Bequemlichkeit. Auerlicht wird mit Hilfe verschiedener Brennstoffe angewendet, zunächst mit **Leuchtgas**. Man hat hiezu eigene, mit Reflektor ausgestattete Brenner auf niedrigen

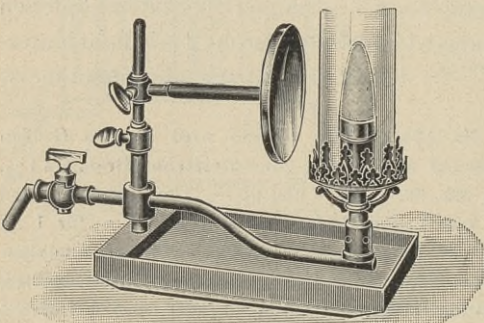


Fig. 88. Auerglühlichtlampe mit Reflektor (nach F. Ernecke in Berlin).

Gestellen (Fig. 88), so daß sie gut in dem Skioptikongehäuse Platz finden. Ein neuer Auerstrumpf liefert etwa 90 Kerzenstärken, doch nach kurzem Gebrauch sinkt die Lichtstärke auf etwa 70—60 Kerzen. Wegen der großen Ausdehnung der Lichtquelle ist ein Projektionsobjektiv von großem Linsendurchmesser notwendig (Neuhauß). Die Arbeit ist höchst einfach, man hat nur den Brenner durch einen Kautschuckschlauch mit einer vorhandenen Leuchtgasleitung zu verbinden. Wichtig ist die richtige Stellung der Lampe im Projektionsapparat, die man durch den Versuch leicht finden wird.

## 5. Auerglühlicht.

Die verschiedenen Einrichtungen, bei denen der bekannte

**Spiritusglühlicht** läßt sich, wo Leuchtgas nicht zur Verfügung steht, sehr gut anwenden (60—70 Normalkerzen). Dazu ist eine Lampe, wie Fig. 89 notwendig, es muß aber das Skioptikon auf entsprechend hohen Füßen



aufgestellt sein (siehe Fig. 2), um für den Lampenfuß und Lampenkörper unterhalb des Projektionsapparates Platz zu finden. Zur Speisung der Lampe dient 95<sup>o</sup>/iger denaturierter Spiritus. Wenn bei frischer Füllung die Dochte nach 20—30 Minuten sich vollgesogen haben, wird zuerst die kleine Heizflamme für die Vergasungskammer entzündet und die Projektion kann beginnen. Das Auslöschten geschieht durch Zurückdrehen des Heizdochtes,



Fig. 89. Spiritusglühlicht-Lampe (für das in Fig. 2, S. 4, abgebildete Skioptikon).

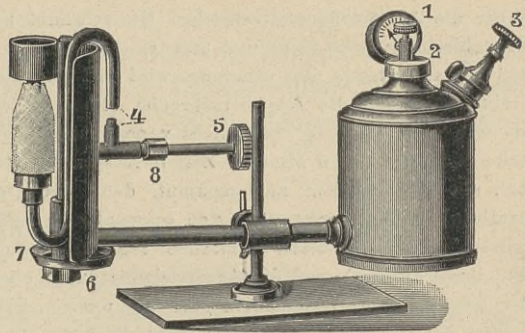


Fig. 90. „Mitalicht“-Apparat samt Brenner (nach G. Barthel).

so daß die kleine Heizflamme und bald darauf auch die Leuchtflamme erlischt. Der Spiritusverbrauch beträgt ungefähr 100 g für die Brennstunde. Man fülle stets den Lampenkörper vor der Inbetriebstellung genügend voll. Nachfüllen von Spiritus während des Gebrauches darf wegen der Explosionsgefahr niemals geschehen! Von Zeit zu Zeit muß die Lampe gereinigt werden, namentlich sind die Düsenöffnungen über der Heizflamme vorsichtig mit einer Nadel zu reinigen.

**Preßgaslicht** („Mita“-Licht) gibt weit bessere Beleuchtung als Spiritusgasglühlicht; seine Leuchtkraft wird mit 300 Norm.-Kerzen angegeben, so daß die Projektionswand bis 3 m<sup>2</sup> Größe haben kann. Es ist also überall dort am Platze, wo man weder Leuchtgas oder elektrisches Licht zur Verfügung hat, noch aus Bequemlichkeitsgründen Azetylen- oder Kalklicht benützen will. Ein Nachteil im Schulgebrauche ist es, daß das Inbetriebsetzen ziemlich viel Zeit und Aufmerksamkeit erfordert. Die Vorrichtung Fig. 90\*) besteht aus dem für das Skioptikongehäuse passenden Stativ, welches am rückwärtigen, dem außerhalb des Gehäuses befindlichen Teile, einen Behälter für Spiritus mit Füllöffnung und zugehöriger Flügelmutter (2), Manometer (1) und Pumpe (3) trägt. An dem Vorderteile sind

\*) Die „Mita“-Lampe kostet in vollständiger Ausrüstung samt drei Glühstrümpfen bei Pichlers Witwe & Sohn in Wien K 60.—. (Bei F. Ernecke in Berlin Mk. 58.—, bei Max Kohl in Berlin Mk. 50.—). — Die Lampe wurde zuerst von Siegel & Butzigers Nachfolger in Dresden A 16, erzeugt.



der Brenner mit Regulierschraube (5) und der Auerstrumpf offen ohne Zylinder angebracht.

Zuerst wird das Gefäß mit  $\frac{1}{2}$  l 6%igen Normalspiritus oder Alkohol (besser als denaturierter Spiritus) gefüllt, hierauf die Schraube 1 gut verschlossen. Diese Spiritusmenge genügt für 3—4 Brennstunden. Dann wird eine der beigegebenen Asbestscheiben auf den Strumpfträger geschoben, darüber der Glühstrumpf gehängt und vorsichtig auf dem Brenner befestigt. Nun füllt man die Anwärmchale (7) halb mit Spiritus, entzündet ihn und pumpt mittels der Bassinpumpe (3) so lange, bis das Manometer  $1\frac{1}{2}$  Atmosphären Druck zeigt. \*) Sowie die Anwärmflamme erloschen ist, schraubt man die Regulierschraube 5 durch eine Vierteldrehung nach links und hält ein brennendes Zündhölzchen an den Glühstrumpf, so daß das austretende Gas entzündet wird und der Glühstrumpf zum Leuchten kommt. Dann dreht man noch die Regulierschraube etwas weiter, etwa eine halbe Drehung auf (mehr als eine volle Drehung darf nicht vorgenommen werden). Die ganzen vorbereitenden Arbeiten nehmen 8—10 Minuten Zeit in Anspruch! Während der Projektion wird von Zeit zu Zeit mit 2—4 Stößen nachgepumpt, denn der Druck soll nicht bis auf 1 Atmosphäre herabsinken. Bei Verwendung von schwächerem Spiritus als angegeben, muß die Luftzufuhr mittels einer besonderen Schraube reguliert werden. Nach längerem Gebrauche (etwa 200 Brennstunden) muß die Asbestscheibe durch eine neue ersetzt, auch die Düse 4 mittels der beigegebenen Düsenadeln gereinigt werden. Sollte im Laufe der Zeit die kleine Stopfbüchse bei 8 undicht werden, so wird die Schraube ein wenig nachgezogen.

## 6. Petroleumlicht.

Für Schulzwecke ist das Petroleumlicht im Skioptikon am wenigsten geeignet, denn es gibt sehr geringe Helligkeit, verlangt sehr sorgfältige Behandlung und ist auch bei größter Reinlichkeit und Geschicklichkeit in der Pflege der Lampe stets mit einem übeln Geruche verbunden. Heute wo

für unsere Zwecke so vielerlei Lichtquellen zu Gebote stehen, wird man kaum mehr davon Anwendung machen, höchstens für kleine Skioptikons im Familienkreise. Die gewöhnlichen Petroleumlampen sind für die Projektion gänzlich unbrauchbar, dazu dienen besondere Lampen mit 2—4 Dochten, am besten Stocks-Lampen (Fig. 91\*\*), deren Dochte parallel oder in W-Form nebeneinander angeordnet

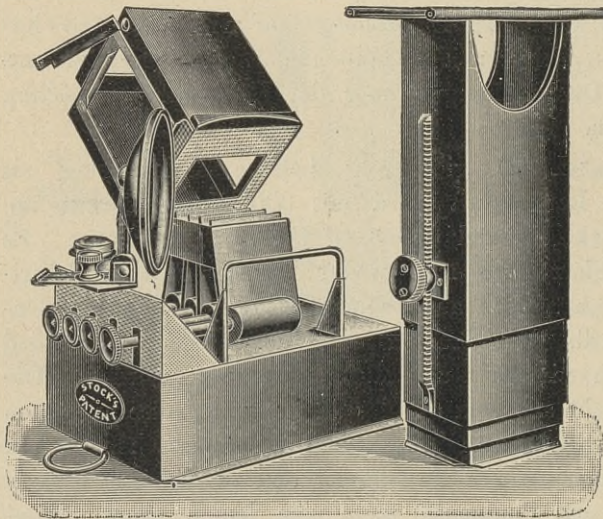


Fig. 91. Vierdochtige Stock's Lampe für Petroleum samt hohem Schornstein.

\*) Der Apparat ist auf 3 Atmosphären Druck geprüft.

\*\*\*) Preis der Stocks-Lampe z. B. bei Unger & Hoffmann in Dresden Mk. 33.—.



sind. Die dicht nebeneinander stehenden Schmalseiten der Flamme sind dem Kondensator im Skioptikon zugewendet. Jeder Docht hat seine besondere Regulierschraube und ein sehr hoher, mehrteiliger und aufschraubbarer Schornstein bewirkt den genügenden Luftzug. Der Schornstein besteht aus vier ineinander steckenden Stützen und ist mittels Zahn und Trieb genau regulierbar. Die Dochte müssen unter größter Sorgfalt mit einer besonderen Schere abgeschnitten und reingehalten werden, ihre Einstellung muß derartig geschehen, daß die Flammen oben fast weiß, unten blau gefärbt sind, dann vermag die Lampe ungefähr 100 Norm.-Kerzen Lichtstärke zu geben. Am Schlusse einer Projektion soll man die Lampe vollständig ausbrennen lassen. Vorzeitiges Auslöschten bewirkt, daß sich die Lampe und das Innere des Skioptikons mit Petroleumdämpfen beschlagen.

## VII. Einige Typen von Skioptikons.

Welche **Anforderungen an ein gutes Skioptikon** zu stellen sind, wurde wohl in bezug auf seine einzelnen Teile schon im Vorstehenden gesagt; hier seien nur noch einige zusammenfassende Bemerkungen gegeben. Vor allem darf ein Skioptikon, das nicht an einem bestimmten Platze dauernd aufgestellt, sondern in verschiedenen Schulzimmern benützt werden soll, nicht zu schwer und groß sein. Das Gehäuse muß, besonders bei Anwendung von sehr heißen Lichtquellen, genügend geräumig und sehr gut ventiliert sein, die Lampe soll von drei Seiten oder mindestens von rechts und von rückwärts bequem zugänglich sein. Vorteilhaft ist ferner ein ziemlich langer Kasten, um wenn nötig\*) mit der Lichtquelle stark zurückgehen zu können. Die Wände des Skioptikons müssen bei Benützung von Kalk- oder elektrischem Bogenlicht innen mit Asbest ausgekleidet sein. Die Kondensatorlinsen sollen einen der Diagonale der zu benützendenden Laternbilder reichlich entsprechenden Durchmesser besitzen, locker gefaßt und leicht abnehmbar sein; am besten seien sie außerhalb des Gehäuses angebracht und ihre Fassung besitze Öffnungen für den Durchtritt der Luft zum Zwecke der Kühlung. Skioptikons mit heißen Lichtquellen, mittels denen man Laternbilder auch auf längere Zeit, für eingehende Besprechung, projizieren will, sollen mit einer Wasserkammer ausgestattet sein. Als Objektive für Instrumente zur Benützung in verschiedenen großen Sälen oder besonders für physikalische und chemische Versuche sind Objektivsätze am meisten zu empfehlen. (Über die besonderen Anforderungen an Projektionsapparate für physikalische Versuche siehe S. 187 u. f.). — Die Lichtquelle muß ausreichend kräftig sein, um die Laternbilder in der gewünschten Größe und Deutlichkeit projizieren zu können; die diesbezüglichen Angaben der Erzeuger von Skioptikons sind häufig allzu optimistisch, man begegne ihnen mit einiger Vorsicht! — Bei der Anschaffung eines Projektionsapparates

---

\*) Dies ist besonders notwendig, wenn das Skioptikon auch für Vergrößerungen von kleinen photographischen Platten auf Bromsilber- oder Negativpapier brauchbar sein soll.



sind örtliche Verhältnisse, vor allem die Möglichkeit der Einleitung des elektrischen Stromes, maßgebend und die jeweiligen Aufgaben, die der Apparat erfüllen soll. Bezüglich der aufzuwendenden Geldmittel soll jedoch keinesfalls engherzig vorgegangen werden; übergroße Sparsamkeit ist hier absolut nicht am Platze. Handelt es sich doch meist um einen Apparat, der für viele Jahre gut benützlich und in einer Reihe von Lehrfächern zu verwenden sein soll, also um eine einmalige größere Anschaffung, für die vor allem der alte Grundsatz „für die Schule ist das Beste gerade gut genug“ beherzigt werden muß. Ein gutes, leistungsfähiges Skioptikon ist naturgemäß teuer, gestattet aber eine mannigfaltige Verwendung und erspart die vielen Reparaturen und Unzukömmlichkeiten, welche bei billigen Instrumenten dem Lehrer vielen Ärger und oft genug Störungen des Unterrichts bereiten.

Wir wollen im folgenden (ohne bei der großen Fülle des auf dem Markte Gebotenen auf Vollständigkeit Anspruch machen zu können) die bekanntesten und verlässlichsten Arten der von hervorragenden Firmen Österreichs und des Deutschen Reiches in den Handel gebrachten Skioptika kurz besprechen und einige als Typen abbilden, uns jedoch streng kritischer Betrachtung enthalten; wir hoffen dem Leser dadurch einen Überblick über das Vorhandene zu bieten und auch durch Angabe der ungefähren Preise bei der Auswahl eines Skioptikons nützlich zu sein. Zur besseren Übersicht teilen wir die Apparate in drei Gruppen: 1. einfache Skioptika für kleine Schulzimmer, auch als Hilfsapparat neben großen Instrumenten im physikalischen Unterricht brauchbar (siehe darüber auch S. 202); 2. mittlere Instrumente für jede Art von Lichtquellen, in manchen Bauweisen auch für die meisten physikalischen und chemischen Versuche geeignet, zum Gebrauche in normalen Schulräumen; 3. große Projektionsapparate mit Einrichtungen für episkopische und gute mikroskopische Projektion, für höhere Lehranstalten und große Vortragssäle.

**1. Kleines Schulsioptikon.** Die Apparate dieser Type bestehen meist aus einem innen mit Asbest ausgekleideten, außen lackiertem Metallgehäuse, mit seitlicher Tür (nur das kleine Schulsioptikon Type 0 der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn hat ein Eichen- oder Rustenholzgehäuse), von 30 bis 40 *cm* Länge; in der Vorderwand ist ein Doppelkondensator von 105 bis 120 *mm* Durchmesser eingesetzt, dann folgen ein gewöhnlicher horizontaler Bildschieber und das Objektiv, teils durch einen ausziehbaren Balg, teils durch eine konische Metallröhre gegen den Bildschieber zu abgeschlossen. Die Apparate sind auf einem Grundbrett fest aufmontiert und meistens nur für Petroleum-, Gasglühlicht oder Mitalicht, für elektrische Glühlampen oder kleine Bogenlampen passend. Daher sind sie nur für eine Projektionsfläche von höchstens  $1\frac{1}{2}$ –2 *m* Seitenlänge noch brauchbar. Ihr Preis liegt je nach Ausstattung und Lampe zwischen 100 und 300 K.

Skioptika dieser Art bauen alle in Betracht kommenden Firmen. Einige Beispiele hiefür sind: der „Kleine Projektionsapparat für Gasglühlicht“



von F. Ebeling in Wien, XVII. Hernalser Gürtel 2 (Preis samt Lampe K 100.—, für Azetylenlicht samt Azetylenerzeuger K 154.—). Als ein zum Gebrauche in verschiedenen Schulzimmern, in denen sich elektrische Glühlampen befinden, sei noch der „Salon-Projektionsapparat Ebeling“ erwähnt; er kann mittels Steckkontakt an jede Glühlampenleitung an Stelle der Glühlampe angeschlossen werden und gibt recht gute Bilder, bei 4—6 Amp. Stromstärke bis zur Größe von etwa 2·5 m Seitenlänge (Fig. 66, S. 51; Preis samt Bogenlampe, Widerstand und Stativ K 200.—). — Der „kleine Projektionsapparat“ von J.

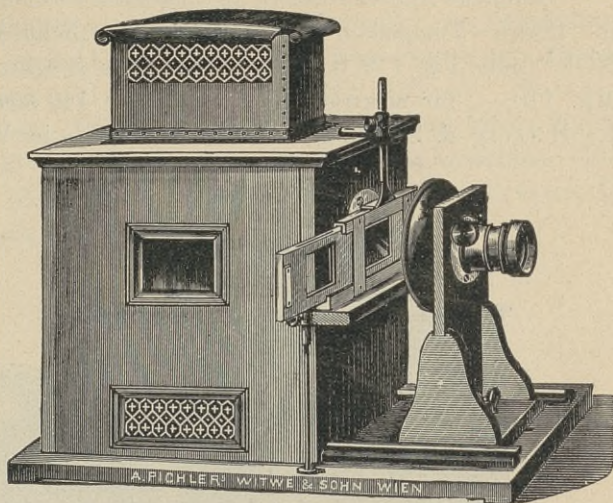


Fig. 92. Kleines Schulsioptikon, Type O, von A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien.

Engelmann in Wien, VIII. Feldgasse 12 (Preis ohne Lichtquelle K 160.—). — Das „kleine Schul- und Familiensioptikon“ von R. Lechner in Wien, I. Graben 31 (Modell I zum Preise von K 100.— ohne Lampe, und ferner Modell II zu K 225.— gleichfalls ohne Lampe); für Modell II kann auch eine stärkere Bogenlampe bis 50 Amp. (K 150.—) benützt werden, doch dürfte hierbei die Erhitzung des Apparates übermäßig groß werden. — Das „Schulsioptikon, Type 0“ der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn, V. Margaretenplatz 2, mit Holzgehäuse kostet ohne Lampe K 100.— (Fig. 92, die Preise für die Lampen sind ähnlich den vorstehend angeführten). — C. Reichert in Wien, VIII. Benno-gasse 24—26, baut kleine Apparate für Auerlicht sowohl in Holz- als in Metallgehäuse, samt Lampe

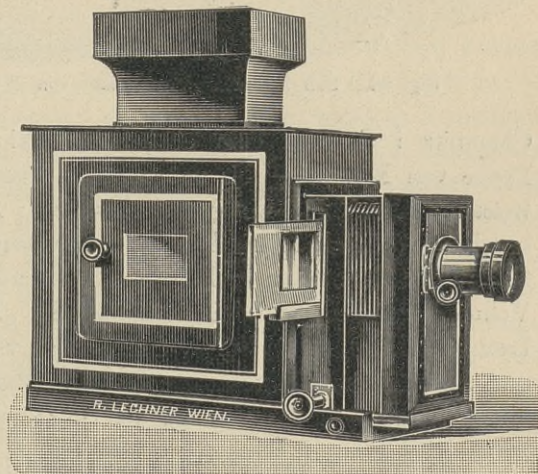


Fig. 93. Kleines Schulsioptikon der Firma R. Lechner (W. Müller) in Wien.



zum Preise von K 120.— bis 150.—. — Die Projektionsapparate von Joh. Jersche in Graz besitzen Gehäuse aus Asbestschiefer mit Metallkanten, Balgkamera und lange optische Bank.

Ähnliche Apparate liefern die folgenden Firmen: Ferdinand Ernecke in Berlin—Tempelhof, Ringbahnstr. 4, „Schul-Projektionsapparat, Type NOR“ (siehe Fig. 179, S. 194). R. Fuess in Steglitz bei Berlin (für Kalklicht Mk. 110.—, für elektrisches Glühlicht mit 140 mm Kondensator Mk. 300.—); R. Hüttig & Sohn in Dresden 21 (Filiale in Wien, IX.); Max Kohl,

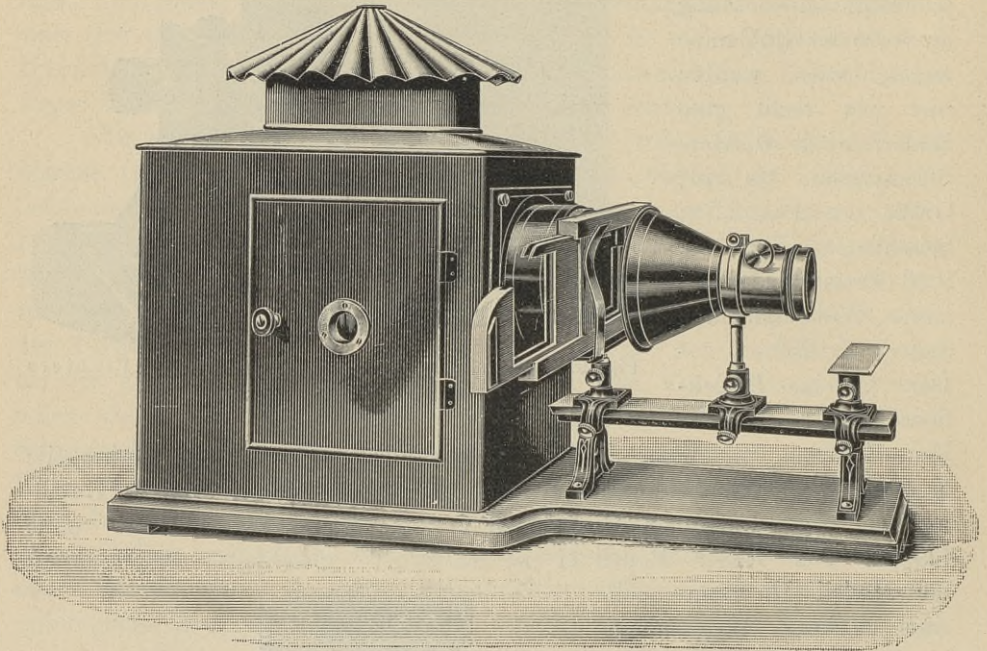


Fig. 94. Schulapparat „Pestalozzi“ von Müller & Wetzig in Dresden.

Chemnitz i. S. (von dem einfachsten Skioptikon für Petroleumlicht zum Preise von Mk. 65.— bis zu größeren Instrumenten in verschiedenen Bauweisen bis Mk. 320.— in großer Auswahl); A. Krüss in Hamburg Adolphsbrücke 7 (kleines Skioptikon mit Petroleumlampe Mk. 120.—); E. Leybolds Nachfolger in Köln a. R.; Eduard Liesegang in Düsseldorf, Volmerswertherstraße (kleine Skioptikons „Ala“, „Bela“, und „Zela“ je nach Lampe Mk. 50.— bis 80.—, dann etwas vollkommener Apparate „Venus“ und „Uranus“ mit Bogenlampe bis Mk. 250.— und das Skioptikon Nr. IV mit Velotrop — siehe Fig. 22 auf S. 21 — zu Preisen von Mk. 80.— bis 205.—); Müller & Wetzig in Dresden-A. 16, Dürerstraße 100 (Schulapparat „Pestalozzi“, Fig. 94, je nach der Größe des Kondensators, ohne Lichtquelle Mk. 96.— bis 135.—); G. Rodenstock in München, Isartalstraße 41 (u. a. die Apparate „Rektar“ zu Mk. 100.— bis 142.— und den billigen „Rodar“ zu Mk. 60.— ohne Lichtquelle); Unger & Hoffmann, A.-G.,



Dresden-A. 16, Reißigerstraße 40 (bauen mehrere kleine Apparate, z. B. „Talisman“ mit außen angebrachten Kondensorlinsen, auch für Kalklicht und schwächere Bogenlampen brauchbar, für Azetylenlicht samt Gaserzeuger Mk. 124.—, für Kalklicht samt Lampe und 1200 l Sauerstoff Mk. 152.—; dann den auch für physikalische und chemische Versuche, zu Vertikalprojektion und als Episkop brauchbaren Universal-Projektionsapparat „Cäsar“ Fig. 95, Preis ohne Lampe und Nebenapparaten Mk. 130.—); Romain Talbot in Berlin C, Kaiser Wilhelmstraße 46 (hat mehrere kleine Typen auf Lager, z. B. „Tyndall“ mit Holzgehäuse, für Kalklicht brauchbar, ohne Lichtquelle Mk. 100.— bis 140.—), ebenso Messers Projektion, G. m. b. H., Berlin (zu Preisen von Mk. 140.— bis 300.—).

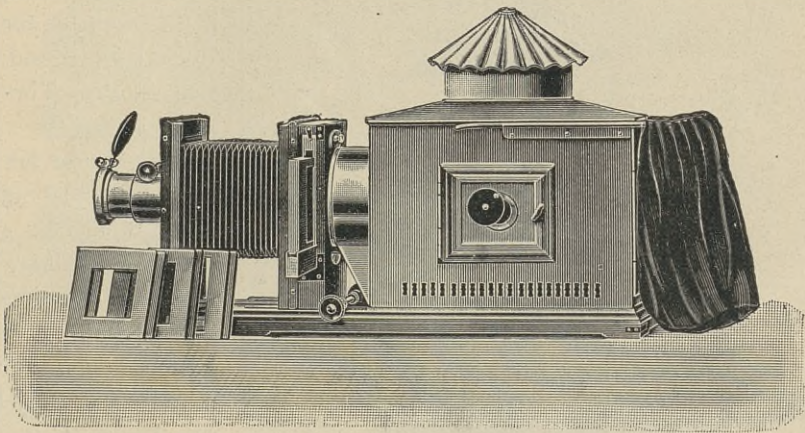


Fig. 95. Universal-Projektionsapparat „Cäsar“ von Unger & Hoffmann in Dresden.

**2. Mittlere Projektionsapparate** von verschiedener Bauart, besitzen durchweg Einrichtungen für elektrisches Bogenlicht, die Kondensoren, als welche auch häufig dreiteilige benützt werden, sind mit wenigen Ausnahmen außerhalb des Lampengehäuses angebracht; gute Objektive sind beigegeben. An allen Instrumenten dieser Gruppe kann auf Wunsch eine optische Bank angebracht werden. Sie werden vorteilhaft mit Kalklicht oder mit elektrischem Bogenlicht benützt und geben dann Bilder auf der Projektionswand von 2 bis 4 m im Durchmesser; sie sind mithin für die meisten Zwecke am besten verwendbar, ja einige von ihnen gestatten sogar bei Benützung einer kräftigen Bogenlampe gut mikroskopische und episkopische Projektion. Ihr Preis bewegt sich ungefähr zwischen K 300.— und 800.—.

Jede der oben schon genannten Firmen baut eine oder mehrere Formen des Skioptikons, welche in diese Gruppe eingereiht werden können. Durch seine gefällige Form ausgezeichnet, auf schlanken Metallsäulen aufgebaut, gut von allen Seiten zugänglich, ist das „Schulskioptikon Type 00“ (Fig. 2) von A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien; der Kasten ist aus Eichenholz mit Asbestschiefer-Auskleidung, an Stelle des Bildschiebers läßt sich



ein Tischchen für Küvettenversuche leicht anbringen (Preis samt Bogenlampe mit Handregulierung und großem Kurbelwiderstand etwa K 400.—). Die Firma baut hiezu auch einen sehr gefälligen Holzkasten, in den das Skioptikon versenkt und samt dem Widerstand sehr handlich aufbewahrt werden kann (Fig. 96, Preis des Kastens K 300.—).

Von wesentlich anderem Aussehen ist der „Neue elektrische Projektionsapparat“ (Fig. 97)

von R. Lechner in Wien: durch die Hinterwand des asbestgefütterten Blechgehäuses ragen sämtliche Regulierschrauben für die Bogenlampe und eine Kurbel zum Vor- und Zurückschieben der Lampe. Er ist für physikalische und chemische Versuche gleich gut verwendbar und kann mit Hilfe eines vorgeschalteten Episkopkastens auch zur unmittelbaren Projektion von Ansichtskarten und andern Bildern benützt werden. \*)

Sehr brauchbar ist ferner, der mit einem Holzkasten ausgestattete Projektionsapparat mit Handregulierung der Bogenlampe von C. Reichert in Wien (Preis K 400—520); letztere Firma baut

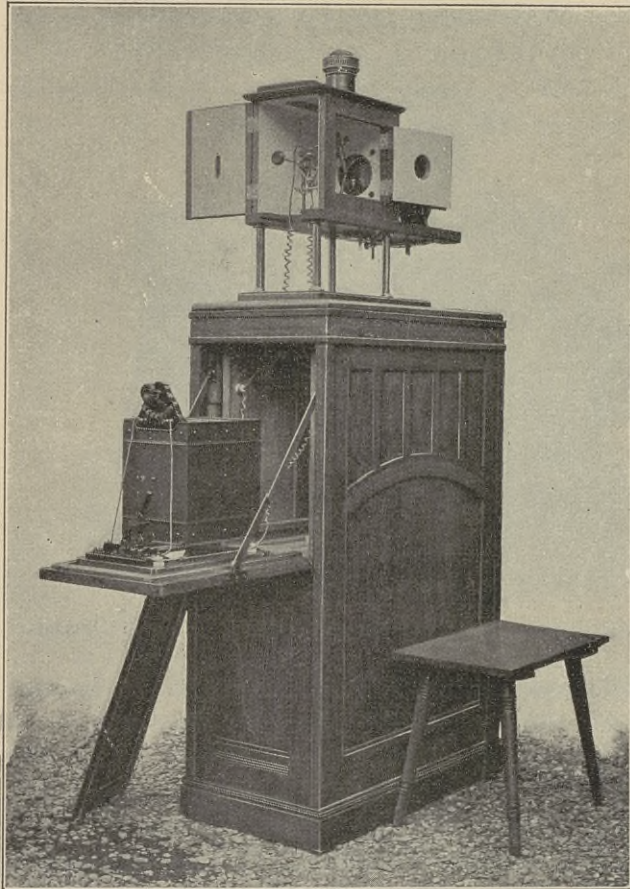


Fig. 96. Schulskiptikon, Type 00, von A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien samt großem Eichenholzkasten und Regulierwiderstand.

auch Skioptika mit Schuckertscher automatischer Bogenlampe (Fig. 98, Preis komplett K 520.—), die auch mit Wasserkammer und optischer Bank, z. B. für die Anbringung eines Mikroskops mit umlegbarem Oberteile ausgestattet werden können (samt diesen Teilen Preis K 640.—).

\*) Eine ausführliche Beschreibung des Apparates und seiner Anwendungen wird in dem soeben erschienenen Buche „Der Projektionsapparat mit Episkop als Lehrmittel für Volks- und Bürgerschulen“ von A. Kals und Th. Illenberger (Verlag R. Lechner, Wien 1907) gegeben.



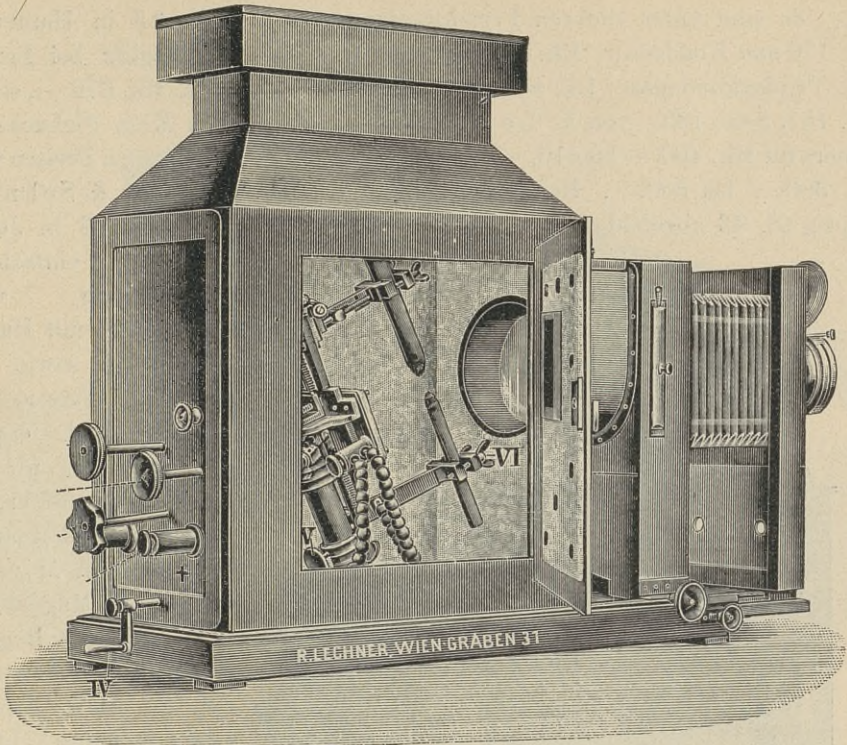


Fig. 97. Neuer elektrischer Projektionsapparat von R. Lechner (W. Müller) in Wien mit Bogenlampe. Links einige Triebknöpfe zum Regulieren der Lampe, IV Kurbel zur Längsverschiebung und V Schraube für Hochstellen der Lampe, VI Kohlenklemmen.

Eine Anzahl Fabrikanten im Deutschen Reiche gibt ihren mittleren Projektionsapparaten eine ähnliche Form wie Fig. 98, der Blechkasten enthält eine Schuckertsche, automatisch sich regulierende Bogenlampe; den außen angebrachten zwei- oder dreiteiligen Kondensoren kann eine Kühlkammer mit Wasserzufluß vorgeschaltet wer-

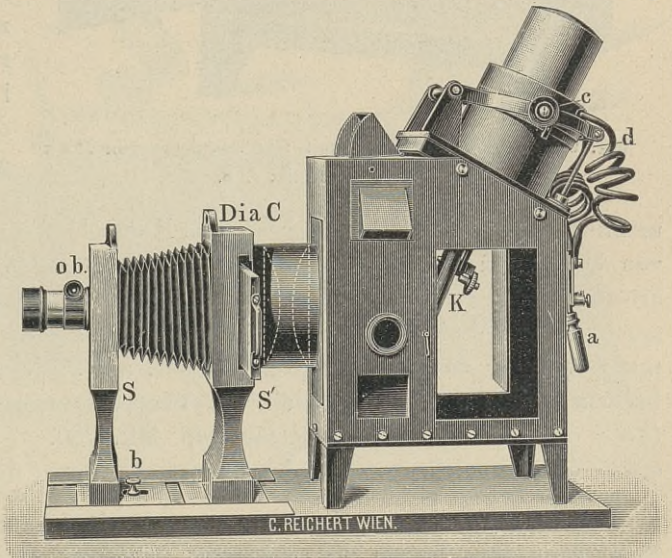


Fig. 98. Projektionsapparat von C. Reichert in Wien mit Schuckertscher Bogenlampe.



den; da sind unter anderen Projektionsapparate von Krüß in Hamburg (mit 170 mm Kondensator, Mk. 600.—), von R. Fueß in Steglitz bei Berlin (mit Triplexkondensator 155 mm für 15 Amp. Stromstärke, Mk. 676.—, siehe Fig. 181, Seite 195), von E. Leybolds Nachfolger in Köln (Schuckertkamera für Mk. 400.— bis 410.—), von Max Kohl in Chemnitz (zu Preisen von Mk. 300.— bis 800.—, Beispiel Fig. 99), von Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig (S. 43 abgebildet), und der vortreffliche Apparat von Zeiß in Jena.

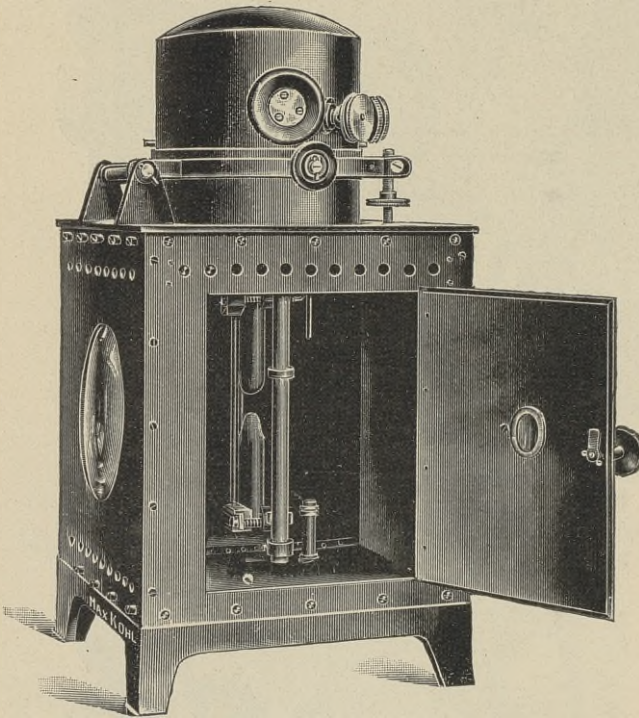


Fig. 99. Projektionslaterne mit Handregulator von Max Kohl in Chemnitz i. S.

Mit einfachem Blechgehäuse und Bogenlampe mit Handregulierung sowie mit großer Wasserkühlkammer und eigenartiger, recht praktischer Schlittenführung ist der Projektionsapparat von Gebr. Mittelstraß in Magdeburg (Fig. 100, samt Bogenlampe und Widerstand für 25 Amp. Stromstärke mit Buschobjektiv und 140 mm Kondensator für etwa Mk. 450) ausgestattet, der ihm ziemlich ähnliche Apparat „Primus“ von Müller & Wetzig in Dresden (ungefähr zum gleichen Preise\*) und der auf einem Tisch

montierte „Hochschul-Projektionsapparat Humboldt“ ohne Wasserkühlkammer von Unger & Hoffmann in Dresden (Preis Mk. 425.—). Vorzüglich gearbeitet ist der der Abbildung 100 ziemlich ähnliche „Große Projektionsapparat“ von Voigtländer & Sohn, Aktiengesellschaft in Braunschweig, mit Kondensator von 160 mm Durchmesser, zur Projektion von Laternenbildern bis zur Größe  $9 \times 12$  cm, auch als Vergrößerungsapparat sehr geeignet. (Preis ohne Lampe mit Porträteuriskop Mk. 280.—, mit dem weit lichtstärkeren und tadellos zeichnendem Porträtanastigmat der Firma Mk. 350.—.)

\*) Der neue Projektionsapparat „Universal“ von Müller & Wetzig gestattet durch Einschubung eines Kastens für episcopische Darstellung sowie mit Hilfe einer langen Bank vielseitige Verwendung. (Preis ohne Lichtquelle Mk. 480.—; eine spektroskopische Einrichtung hiezu kostet Mk. 110.—, eine mikroskopische Mk. 280.—.)



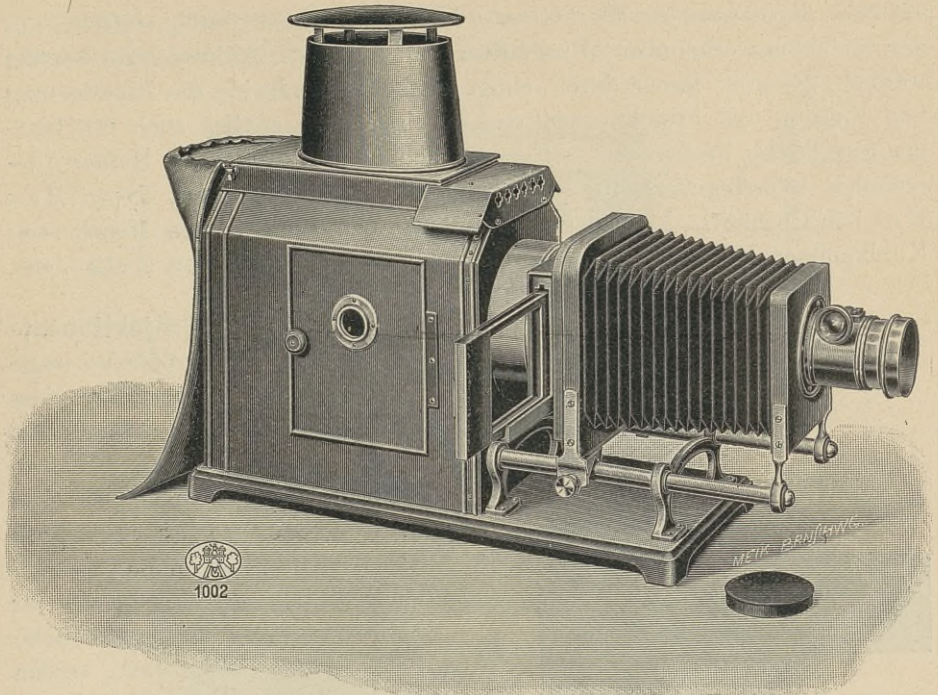


Fig. 100. Projektionsapparat mit Schlittenführung für den Balg von Gebr. Mittelstraß in Magdeburg.

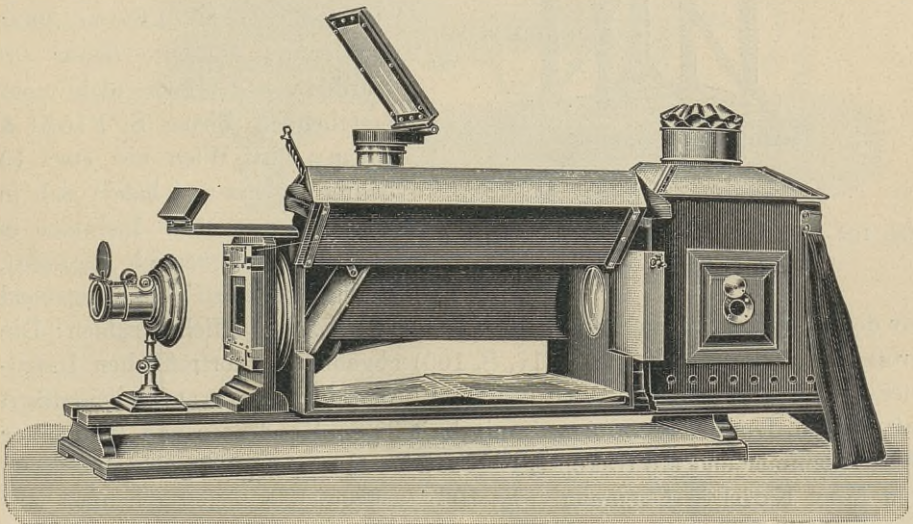


Fig. 101. Universal-Projektionsapparat von Ed. Liesegang in Düsseldorf in der Aufstellung für episcopische Projektion von Bildern in größeren Büchern etc.

Die Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf baut einen sehr praktischen „Universal-Projektionsapparat“ (Fig. 101, Preis samt 2 Objektiven und



150 mm. Kondensator zu Mk. 560.—); der Apparat kann durch einfache, aus der Abbildung erkennbare Umschaltung auch für Vertikalprojektion benützt werden, gestattet ferner durch einige einfache Handgriffe die Einschaltung von Episkop und Projektionsmikroskop, eignet sich endlich auch für kinematographische Projektion. — Eigentümlich hohe Apparate mit Hefner-Altenekscher selbstregulierender Bogenlampe bauen nebst anderen Typen Max Kohl in Chemnitz, A. Krüß in Hamburg (Fig. 102, kleines Modell samt Kühlkammer Mk. 405.—, das große Modell Mk. 650.—) und Zeiß, Jena.

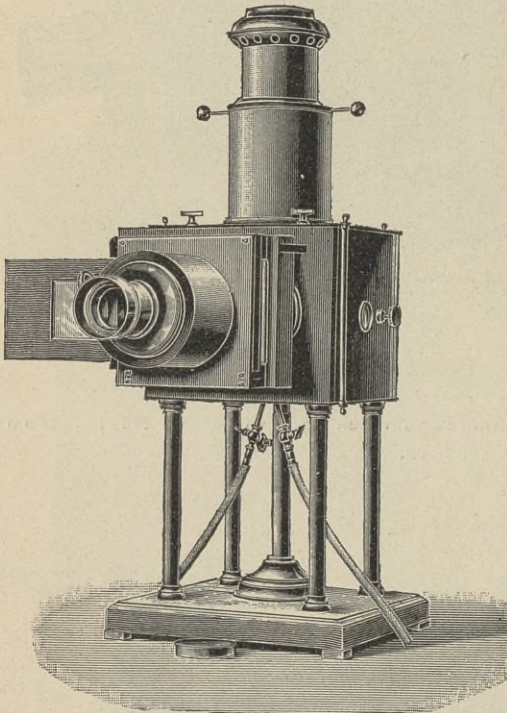


Fig. 102. Hohes Modell eines Projektionsapparates von A. Krüß in Hamburg.

**3. Große Projektionsapparate**, die für größte Vortragsäle und bei Anwendung eines starken elektrischen Stromes von 30 bis 60 Amp. noch auf Projektionswände von 4 bis 8 m Durchmesser tadellos beleuchtete Bilder liefern sowie die vielseitigste Anwendung, insbesondere für Mikroprojektion und episkopische Darstellung ermöglichen, werden nur von einigen Firmen gebaut. Die Preise von solchen großen Apparaten belaufen sich je nach Ausstattung auf K 1200 bis 3000. Die ersten Apparate dieser Art wurden von der heute nicht mehr bestehenden Firma S. Plößl & Komp. in Wien vor etwa 15 Jahren gebaut und haben sich in zahlreichen großen Instituten in Österreich vorzüglich bewährt, sie sind geradezu richtungsgebend

für den Bau von großen Projektionsapparaten geworden. Hieher zählen: Die großen an anderer Stelle (Fig. 117, S. 100) abgebildeten vortrefflichen Instrumente von C. Reichert in Wien (mittlerer Projektionsapparat auf Gußeisentisch mit Rädern, Lampe für 30 Amp., mit dreiteiligem Kondensator und kompletter Wasserkammer und Mikroskopstativ K 1104.—\*) — das große „Megadioskop“ von Max Kohl in Chemnitz (Fig. 103), welches den weitestgehenden An-

\*) Auf besondere Bestellung baut C. Reichert einen „Großen Projektionsapparat“ für sehr starke Ströme von 60 und mehr Amp. (ein solcher ist unter anderem im Institut für experimentelle Pathologie in Wien aufgestellt); er besteht aus einem hohen, asbestgefütterten Eichenholzkasten für die große Bogenlampe und ist besonders für Mikroprojektion unter Verwendung starker Vergrößerung geeignet; samt Einrichtung für Episkop und Spektralversuche Preis K 2900.— (ohne Mikroskopobjektive).



forderungen entspricht und mit Hilfe seiner Nebenapparate jede Art von Wiedergabe gestattet. Es wird im Abschnitte über Projektion von undurch-

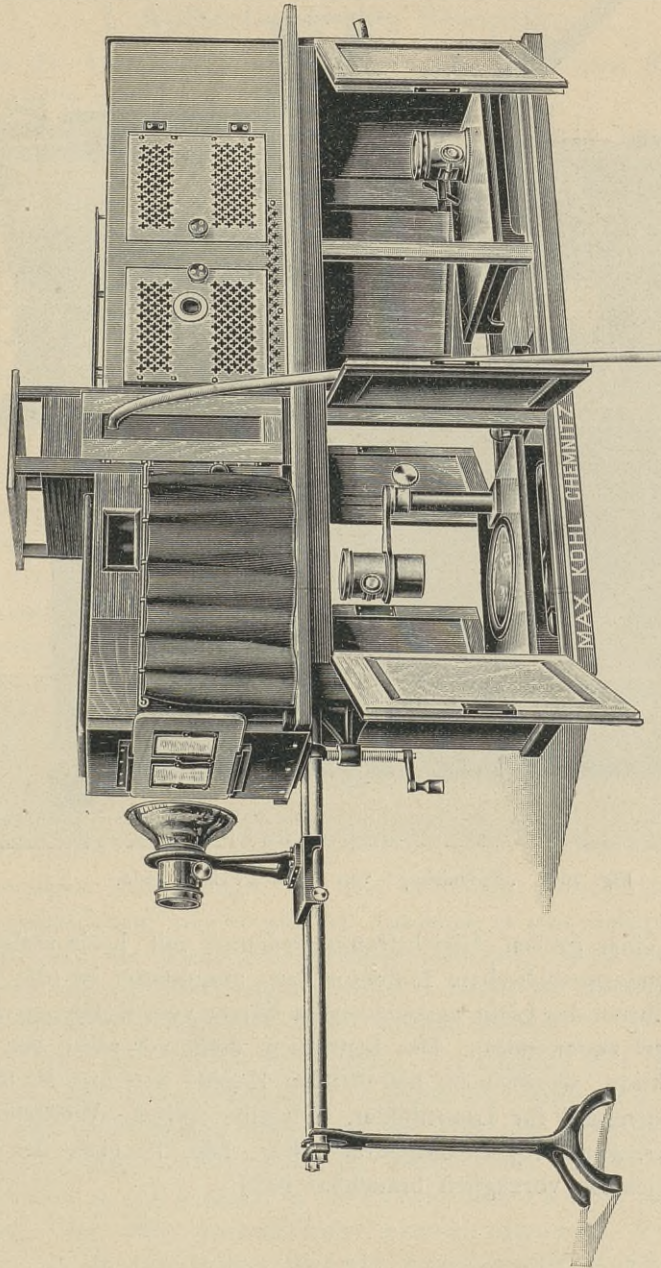


Fig. 103. „Megadiaskop“ von Max Kohl in Chemnitz in der Zusammenstellung für einfache Projektion; in den Kästen des Unterbaues sind die Hilfsapparate für andere Projektionsweisen untergebracht.

sichtigen Gegenständen (S. 104) ausführlich besprochen. — Endlich liefert die berühmte Firma Zeiß in Jena einen ausgezeichneten, großen Apparat unter dem Namen „Epidiaskop“ (Fig. 104), der mit einem Scheinwerfer,



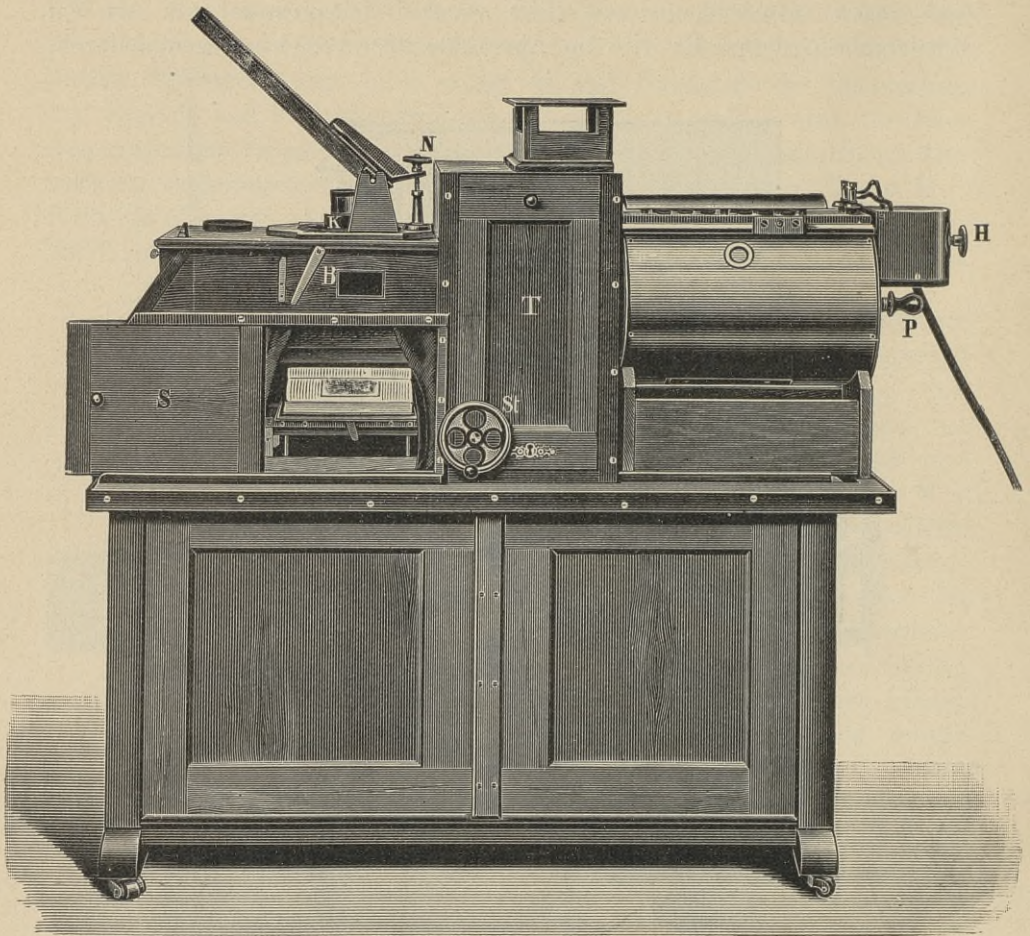


Fig. 104. „Epidiaskop“ von Karl Zeiß in Jena.

bestehend aus einer großen Gleichstrombogenlampe mit horizontalgestellter Positivkohle und parabolischem Reflektor dazu ausgestattet ist (die Kohlen spitze ist mit ihrem das Licht ausstrahlenden Krater vom Kondensator ab- und dem Hohlspiegel zugewendet). Das Instrument dient vor allem der episkopischen Projektion, worüber im betreffenden Kapitel berichtet ist (S. 103), jedoch auch ebensogut für Laternbilder. Dieselbe optische Werkstätte baut auch einen „Großen Projektionsapparat“ (Fig. 135, S. 119), der für alle Arten der Projektion vorzüglich brauchbar ist.)\*

---

\*) Preis des „Großen Projektionsapparates“ von Zeiß in Jena, bestehend aus Projektionstisch mit optischer Bank, Lampengehäuse und Bogenlampe, Widerstand und Aus- schalter, Kondensator samt Wasserkammer und Bildträger (für  $8,5 \times 10$  cm Bilder) je nach dem beigegebenen Objektiv etwa Mk. 1270.— bis 1550.—.



## B. Saaleinrichtung und Betrieb.

### I. Aufstellung des Skioptikons.

Für die Aufstellung und Benützung des Skioptikons in der Schule sind drei Fälle möglich:

1. Der Apparat findet seine dauernde Aufstellung in dem Lehrsaal für Physik (vielleicht auch der Chemie) und dient hauptsächlich für diesen Unterrichtsgegenstand; die Projektionseinrichtung dient dann in erster Linie dem physikalischen Unterricht, nebenbei findet sie als Skioptikon Verwendung zur Projektion von Laternbildern für andere Unterrichtsfächer, so daß also einzelne Stunden der in Betracht kommenden Fächer im Physiksaal gehalten und ganz oder vorwiegend der Vorführung und Besprechung von Bildern gewidmet werden.

2. Es wird ein besonderes Lehrzimmer ausschließlich oder vorwiegend für jene Lehrfächer bestimmt, für welche das Skioptikon als Lehrmittel häufig in Verwendung treten soll (der Physiksaal bekommt dann seinen besonderen Projektionsapparat), also vor allem für Naturgeschichte, der ja nach den modernen Anschauungen überhaupt in jeder Mittelschule ein besonderes Lehrzimmer eingeräumt werden soll,\*) ferner für Geographie und Geschichte, in Handelsschulen für Handelsgeographie und Warenkunde, in gewerblichen Schulen für Technologie und verwandte Fächer. Alle Lehrfächer, in denen das Skioptikon als Anschauungsmittel verwendet werden soll, werden in diesem besonderen „Skioptikonsaal“ gelehrt und der Apparat kann nun zu jeder Zeit, wenn auch oft nur für die Vorführung einiger weniger Bilder, in stetem und engstem Zusammenhange mit dem Unterricht benützt werden.

3. In allen oder wenigstens in einigen Lehrzimmern werden die notwendigen Einrichtungen für den Gebrauch eines Skioptikons (Verfinsterungseinrichtung und eventueller Anschluß an eine elektrische Leitung) angebracht und ein leicht transportabler einfacher Projektionsapparat und eine ebenso eingerichtete Projektionswand können im Bedarfsfalle für einzelne Lehrstunden in diesen Zimmern benützt werden.

Die beste Art für die ausgiebigste Verwendung des Skioptikons ist gewiß die letztgenannte, wenngleich sie durch die Adaptierung von mehreren Lehrzimmern kostspielig ist und durch das Hin- und Hertragen des immerhin schweren Apparates und durch das Aufstellender Projektionswand Unbequemlichkeiten in sich schließt. Mindestens die zweite Art der Aufstellung, also die Schaffung eines eigenen Projektionszimmers sollte in jeder Schule angestrebt werden, sie bietet

---

\*) Aufsätze über diese Forderung: Dr. Schwaighofer in „Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur“ 1905, IV. Heft, und Dr. Pfurtscheller, ebenda, 1906, Heft 8 und 9.



die Möglichkeit, das Skioptikon wenigstens für einzelne Fächer regelmäßig und zweckentsprechend zu verwenden, auch kann in diesem Falle ein größeres Instrument mit vollkommener Einrichtung aufgestellt werden. Die Aufstellung des Skioptikons im Physiksaal gestattet wohl, daß der Apparat beim Physikunterricht voll in seine Rechte trete, aber in anderen Lehrfächern wird seine Benützung dann gewiß eine untergeordnete bilden, es werden dann wahrscheinlich die einzelnen, im Physiksaal verbrachten Lehrstunden anderer Fächer nur zur Vorführung von Bildern, und zwar von vielen nacheinander benützt werden, wodurch die Gefahr entsteht, daß, abgesehen vom Physikunterricht, das Skioptikon in den Augen der Schüler zu einem Unterhaltungsmittel herabsinke und seinen großen pädagogischen Wert stark einbüße. Die folgenden Angaben über Einrichtung eines Skioptikonsaales beziehen sich vorwiegend auf die zweite Art der Aufstellung; über die spezielle Einrichtung des Physiklehrzimmers für Projektion ist in dem besonderen Abschnitte V, S. 192 und 200 ausführlich gesprochen.

Die **Aufstellung des Skioptikons** erfolgt am besten nahe der Hinterwand des Lehrzimmers, entweder in der Mitte eines breiten Ganges zwischen den Bankreihen oder hinter den Bänken, dann auf einem entsprechend hohen Podium, so daß über die Köpfe der Schüler hin-

weg projiziert werden kann; im letzteren Falle soll der Unterbau so hoch gewählt werden, daß der Lichtkegel des Skioptikons nicht mehr die Köpfe der

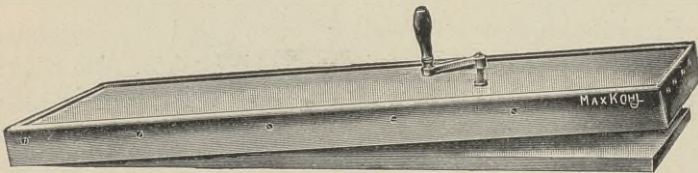


Fig. 105. Verstellbare Unterlage für ein Skioptikon (nach Max Köhl in Chemnitz).

Schüler trifft, sonst ergeben sich störende Schattenspiele! Hat man eine große Projektionswand zur Verfügung, die, wie es besonders geeignet ist, oben etwas schräg nach vorne sich neigt, so muß das Skioptikon entsprechend nach aufwärts geneigt werden, so daß seine optische Achse ungefähr den Mittelpunkt der Bildwand trifft und senkrecht auf ihr steht. Entweder kann dies durch Unterlegen eines Holzkeiles unter das Fußbrett des Skioptikons erreicht werden, oder besser ist es, zwischen Tischplatte und Fußbrett des Skioptikons eine verstellbare Vorrichtung, wie sie Fig. 105, zeigt einzuschalten. Einige Firmen liefern sehr praktische Ständer für Projektionsapparate zum Heben und Senken mittels eines Triebrades, teils aus Holz (Fig. 106 sowie auch Fig. 183, S. 179), teils aus Eisen und auf Rädern fahrbar (Fig. 107).

Bei Verwendung von Azetylenlicht oder von Kalklicht wird man den Azetylenzeuger bzw. den Sauerstoffzylinder innerhalb des Tisches auf einer zweiten Platte anbringen (siehe Fig. 76, S. 59). Bei Benützung von elek-



trischem Bogenlicht wird die Schalttafel (über deren Einrichtung S. 39—42 ausführlich gesprochen wurde) an der Hinterwand des Saales, nahe dem Skioptikon angebracht; in Ermangelung einer eigenen Schalttafel genügt ein Steckkontakt an dieser Stelle und der reguläre Widerstand findet seinen Platz innerhalb des Tisches (nach der Art der Fig. 76, S. 58) oder in dem Kasten, der das Skioptikon trägt (wie in Fig. 96, S. 74). Der Tisch

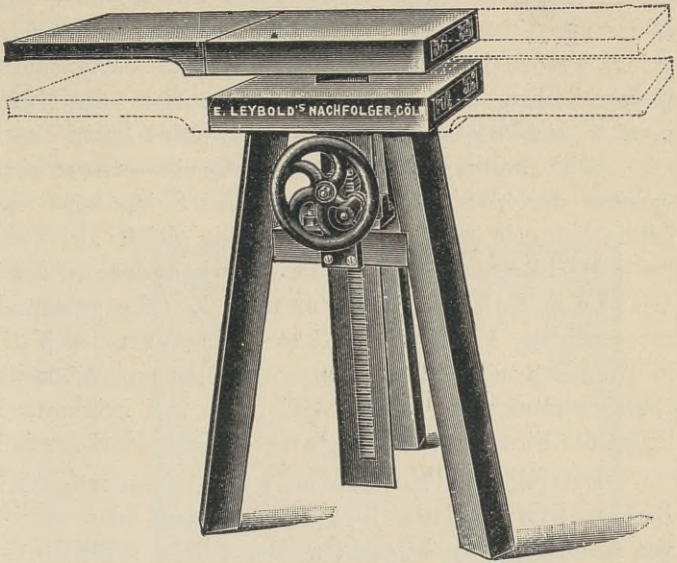


Fig. 106. Dreifußständer aus Holz für den Projektionsapparat mit Verlängerungsbrettern (nach E. Leybolds Nachfolger in Köln).

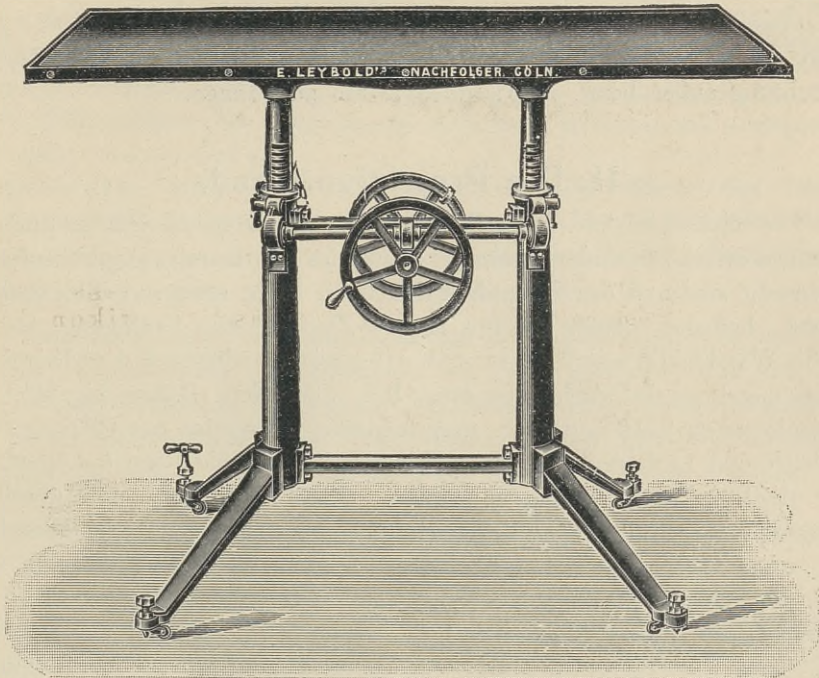


Fig. 107. Fahrbarer Tisch aus Eisen für einen Projektionsapparat (nach E. Leybolds Nachfolger in Köln).



oder der Kasten für das Skioptikon sollen eine aufklappbare Platte oder ein darunterliegendes, bequem zugängliches Fach haben, auf welchem die Laternbilder zur Vorführung bereitgestellt und nach ihrer Benützung wieder abgelegt werden können, oder wo man bei Vorführung von physiologischen, physikalischen oder chemischen Versuchen die Hilfsapparate, Reagentien u. s. w. sich bequem zur Hand vorrichten kann.

Sehr praktisch ist die Aufstellung eines verschließbaren Kastens, welcher sowohl zur Aufbewahrung des Skioptikons und aller Nebenapparate beim Nichtgebrauche, sowie anderseits gleich als Tisch für das Skioptikon bei seiner Benützung dient, etwa so, wie es der von der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien für diese Zwecke gebaute Kasten (siehe Fig. 96) tut; auch die Firmen R. Lechner in Wien und Voigtländer & Sohn in Braunschweig stellen derartige Kästen auf Wunsch bei. Einen einfachen „Stativschrank“ für kleine Skioptika mit neigbarer Platte samt Lesepult liefert die Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf (Preis Mk. 60.—).

Das Skioptikonzimmer soll, wenn möglich, mit elektrischer Beleuchtung, etwa 1—2 Bogenlampen oder einer entsprechenden Zahl von Glühlampen zu beleuchten sein, welche natürlich derartig hoch oder nur an den Seiten des Saales angebracht sein müssen, daß sie nicht in den Lichtkegel des Projektionsapparates fallen. In nächster Nähe des Skioptikons, also an der Schalttafel oder an dem das Skioptikon tragenden Tische oder Kasten, soll sich auch der Ausschalter für die Saalbeleuchtung befinden, um im verdunkelten Saale oder des Abends jederzeit rasch die Zimmerbeleuchtung außer bzw. in Tätigkeit setzen zu können.

## II. Die Projektionswand.

Die einfachste und beste Projektionswand bietet die **Stirnwand des Zimmers** selbst, besonders wenn die Bänke im Lehrzimmer amphitheatralisch angebracht sind und das Skioptikon sich dann hoch, etwa in halber Saalhöhe stehend, befindet. Steht sie für unsere Zwecke zur Verfügung, so lasse man die Wand mit Wasserfarbe *matte weiß* streichen oder noch weit besser eine entsprechend große Fläche von etwa 1 *m* über dem Boden bis nahe zur Saaldecke nach Entfernung des ursprünglichen Anwurfes mit Gipsmörtel bewerfen und nach dem Trocknen fein abschleifen; sie kann am Rande mit einer dunklen Linie umzogen werden. Eine leicht auf- und abrollbare Leinwand zum Schutze gegen Verunreinigung der weißen Fläche ist wünschenswert, wenn auch nicht notwendig; denn es kann die Wand jederzeit, wenn sie durch Staub schmutzig geworden sein sollte, durch Überstreichen mit dünnem Gipsbrei oder Wasserleimfarbe wieder weiß gemacht werden. Eine solche feste Projektionswand kann nie durch Falten, wie sie bei Leinwandschirmen fast unvermeidlich sind, störend wirken, sie gibt die schönste Projektion und eignet sich ganz besonders für die Anwendung des Projektionsmikroskops.



Die für den Unterricht notwendige Schultafel muß dann selbstverständlich gegen eine der Zimmerecken gerückt werden. (Siehe auch S. 192.)

In den meisten Fällen wird man einen Projektionsschirm aus Leinwand oder Papier zu verwenden gezwungen sein, wenn eine feste Schultafel sich in der Mitte der Stirnwand befindet oder auch, wenn die Bankreihen nicht ansteigen und man bei Verwendung eines ziemlich großen Schirmes schräg nach aufwärts projizieren muß; im letzteren Falle muß der Schirm von oben nach unten zur Wand geneigt sein, teils um Verzerrungen und Unschärfen des Bildes

zu vermeiden, teils um das Bild für die Schüler gut sichtbar zu machen. Für kleine Flächen genügt ein in einen **Rahmen gespannter Schirm** oder ein nach Art der Landkarten durch zwei Stäben gespannt gehaltener Shirting (Leinwand wird nur in Breiten bis zu 2·5 m gewebt und ist weit teurer!), welche an einem Kartenständer hängend aufgestellt werden können. \*) Für größere Flächen sind besondere

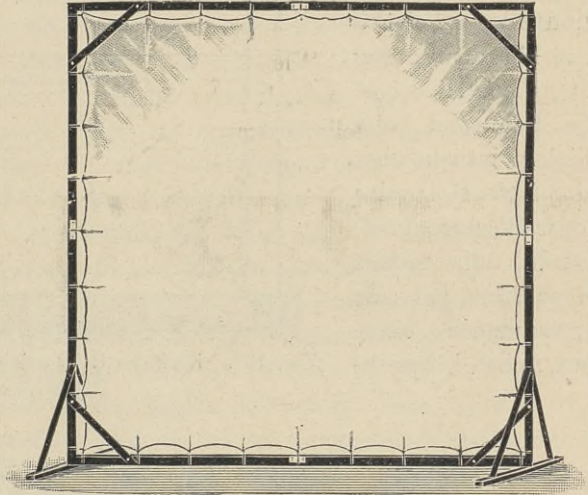


Fig. 108. Projektionsschirm, auf zusammenlegbarem Ständer befestigt (nach Gebr. Mittelstrass in Magdeburg).

Gestelle (Fig. 108) sehr geeignet, die aus Holzstäben oder leichten Metallröhren angefertigt (auch zusammenlegbar) im Handel zu haben sind; an ihnen wird die Leinwand mittels Bändchen oder Ösen befestigt und läßt sich dadurch sehr gut glatt, sogar faltenlos spannen. \*\*)

Empfehlenswerter sind **Stoffschirme zum Aufrollen** aus nahtlosem Shirting, weil sie beim Nichtgebrauche vor Staub geschützt sind und doch, wenn die Rollvorrichtung gut gemacht ist, rasch gespannt werden können, \*\*\*) sich auch leicht entsprechend schief stellen lassen. Aus Streifen genähte Schirme sind nicht gut, da sie stets an den Nähten Falten bilden. Als

\*) Preis eines Schulprojektionsschirmes aus nahtlosem Shirting von 220 × 220 cm Größe mit Rollstäben ungefähr K 25.—, ein Stativ dazu K 15.—.

\*\*) Sehr gut sind Rahmen aus Mannesmann-Stahlröhren; ohne Schirm für Größe 3 × 3 m ungefähr K 50.—, für 5 × 5 m K 70.— (bei Mittelstrass in Magdeburg); ähnliche Gestelle aus Holzstäben mit Blechhülsen zum Verbinden in den gleichen Größen K 34.— und 65.— (bei A. Pichlers Witwe & Sohn und bei R. Lechner in Wien).

\*\*\*) Shirting für Projektionszwecke ist bis zu 5 m Breite in allen einschlägigen Geschäften zu haben; Stoffe von 3 × 3 m kosten ungefähr K 22.—, von 5 × 5 m K 70.—.



Aufrollvorrichtung für kleinere Formate bis etwa 2,5 m Breite kann die in Fig. 109 dargestellte verwendet werden, wobei an dem unteren Rande des Schirmes eine dicke Holzrolle befestigt ist, auf der sich beim Hochziehen die oben über Rollen oder durch Ösen laufenden Schnüre abwickeln, während sich gleichzeitig der Schirm aufrollt. Für größere Formate ist unbedingt der **Rollvorrichtung** Fig. 110 und 111 der Vorzug zu geben. Hierbei ist die Leinwand beim Nichtgebrauche über eine dicke Holzwalze (oder Blechtrommel) gerollt, die mittels einer fest mit ihr verbundenen eisernen Achse in geeig-

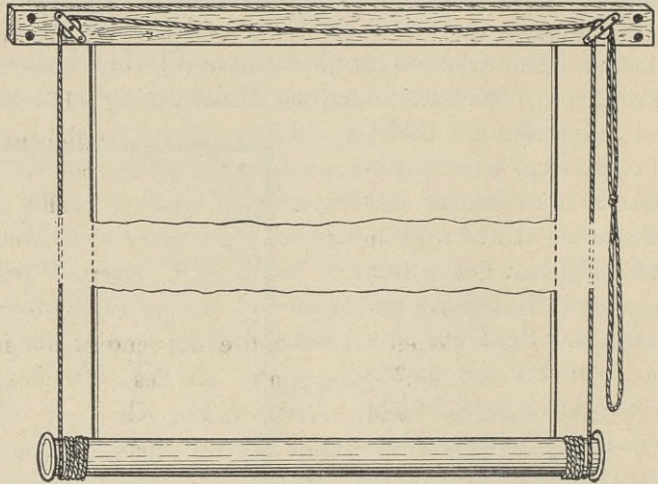


Fig. 109. Einfache Rollvorrichtung mit Schnüren für den Projektionschirm.

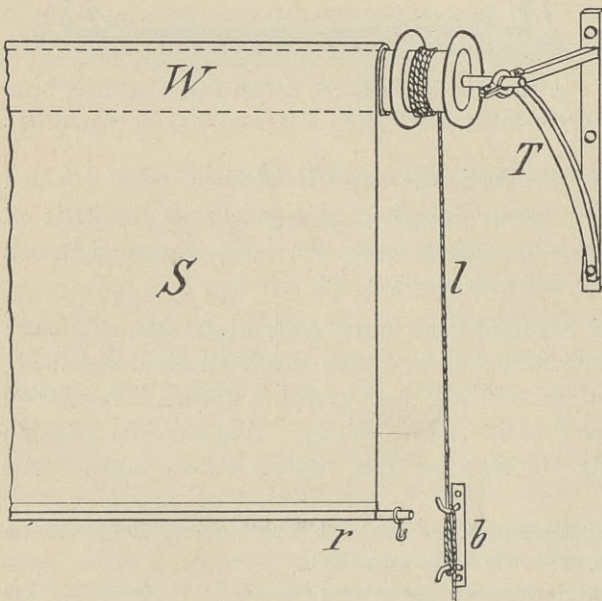


Fig. 110. Rollvorrichtung für große Projektionschirme, Vorderansicht; *S* Leinwand, *r* Eisenrohr, *W* Aufrollwalze, *T* Wandträger, *l* Leine zum Aufziehen, *b* Mauerhaken zum Befestigen der Leine.

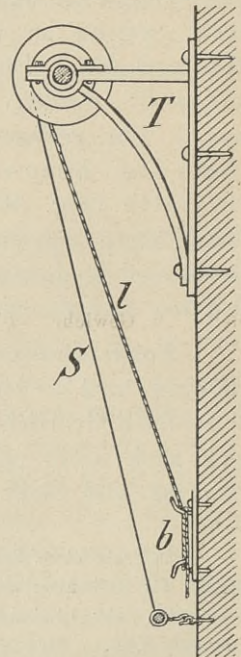


Fig. 111. Seitenansicht der Rollvorrichtung Fig. 110.



neten Lagern auf eisernen Wandstützen aufruhet. Die Leinwand ist mit dem oberen Rande an dieser Walze sorgfältig festgenagelt, am unteren Rande ist ein Gasrohr zur Beschwerung eingenäht. Die Befestigungen der Leinwand an der Walze und der Beschwerungsstange müssen mit großer Sorgfalt geschehen, damit sich keine Falten bilden, die sich dann beim Aufrollen übereinanderlegen und sehr häßliche Knicke in der Leinwand bewirken. Die Holzwalze muß, um jedes Werfen zu vermeiden, aus mehreren Längsstücken zusammengefügt sein und soll 12—15 *cm* Durchmesser haben; um sie leichter zu machen, kann sie hohl gewählt werden. Eine kräftige Blechtrommel ist vielleicht noch besser, sie verzieht sich unter keinen Umständen. An einer Seite der Holzwalze befindet sich die aus der Zeichnung leicht erkennbare Führung für die Schnur, welche sich beim Aufrollen der Leinwand gänzlich abrollt und unten an einem Wandhaken festgebunden wird. Bei sehr großen Wänden von über 4 *m* Breite und Höhe sind sogar an beiden Seiten Rollen und Schnüre notwendig, um im Falle des Reißens einer Schnur das plötzliche Herabfallen des Schirmes zu verhüten. Sehr praktisch ist es, an Stelle solcher Haken Klemmvorrichtungen, wie sie für Jalousienschnüre benützt werden, anzubringen, weil sie selbsttätig die Schnur in jeder Lage festhalten. Durch Loslassen der Schnur rollt sich die Leinwand infolge der Beschwerungsstange rasch ab (wobei sich die Schnur aufrollt); mittels zweier Ringe an beiden Enden der Stange kann sie derartig an Wandhaken eingehängt werden, daß sie in der geeigneten Schrägstellung festgehalten wird. Anziehen und Befestigen der Schnur gibt dem Schirm die nötige Spannung und Glätte. Die Wandstützen müssen soweit vorspringen, daß der eingehakte Schirm die notwendige schräge Stellung (senkrecht zur optischen Achse des Skioptikons) einnimmt.

Wo bedeutende Geldmittel zur Verfügung stehen, kann der Betrieb der Rollvorrichtung auch mittels eines kleinen Elektromotors eingerichtet werden; eine solche Einrichtung bildet die Firma Kohl, Chemnitz, in ihrer Preisliste ab. \*) Zur Spannung des Schirmes in offenem Zustand dienen zwei kräftige Spiralfedern, die an schweren, auf dem Boden stehenden Gewichten befestigt werden. — Eine überaus schöne und tadellos arbeitende Einrichtung mit elektrischem Antriebe besitzt das neue elektrotechnische Institut der technischen Hochschule in Wien.

Sehr große und schwere Projektionsschirme sollen mit entsprechenden Gegengewichten versehen sein, um das Aufrollen zu erleichtern und die Gefahr des Reißens der Schnur zu verhindern. (Beschreibung und Abbildung dieser Einrichtung bei Frick, Phys. Technik I, S. 176.)

Von manchen Seiten wird empfohlen, den Schirm, der dann aus mehreren Streifen von Stoff zusammengenäht sein kann, in gespanntem Zustand mit Zeichenpapier zu überkleben; die projizierten Bilder sehen in der Tat auf Papier besser aus, als auf Leinwand, besonders auf etwas gelbstichigem Kupferdruckpapier, doch stören die Klebstellen des Papiers etwas, da man Rollpapier nur in Breiten von etwa  $2 \times 2$  *m* bekommt. Manche Firmen

\*) Preis der Einrichtung samt Schirm, Elektromotor, Gewichten u. s. w. Mk. 510.—.



versehen den Stoffschirm mit einem **Farbanstrich**; auch Dr. Neuhaus\*) empfiehlt einen solchen, und zwar aus Zinkweiß, Ei (Eiweiß und Dotter) etwas Dextrin und arabischem Gummi (Bleiweiß eignet sich weniger als wie Zinkweiß, teils wegen des höheren spezifischen Gewichtes, teils wegen des allmählichen Gelbwerdens an schwefelwasserstoffhaltiger Luft); Hagenbach & Landolt empfehlen als Anstrich Magnesia alba mit Leimwasser (Gelatine). Andere raten, den gespannten Stoff mit einer Leimfarbe und Zinkweiß zu bestreichen und mit feinsten Schlämmkreide zu überstauben. Der Anstrich muß jedenfalls auf beiden Seiten angebracht werden. Oelfarbe oder einfache Leimfarbe ist keinesfalls zu gebrauchen, weil sie bei öfterem Rollen des Vorhanges abbröckelt. — Wir halten jeden Anstrich des Stoffschirmes für unnötig, insbesondere weil er die Faltenbildung begünstigt.

**Durchscheinende Schirme** finden nur manchmal beim Physikunterricht Anwendung, für gewöhnliche Projektion kommen sie nicht in Betracht; sie werden zwischen dem gegen das Auditorium gerichteten Skiopikon und den Beschauern aufgestellt. Die hiedurch fast immer bedingte sehr geringe Entfernung zwischen Schirm und Projektionsapparat gestattet nur kleine Bilder auf dem Schirme (außer bei einem Projektionsobjektiv von sehr geringer Brennweite). Für solche Zwecke eignet sich am besten ein Schirm aus Pauspapier oder Pausleinwand. Stoffschirme mit Wasser oder Glycerinwasser zu benetzen, um sie durchscheinend zu machen,\*\*) ist nicht zu empfehlen, da die Schirme bald voller Falten werden.

### III. Verdunkelungseinrichtungen.

Die Verdunkelung des Saales während der Projektion kann durch einfache **Fensterläden** geschehen; wenn sehr breite und besonders hohe Fenster vorhanden sind, so stellt sich ihre Anschaffung sehr hoch, auch wird die Benützung sehr unhandlich, so daß das Schließen oft viel Mühe verursacht, abgesehen davon, daß sich große Holzläden stets im Laufe der Zeit stark verziehen und dann sehr schlecht schließen. Die Anbringung von **Rolläden** vor oder innerhalb der Fenster, ähnlich denen an Geschäften üblichen, ist ziemlich kostspielig und verursacht bei der Handhabung ein lästiges Geräusch. Weit einfacher im Betrieb und auch wesentlich billiger stellen sich **Vorhänge aus schwarzem Stoff**, am Besten aus sogenanntem „Englisch-Leder“ oder einem ziemlich dicht gewebten, starken „Cloth“. Auch mit schwarzer Ölfarbe angestrichene Leinwand oder solcher Baumwollstoff ist zu verwenden; Vorhänge aus Tuch sind wegen des hohen Preises und wegen der Gefahr des Mottenfrasses nicht zu empfehlen.\*\*\*) Sie können

\*) Lehrbuch der Projektion, S. 77.

\*\*) Liesegang bringt eine besondere Spritze zum gleichmäßigen Besprengen des Schirmes mit Wasser auf den Markt (Preis Mk. 6.—).

\*\*\*) Gute Stoffe für vollkommen lichtundurchlässige Vorhänge liefert August Feßler, in Wien, XVII. Weißgasse 38.



entweder zum seitlich Auseinanderziehen oder zum Aufwärtsrollen gerichtet sein. Erstere Art empfiehlt sich für sehr breite Fenster. Die beiden Teile des Vorhanges sind mit ihrem Außenrande am Fensterrahmen festgenagelt, mit ihrem oberen Rande hängen sie mittels Ringlein an einer aus Fig. 112 ersichtlichen Metallstange (starker Draht genügt!). Zwei Schnüre ermöglichen das Zusammen- oder Auseinanderziehung der beiden Vorhangteile nach der Art der Fenstervorhänge. Die beiden Teile müssen in geschlossenem Zu-

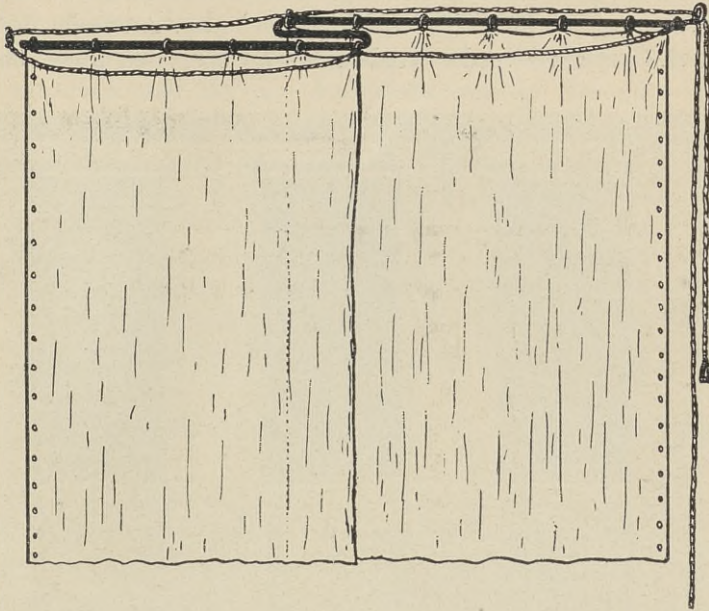



Fig. 112. Verdunkelungsvorhänge zum seitlichen Auseinanderziehen mittels Schnur.

stand etwa 15 *cm* übereinandergreifen und werden unten durch zwei in Haken einhängbare Ringe glatt gespannt befestigt. Diese Art der Einrichtung ist die einfachste und billigste. Die Vorhänge sollen etwa 20 *cm* über das Fensterbrett hinabreichen und oben, wo die Führungsstange ist, kann an einer darüber vorspringenden Leiste ein etwa 15 *cm* breiter Streifen aus schwarzem Stoff vorhangartig herabhängen, um auch oben das Eindringen des Lichtes zu verhindern. (Übrigens braucht man in dieser Hinsicht nicht überängstlich zu sein!)

Für **rollbare Vorhänge** läßt sich eine ähnliche Einrichtung, wie für Projektionsschirme, in Fig. 109 dargestellt, vorteilhaft anwenden; zur Beschwerung dient dann am unteren Rande eine entsprechende Holzleiste oder Metallstange. Die Ränder des herabgelassenen Vorhanges müssen einige Zentimeter über den Fensterrahmen greifen, besser noch über die Mauerränder zu beiden Seiten des Fensters; um hier einen vollkommen lichtdichten Abschluß



zu bewirken, bringe man beiderseits an der Mauer aufklappbare Holzlatten von 10 cm Breite an. Vor dem Herabblassen des Vorhanges werden sie aufgeklappt und später über die Ränder des abgerollten Vorhanges zugemacht. Statt derartiger Latten können auch mit Vorteil  förmige Metallrinnen angebracht werden, in denen der Vorhang, dann nur mit einer genügend schweren Metallplatte unten versehen, auf und nieder läuft. Bei der Anbringung der Rollvorhänge an der Mauer muß das Fensterbrett bis zum Mauerrand vorspringen und die geschlossenen Vorhänge müssen mehrere Zentimeter darüber hinabreichen, um unten kein Licht eindringen zu lassen. An Stelle der Schnüre können auch Gurten verwendet werden, welche oben und unten über Rollen

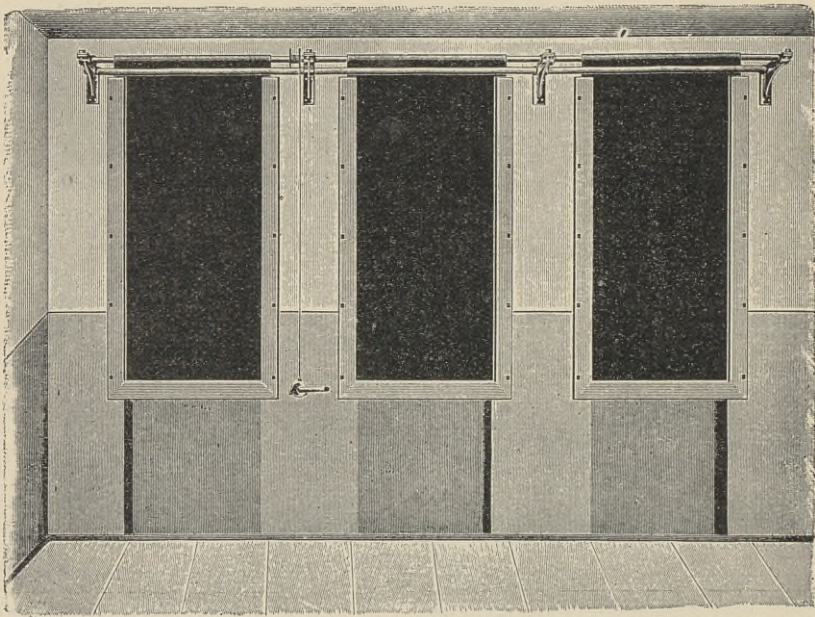


Fig. 113. Einrichtung für gleichzeitiges Verdunkeln mehrerer Fenster von einem Kurbelantrieb aus. (Nach Ferd. Ernecke in Berlin-Tempelhof.)

laufen. — Lehranstalten, welche über größere Mittel verfügen, können sich die Verdunkelungseinrichtung auch in der Weise herstellen lassen (Fig. 113), daß sämtliche Vorhänge von einer einzigen durch Menschenkraft oder gar mittels eines Elektromotors betriebenen Kurbel gleichzeitig geschlossen oder geöffnet werden können.\*) Sie bieten gewiß manche Vorteile, nur muß ihre

\*) Derartige Vorrichtungen, bei denen die Vorhänge in Metallrinnen auf und nieder gehen, liefern die Firmen F. Ernecke in Berlin, und Max Kohl in Chemnitz; nach der Preisliste der ersteren stellt sich die Verdunkelungseinrichtung für ein Fenster von 3 m<sup>2</sup> Nischenöffnung auf Mk. 100.—, bei 6 m<sup>2</sup> Öffnung auf Mk. 115.—, bei 9 m<sup>2</sup> Öffnung auf Mk. 200.—; die zugehörige Seilrolle, Arretiervorrichtung und Seilkasten Mk. 25.—. Elektromotoren für den gesamten Antrieb kosten ungefähr Mk. 340.— bis 500.— (Ähnlich sind die Preise bei Kohl)



Anlage sachgemäß geschehen, damit sie nicht zu unliebsamen Störungen Veranlassung geben.

Wir empfehlen an dieser Stelle nochmals, bei Vorführung von Laternbildern mittels des Skioptikons im Unterricht das Zimmer nicht vollkommen zu verdunkeln; hat man eine genügend kräftige Lichtquelle, vor allem Bogenlicht, so kann ohne Schaden das letzte Fenster des Saales ganz offen gelassen oder nur teilweise abgeblendet werden; nur die Vorderfenster müssen gut verschlossen sein, weil das sonst eindringende Licht sowohl die Beschauer blendet als auch einen Teil des Schirmes störend beleuchtet. Im übrigen ist Dämmerlicht im Raume der Projektion nicht im mindesten schädlich und für die Aufrechterhaltung der Disziplin unter den Schülern überaus wertvoll.

#### IV. Der Betrieb des Skioptikons.

Am besten setzt man den Projektionsapparat in Betrieb, bevor der Saal verdunkelt wird. Nachdem die Projektionswand in gehörigen Stand gebracht ist, stellt man, wo das Skioptikon nicht bleibend zusammengestellt ist, den Apparat richtig auf und bringt daran den Bildschieber an, richtet sich die Laternbilder, in guter Reihenfolge geordnet, auf dem Tischchen des Skioptikons bequem zurecht und setzt endlich die Lichtquelle in Funktion, die tadellos leuchten muß, ehe man den Saal verdunkeln läßt.

Benützt man **Kalklicht**, so wird zuerst nur das Leuchtgas (oder bei Benützung von Wasserstoff dieses Gas) in den Brenner eintreten gelassen und entzündet; dann öffnet man langsam den Haupthahn des Sauerstoffbehälters bei geschlossenem Regulierhahn und lasse nun durch allmähliches Öffnen des letzteren den Sauerstoff in den Brenner treten; die ursprünglich leuchtende Gasflamme wird zu einer nicht leuchtenden Stichflamme, die meist am Anfange unter lebhaftem Zischen brennt. Man regle nun den Zutritt des Sauerstoffes derartig, daß dieses Geräusch aufhört und die Flamme ganz ruhig brennt. Den Kalkkegel darf man nicht ohne weiteres der Wirkung der Stichflamme aussetzen, er würde sonst unfehlbar zerspringen. Man wärme ihn zuerst mit der leuchtenden Flamme an, bevor man den Sauerstoff zutreten läßt; ist die Knallgasflamme dann hergestellt, so nähere man den Kalkkegel langsam, bis endlich die Stichflamme voll den Kegel trifft und zum Leuchten bringt. Erst wenn dadurch die Beleuchtungsvorrichtung vollkommen im Gange ist, beginne man mit den weiteren Arbeiten.

**Gasglühlicht**-(Auer-)Lampen sind rasch und einfach in Betrieb gesetzt; etwas umständlicher ist die Benützung des **Mitalichtes** und ähnlicher Einrichtungen, bei denen es oft einige Zeit dauert, bis die Flamme ruhig brennt und der Glühstrumpf schön leuchtet (siehe darüber S. 67). Sehr einfach ist die Behandlung einer **elektrischen Glühlampe**, auch der Nernstlampe; sowie die Verbindung der Lampe mittels Stöpselkontakt erfolgt und die



Einschaltung vorgenommen ist, wird die Lampe sofort leuchten (die Nernstlampe nach mehreren Sekunden, bis der Glühkörper vorgewärmt ist).

Ziemlich einfach gestaltet sich auch die Inbetriebsetzung bei einer elektrischen **Bogenlampe** mit Selbstregulierung, die sofort nach dem Einschalten gleichmäßig leuchtet. Bei den Bogenlampen mit Handregulierung, die wir stets am meisten empfohlen haben, ist der Vorgang etwas umständlicher und wir verweisen hier auf seine genaue Beschreibung S. 52.

Sobald die Lichtquelle gut leuchtet, lasse man den Saal verfinstern, bei künstlicher Beleuchtung des Raumes schalte man die Saalbeleuchtung aus und schraube das Objektiv ungefähr so weit heraus, daß sein Kopf zur Hälfte aus der Schubröhre herausragt; nun soll die Projektionswand durch die Lichtquelle des Skioptikons gleichmäßig beleuchtet erscheinen.

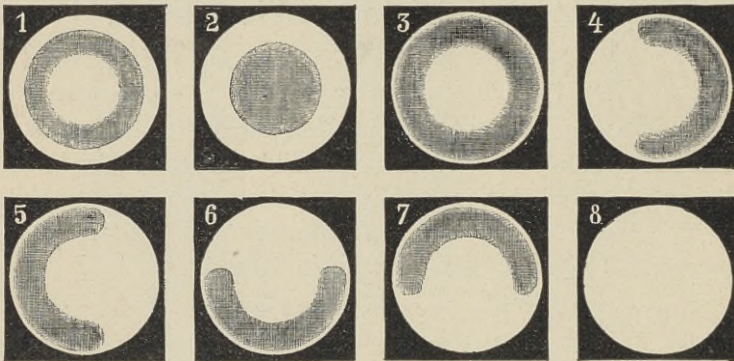


Fig. 114. Beschaffenheit des Lichtkreises auf dem Projektionschirm bei verschiedenen unrichtigen Stellungen der Lampe (1—7) und bei ihrer richtigen Zentrierung (8).

Meist wird dies nicht gleich der Fall sein, es wird meist ein Teil der beleuchteten Fläche bläulich beschattet aussehen, wie es in den ersten sieben Einzelbildern der Fig. 114 dargestellt ist, und man muß die Lampe richtig einstellen, „zentrieren“. Zeigt sich ein dunkler Ring oder ist die Mitte des Gesichtsfeldes beschattet, wie in den Bildern 1—3 der Figur, so muß die Lampe dem Kondensator genähert oder von ihm entfernt (zurückgeschoben) werden, bis der Schatten ganz oder größtenteils verschwindet. Bleibt dann noch eine dunkle Sichel, rechts oder links (wie in Fig. 4 und 5), so muß die Lampe etwas nach links bzw. rechts (in entgegengesetzter Richtung von der Seite, wo der Schatten sichtbar ist) gerückt werden, ebenso muß man die Lampe ein wenig senken oder heben, wenn ein sichelförmiger Schatten sich oben oder unten (Abbildung 6 und 7) zeigt. Dieses „Zentrieren“ der Lichtquelle muß mit großer Sorgfalt zu Anfang der Skioptikonbenützung geschehen, dann wird ein späteres Nachstellen kaum mehr notwendig werden.



Hierauf wird der bewegliche Objektivträger, sofern ein solcher mit Balgansatz vorhanden ist, so verschoben, bis die Projektionsfläche rein weiß beleuchtet ist und der Rand des leeren Bildträgers sich ziemlich scharf auf ihr abbildet. Nun wird endlich ein Laternbild in den Bilderrahmen gesetzt\*) und in das Skioptikon geschoben; mit Hilfe des an jedem Objektiv angebrachten Triebknopfes nimmt man endlich die feine Einstellung vor, bis das Bild klar und scharf an der Wand sichtbar ist. Es soll an der Wand gleichmäßig hell beleuchtet und bis zum Rande gleich scharf sein.\*\*)

Bei Benützung von elektrischem Bogenlichte wird man erst jetzt den Vorschaltwiderstand derartig regeln, daß das Bild in der geeignetsten Beleuchtung an der Wand erscheint. Während der nun regelmäßig erfolgenden Vorführung der Bilder wird man manchmal die Stromstärke etwas ändern müssen; zarte Bilder verlangen schwächere Beleuchtung, um gut zu wirken, kräftig gedeckte Laternbilder hingegen sollen unter Anwendung des höchst zulässigen Stromes vorgezeigt werden, um die Details in den Schatten möglichst sichtbar hervortreten zu lassen. Der Wechsel der Bilder soll sich keinesfalls unter vollkommener Verdunkelung, also durch Abschließen des Objektivs durch die Hand oder mittels eines Deckels, vollziehen; wir weisen hier nochmals auf die einfache auf S. 34 geschilderten und abgebildeten Einrichtungen hin, die Anbringung einer aufklappbaren Mattscheibe oder eines Milchglases vor dem Objektiv. Der häufige Wechsel von grell beleuchteten Bildern und vollkommener Dunkelheit während des Bildwechsels ist sehr ermüdend für die Augen der Schüler.

Die **Bedienung des Skioptikons** während des Unterrichts kann, besonders wenn der Apparat in der geschilderten Weise vom Lehrer selbst oder von einem Gehilfen eingestellt worden ist, besonders in nicht zu jugendlichen Klassen, ganz gut durch ein oder zwei Schüler besorgt werden, mit denen man das Auswechseln der Bilder und das Nachstellen der Lampe (bei elektrischem Bogenlichte) gut geübt hat. An höheren Schulen und bei öffentlichen Vorträgen steht ja gewiß ein Assistent oder geschulter Diener für die Arbeit am Skioptikon zur Verfügung. In allen diesen Fällen muß der Vortragende ein **Zeichen für den Bilderwechsel** geben (Anrufe wie „das nächste Bild“ sind störend). Das Einfachste ist es, wenn der Lehrer entweder vor den Bankreihen, nahe der Projektionsfläche oder noch besser ungefähr in der Mitte des Saales, unterhalb des Lichtkegels, seinen Platz einnimmt und durch jedesmaliges Aufklopfen mit einem Stabe das Zeichen

---

\*) Die Laternbilder für die jeweilige Vorführung sollen einige Zeit vorher in den Saal gebracht werden, damit sie die Zimmertemperatur annehmen; kalte Bilder beschlagen sich während der Projektion, was sehr störend ist.

\*\*) Ist es durch keine Verstellung der Lampe zu erreichen, daß das Bild gleichmäßig scharf und gut begrenzt wird, so ist die Winkelöffnung des Objektivs gegenüber dem benützten Kondensator zu klein, es muß also ein anderes Objektiv (oder ein anderer Kondensator) angewendet werden (Frick).



zum Bilderwechsel gibt. Mit dem Stabe läßt sich auch sehr gut bei der Erklärung auf Details im Bilde in der Weise zeigen, daß man das Schattenbild des Stabes an der Projektionswand als Zeiger benützt. In großen Instituten und Vortragssälen wird häufig ein **elektrischer Zeichengeber** verwendet, dessen Taster am Pulte des Vortragenden befestigt oder als „Birntaster“ von ihm in der Hand gehalten wird; am Skioptikon ist dann entweder eine kleine elektrische Klingel oder Schnarrvorrichtung angebracht, deren Schläge das Zeichen zum Bildwechsel geben, oder eine kleine Glühlampe, welche nur, wenn der Vortragende den Strom schließt, durch Aufleuchten das Zeichen erteilt;\*) solche optische Signale sind für Vorträge am meisten zu empfehlen, für Schulen sind sie sehr wohl zu entbehren.

Der **Unterricht unter Verwendung des Skioptikons** verlangt es dringendst, daß der Lehrer die Bilder, die er vorführt, genau kenne und daß er frei über sie spreche; hier ist also eine Leselampe, wie sie vielleicht bei Vorlesungen an Hochschulen oder bei öffentlichen Vorträgen benützt zu werden pflegt, vollkommen überflüssig. Für letztere Anwendung des Projektionsapparates wollen wir uns aller Ratschläge enthalten, sie würden über den Rahmen des Buches hinausgehen, wengleich gerade diese Benützung des Skioptikons heute schon eine überaus große und erfreuliche ist, da öffentliche Vorträge über Themen aus der Geographie, aus den Naturwissenschaften u. s. w. ohne Skioptikon fast undenkbar geworden sind. Wir verweisen in dieser Hinsicht auf die trefflichen Bemerkungen von Neuhaus.\*\*) Nur über die Art, wie Laternbilder in der Schule vorgeführt werden sollen, können wir uns nicht enthalten, einige Worte zu sagen, da darin öfters gefehlt wird. Es ist sehr zu vermeiden, eine große Zahl von Bildern nacheinander vorzuführen, vielleicht damit eine ganze Unterrichtsstunde auszufüllen; das Übermaß des Gesehenen wirkt unvermeidlich verwirrend auf die Schüler, ein Eindruck verwischt den vorigen und das Ergebnis einer solchen Vorführung ist ein ganz klägliches. Wenn schon aus irgend einem Grunde einmal eine ganze Lehrstunde mit einer Skioptikondemonstration ausgefüllt werden soll, dann wähle man nur Bilder, welche Dinge behandeln, die schon im früheren Unterricht erörtert worden sind, betreibe also

\*) Derartige „Zeichengeber“ in vollständiger Einrichtung, bestehend aus Trockenelement, Holzglocke, Taster und 10 m doppelter Leitungsdrähte liefert unter anderem die Firma Unger & Hoffmann zu Mk. 12.—, Leselampen mit einfacher Signalglocke zu gleichem Preise.

\*\*) Lehrbuch der Projektion, S. 116. — Einige sehr beherzigenswerte Winke für Projektionsabende in Vereinen etc. gibt Georg Winter (Lechners Mitt. fotogr. Inhalts von 15. Mai 1903); er rät, dem Beschauer genügend Zeit zum eingehenden Besichtigen des Projektionsbildes zu lassen, etwa  $\frac{3}{4}$  Minuten für ein Bild, die Zahl der Bilder für einen Abend nicht über 90 Stück zu wählen (für Unterrichtszwecke sollten in der Stunde höchstens 30—40 gezeigt werden) sowie bei Vortragsstellen, die durch kein Bild illustriert werden, eine Mattscheibe vor das Skioptikonobjektiv zu bringen, keinesfalls völlige Dunkelheit oder grelle Beleuchtung des Schirmes bei leerem Wechselrahmen eintreten zu lassen u. s. w.



hauptsächlich Wiederholung des Lehrstoffes und unter möglichst lebhafter Mitarbeit der Schüler an der Hand der vorgeführten Bilder, die dann natürlich derartig ausgewählt sein sollen, daß die Schüler sofort das Gesehene von selbst oder mit einiger Nachhilfe seitens des Lehrers auffassen. Im normalen Unterricht ist es am besten, wenn nur wenige, etwa 10—20 Bilder in einem Zuge gezeigt werden, aber vollständig zu dem eben in Besprechung befindlichen Thema passen, so daß also das Laternbild nichts anderes ist, als ein Ersatz für zum Unterricht gehörige Wandbilder. Gerade darin liegt eben der große Vorzug des Skioptikons als Lehrbehelf, daß eine fast unbegrenzte Zahl von Bildern dafür zur Verfügung steht, während die Zahl von guten Wandtafeln für die einzelnen Unterrichtsgebiete infolge ihres hohen Preises mehr oder weniger beschränkt ist. Wenn die Einrichtung des Skioptikonssaales geschickt gemacht ist und die Lehrstunden für alle Fächer, die das Skioptikon benutzen, dort abgehalten werden, dann wird man oft nur für einige wenige Bilder, selbst mehrmals während einer Lehrstunde, den Apparat in Tätigkeit setzen, die Bilder genau passend zum Unterricht vorführen und besprechen; dann wird das Skioptikon seine Aufgabe in der Schule vollständig und mit bestem Erfolge beim Unterricht erfüllen, zur Freude der Schüler und des Lehrers!

---



## II. Abschnitt.

# Besondere Einrichtungen an Projektionsapparaten.

## I. Das Projizieren von undurchsichtigen Gegenständen.

(Episkopische Projektion.)

Das Wesen dieses für manche Zwecke des Unterrichts sehr brauchbaren Verfahrens beruht darauf, daß entweder direkt oder meistens mit Hilfe eines Spiegels als Reflektor kleine Gegenstände sehr hell beleuchtet werden und infolge der teilweisen Reflexion der Lichtstrahlen an ihnen durch die Wirkung des Objektivs vergrößert an der Wand abgebildet werden. Da die Projektion im auffallenden Lichte geschieht, heißt sie „episkopisch“ und derartige Apparate werden als Episkope, auch Megaskope bezeichnet. \*) Es ist sofort klar, daß die Projektion eigens eingerichtete Vorbaue an dem Skioptikon für Aufnahme des Spiegels und des zu projizierenden Gegenstands voraussetzt und nur dann gut gelingen kann, wenn eine sehr kräftige Lichtquelle zur Verfügung steht; bei der Reflexion an sehr unebenen, besonders an ziemlich dunklen Objekten geht ja der größte Teil des Lichtes durch das nach allen Seiten hin stattfindende Zurückwerfen verloren und nur ein kleiner Teil des diffusen Lichtes (bis zu einem Hundertstel) gelangt in das Objektiv, also zur Wirkung. Man verwende die episkopische Projektion nur mit Hilfe von elektrischem Bogenlichte, bei mindestens 25 Amp. Stromstärke und mit sehr lichtstarken Objektiven. Alle anderen Lichtquellen sind zu schwach und geben daher nur ganz kleine Bilder an der Wand von höchstens  $\frac{1}{2}$  m Durchmesser, sind also ganz unbefriedigend. Einige Erzeuger haben zwar für ihre Skioptikons mit Glühlicht oder mit Kalklicht auch Episkopeinrichtungen angefertigt und empfehlen sie natürlich ange-

---

\*) Der Name „Epidiaskop“, wie ihn unter anderen die Firma Zeiss, Jena, ihrem vorzüglichen Apparate gibt, bedeutet, daß er sowohl für episkopische Darstellung wie für diaskopische (im durchfallenden Lichte), also für Diapositive und durchsichtige Präparate in horizontaler Lage brauchbar ist. — Von ähnlicher Bedeutung ist die Bezeichnung „Megadiaskop“ des Instruments von Max Kohl in Chemnitz.



legentlich, wenngleich ihre Wirkung eine mehr als bescheidene und für den Unterricht ungenügende sein muß.

Da ein Episkop am Skioptikon natürlich auch gestattet, irgendwelche Bilder in Büchern, Ansichtskarten u. s. w. direkt zu projizieren, wodurch die kostspieligen oder umständlich herzustellenden Laternbilder überflüssig werden, so scheint seine Anwendung gerade für Unterrichtszwecke besonders verlockend. Wir warnen jedoch dringendst vor billigen Apparaten dieser Art! Wirklich leistungsfähige Episkopeinrichtungen sind teuer und die Anwendung einer sehr starken Bogenlampe bedingt sehr hohe Kosten für den elektrischen Strom (K 3 bis 8 für die Brennstunde); dies wird häufig übersehen und die scheinbare Ersparnis in der Beschaffung von Laternbildern wird durch die sehr beträchtlichen dauernden Betriebsauslagen mehr als wett gemacht. Eine gute Episkopeinrichtung mit starker Lichtquelle leistet jedoch im Unterricht gewisser Fächer, insbesondere der Naturgeschichte, Anatomie, Warenkunde u. s. w. vortreffliche Dienste, so daß ihre Anschaffung für gut dotierte Schulen wärmstens empfohlen werden kann.

Die schönsten Projektionen dieser Art ergeben die nach Lippmanns Verfahren hergestellten Aufnahmen in natürlichen Farben, weil ihre Silberschichten eine sehr vollständige Reflexion des Lichtes gestatten; dazu sind besondere Einrichtungen notwendig, die für Schulen kaum in Betracht kommen dürften. Wir beschränken uns daher auf die Erwähnung dieser besonderen Projektion und verweisen auf ihre ausführliche Beschreibung durch Neuhauss\*), welcher auch die früher benützten Einrichtungen für Episkope, sogenannte „Wunderkamas“, schildert.

Nicht jedes Projektionsobjektiv ist für ein Episkop gut brauchbar, die meisten sind nicht lichtstark genug; man muß also für diesen besonderen Zweck ein möglichst lichtstarkes Objektiv, mit einem Öffnungsverhältnisse von 1 : 4 bis 1 : 5 anwenden, wie sie besonders die ausgezeichneten Systeme „Planar“ und „Unar“ der Firma Zeiss in Jena besitzen, deren Brennweiten je nach Größe zwischen 160 und 305 mm liegen.\*\*\*) Bei Benützung von Gleichstrombogenlampen von 30 bis 50 Amp. Stromstärke gestatten sie noch 10—15fache Vergrößerung der Naturobjekte, bei Projektion von Schwarz-Weißbildern oder hellen Photographien sogar stärkere Vergrößerungen. Da man meistens mit Objektiven von mittlerer Brennweite (die auch billiger sind) arbeitet, so muß natürlich für solche Projektionen der Apparat dem Schirm ziemlich genähert werden; soll er aber an seinem

\*) l. c. S. 86.

\*\*) Die Preise der „Planare“ (Ia Nr. 11—13) von 160, 205 und 250 mm Brennweite belaufen sich samt Rohrstützen auf Mk. 220.—, 310.— und 430.—, die der „Unare“ (I b. Nr. 6—8) von Brennweite 210, 255 und 305 mm auf Mk. 180.—, 260.— und 360.—. Diese Angaben sowie einige oben gemachte Mitteilungen sind dem „Preisverzeichnis über den großen Projektionsapparat“ der Firma Karl Zeiss in Jena (Filialen: Wien, IX. Ferstelg. 1, Berlin NW. Dorotheerstr. 29) entnommen.



Platze, nahe der Rückwand des Saales bleiben, dann muß man zu Objektiven mit langer Brennweite (250—300 *mm*) greifen; im ersteren Falle würde die Vergrößerung zu stark, d. h. die notwendige Helligkeit des projizierten Bildes zu gering. Stärkere Vergrößerung bei ausreichender Helligkeit ist nur möglich unter Anwendung eines Scheinwerfers ohne Kondensor, mit dem der große Apparat von Zeiss (Epidiaskop, siehe unten) ausgestattet ist.

Es scheint uns hier nötig, auf einen Punkt aufmerksam zu machen, der bei allen Arten von Projektion, schon bei der von Diapositiven und von undurchsichtigen Körpern, am meisten aber bei Mikroprojektion nicht außer acht gelassen werden darf, das ist die Notwendigkeit, daß jeder Beschauer, auch der entferntest von der Projektionswand sitzende, noch alle Details des Bildes genügend deutlich erkennen kann, oder, mit anderen Worten gesagt, sie noch unter einem ausreichend großen Sehwinkel zu beobachten vermag (bekanntlich ist der kleinste Sehwinkel, unter dem wir noch etwas zu erkennen vermögen,  $\frac{1}{2}$  Bogenminute). Man hat also bei allen Projektionen sehr auf die „wirkliche Sehweite“ der am weitesten vom Schirm Sitzenden Bedacht zu nehmen.

Den beiden Möglichkeiten, undurchsichtige Körper zu beleuchten, entsprechend, gibt es zwei Typen von Apparaten: 1. der aufrechtstehende Gegenstand (Illustration, Zeichnung etc.) wird durch Lichtquelle und Kondensor in parallelem oder etwas konvergentem Lichte unmittelbar beleuchtet und mittels des Objektivs abgebildet, welche Einrichtung zuerst „Megaskop“ genannt wurde; 2. das horizontal liegende Objekt wird mittels eines schräg gestellten Spiegels in parallelem Lichte beleuchtet, die von ersterem nach aufwärts zurückgeworfenen Strahlen geben mit Hilfe eines vertikal gestellten Objektivs und eines zweiten Spiegels das Projektionsbild; der Apparat heißt dann „Episkop“.

Die Einrichtung des **Megaskops** zur Projektion von undurchsichtigen Bildern und Gegenständen geht aus Fig. 115 hervor; es ist die Konstruktion, wie sie C. Reichert in Wien, seinem Instrument gibt. Da die Lichtverluste durch die Reflexionen an zwei Spiegeln wegfallen, gibt es weit lichtstärkere Bilder als das eigentliche Episkop. Natürlich muß beim Gebrauche der Vorrichtung der Projektionstisch oder mindestens das Skioptikon um fast  $150^{\circ}$  zur gewöhnlichen Stellung gedreht werden, so daß das Objektiv *L* gegen die Projektionswand gerichtet ist. Die damit zu projizierenden Bilder werden am besten in Rahmen gespannt, ebenso die sonstigen Objekte entsprechend montiert, um sie aufrecht an den Platz *Objt.* stellen zu können. (Der Apparat eignet sich auch zur Wiedergabe der oben erwähnten Lippmannschen farbigen Bilder.)

Den zweiten Typus, das eigentliche **Episkop**, stellt die Fig. 116, gleichfalls in der Einrichtung von C. Reichert dar; es wird an Stelle der gewöhnlichen Kamera für das Skioptikon direkt vor den Kondensor des Lampengehäuses gestellt; die Wasserkühlkammer kann entfernt werden oder



auch bleiben, in letzterem Falle hat man natürlich mit größerem Lichtverluste zu rechnen. Der Apparat gibt von den auf den Objektstisch *Objt.* ge-

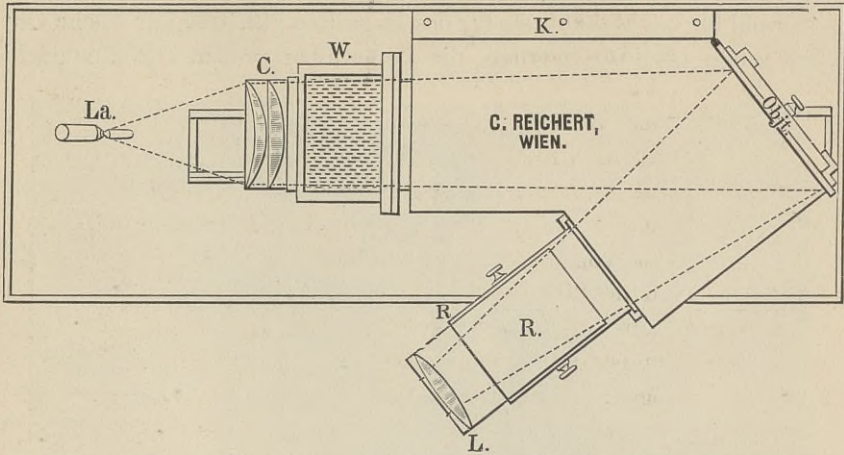


Fig. 115. Schema der Apparatanordnung im Megaskop von C. Reichert in Wien; *La* Lampen, *C* Kondensor, *W* Kühlkammer, *K* Kastenwand des Megaskops, *R* Einstellrohr, *L* Linse.

legten Gegenständen mit Hilfe des oben angebrachten Objectives und eines Reflexionsprismas schöne Bilder an der Wand.\*) Neuestens baut dasselbe Wiener Optische Institut unter Benützung ihrer früher besprochenen und abgebildeten (Fig. 64, S. 50)

Bogenlampe einen großen Universalprojektionsapparat, der durch einfache Umschaltungen für alle Arten der Projektion vorzüglich geeignet ist. Seine Abbildung Fig. 117 zeigt ihn in der Stellung für epidiaskopische Projektion, wobei die durchsichtigen Gegenstände auf den unter dem Spiegel  $S_2$  befindlichen Kondensorteil gelegt werden. Sollen undurchsichtige Objekte projiziert werden (also episkopisch), so werden sie auf den Tisch *T*

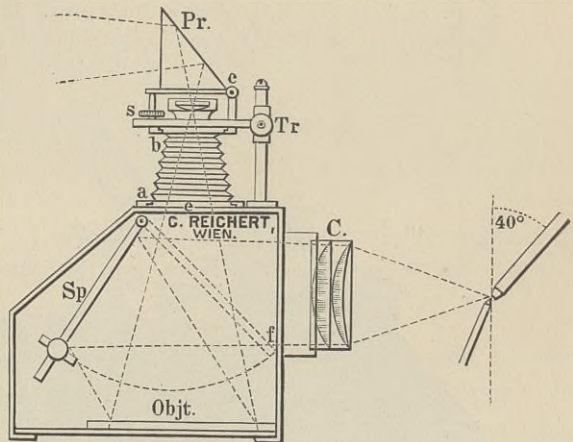


Fig. 116. Schema des Episkops von C. Reichert in Wien; (Bezeichnung z. T. wie in Fig. 115) *Sp* Beleuchtungsspiegel, *Tr* Triebsschraube für das Objektiv, *Pr* Reflexionsprisma.

\*) Die Megaskopeinrichtung der Firma C. Reichert in Wien (Fig. 115) kostet allein K 120.—, das Episkop (Fig. 116) K 200.— und liefert für die Bildgröße von  $8.5 \times 10$  cm bei 5 m Abstand vom Schirme und 25 Amp. Gleichstrom gute Bilder von etwa 1.5 m Durchmesser.



gelegt, der Spiegel  $S_1$  wird beiseite geschlagen und die Lampe  $L$  in schräge Stellung von etwa  $45^\circ$  Neigung gehoben, wodurch das Objekt unmittelbar kräftigst beleuchtet wird.

Sowohl für das Episkop als für das Megaskop gilt, daß nur solche Objekte wirklich schön projiziert werden, die keine allzu großen Tiefenunterschiede,

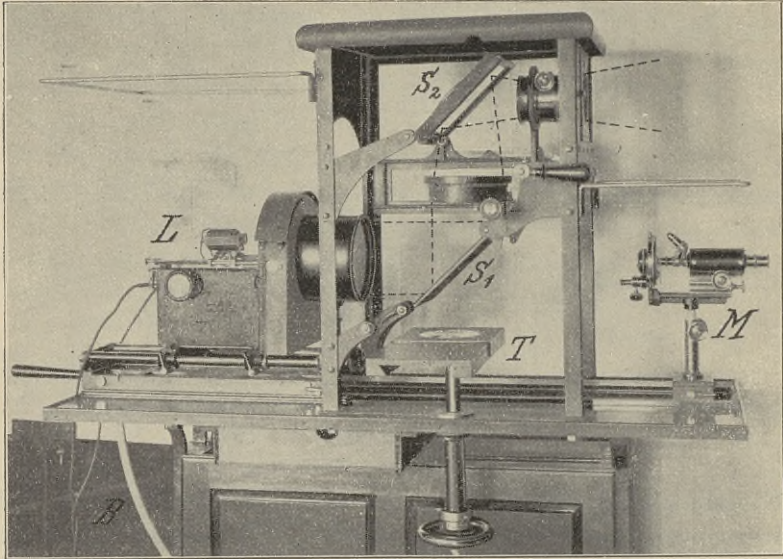


Fig. 117. Neuester Universal-Projektionsapparat von C. Reichert in Wien in der Stellung für diaskopisches Projizieren;  $L$  Bogenlampe,  $S_1$  und  $S_2$  Reflexionsspiegel,  $T$  Tisch für episkopische und  $M$  Mikroskop für mikroskopische Projektion.

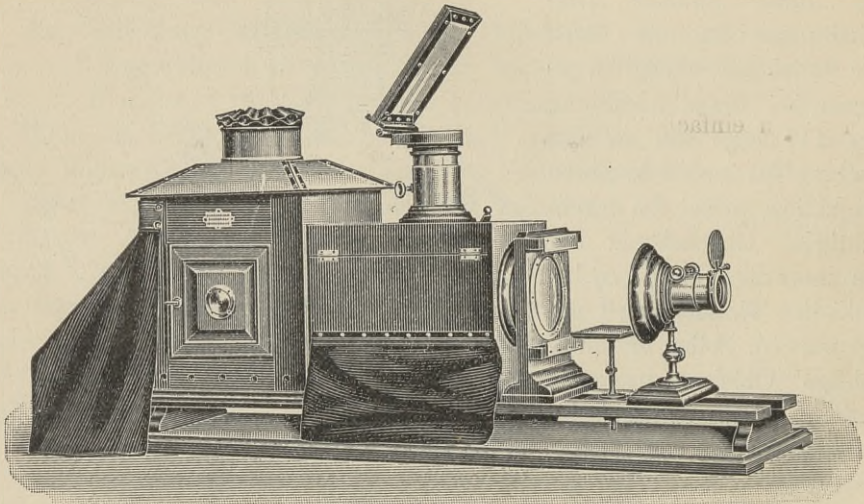


Fig. 118. Universal-Projektionsapparat von Ed. Liesegang in Düsseldorf mit eingeschaltetem Episkopkasten.



nur von 1 bis 2 cm aufweisen, also z. B. Insekten, kleine Kristalldrüsen, ziemlich flache anatomische Präparate, Versteinerungen u. s. w. Die Ursache ist aus der geringen Tiefenschärfe des Objektivs gegenüber dem sehr nahe gerückten Objekte ja leicht erklärlich. Durch Abblenden des Objektivs läßt sich zwar die Tiefenschärfe erhöhen, doch wird der Lichtverlust immer fühlbarer.

Eine ähnlich gebaute Vorrichtung wie das Reichertsche Episkop liefern auch E. Leybolds Nachfolger, in Köln a. R., unter dem Namen „Megaskop“, bestehend aus einem zu ihrem Projektionsapparat (siehe Fig. 183, S. 197), passenden Kasten mit zwei Spiegeln, Beleuchtungslinse, auf Gelenk beweglichem Prisma und Einstellvorrichtung für das Objektiv.\*)

Der „Universal-Projektionsapparat“ von Ed. Liesegang in Düsseldorf, der durch einfachen Bau, vielseitige Anwendbarkeit und billigen Preis sich aus-

zeichnet, kann durch Einschieben eines „Episkopkastens“, wie in Fig. 118 dargestellt, unter Benützung einer genügend starken Lichtquelle für episkopische Projektion dienen;\*\*\*) die Firma liefert auch besonders lange Episkopkästen für sehr große Objekte (siehe Fig. 101, S. 77). — Der Episkopvorsatz von A. Krüss in Hamburg (Fig. 119) zeigt darin eine

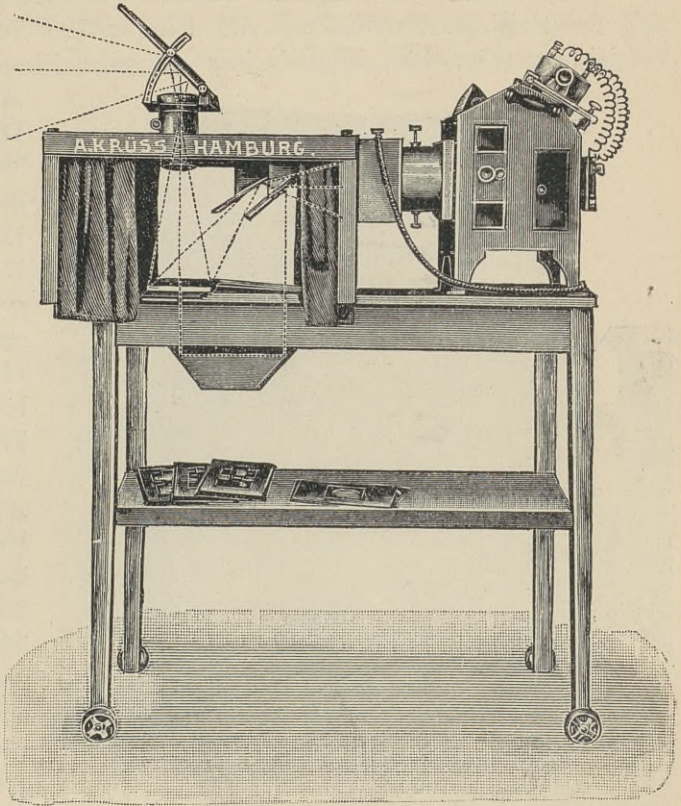


Fig. 119. Projektionsapparat von A. Krüss in Hamburg mit Schuckertscher Bogenlampe und Episkopvorsatz auf fahrbarem Tisch.

\*) Preis des „Megaskop“ von E. Leybold ohne Lampe und Kondensator Mk. 250.— dazu das Projektionsobjektiv „Summar“ (f:4, Brennweite 250 mm) Mk. 350.—

\*\*\*) Preis des „Universal-Projektionsapparates“ von Ed. Liesegang in Düsseldorf, (Grundapparat) Mk. 472.—, des kleinen Episkopkastens (Fig. 118) Mk. 230.—, des großen (siehe Fig. 101, S. 77) Mk. 315.—.



Abweichung von anderen Einrichtungen, daß das Licht zuerst durch einen nahe dem Kondensator befindlichen Spiegel reflektiert und auf das auf dem Boden des Kastens liegende Objekt geworfen wird.

Sehr praktisch erscheint uns der neue „Epidiaskopvorsatz“ von Franz Schmidt & Haensch,\*) der jedem Skioptikon mit starker Lichtquelle (mindestens 30 Amp.) angeschoben werden kann; er zeichnet sich durch leichte Handhabung und kompendiöse Form aus. Die ganze Vorrichtung (Fig. 120) ist auf einer schweren Eisenplatte montiert und

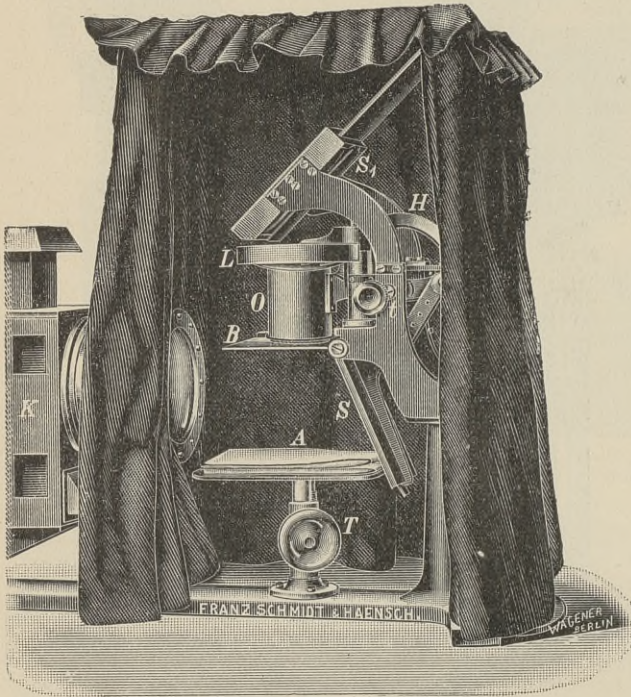


Fig. 120. Epidiaskopvorsatz von F. Schmidt & Haensch in Berlin, in der Stellung für episkopische Projektion (*K* Lampengehäuse mit Kondensator, *T* Schraube zum Verstellen des Tischchens *A*, *t* Trieb für das Objektiv; die übrigen Bezeichnungen im Texte).

mit dunklen, von einem Drahtgestell getragenen Vorhängen zur Verhinderung von seitlichem Lichtaustritt versehen. Der Strahlengang ist genau wie bei der schematischen Fig. 116; das undurchsichtige Objekt, bis zur Größe  $12 \times 12$  Zentimeter, wird auf das verstellbare Tischchen *A* gelegt und wird mit Hilfe des Spiegels *S* beleuchtet; über dem Gegenstand ist das Objektiv *O* angebracht, von dem die Lichtstrahlen auf den zweiten versilberten Spiegel *S*<sub>1</sub> gelangen, um von ihm auf den Schirm geworfen zu werden. Der Apparat gestattet, rasch zum Projizieren von durchsichtigen Objekten, wie Diapositiven (bis  $9 \times 12$  cm), überzugehen; der Objektisch wird gesenkt, der erste Spiegel vorgeschlagen und das an einem Charnier befestigte Objektiv durch eine leicht vorzuklappende Plankonvexlinse ersetzt

\*) Preis des Epidiaskopvorsatzes samt Petzval'schem Porträt-doppelobjektiv 240 mm Brennweite Mk. 630.—, des „Episkopvorsatzes“ (nur für episkopische Projektion) Mk. 505.—. Ein „Epidiaskop“ von anderer Art der Anbringung der wesentlichen Teile, für Diapositive, undurchsichtige Gegenstände, physikalische und chemische Experimente und für Mikroprojektion samt Objektiv, Gehäuse und Lampe liefern Franz Schmidt & Haensch in Berlin, S. 42, Prinzessinnenstraße 16, zum Preise von Mk. 2000.—



(Stellung aus Fig. 121 ersichtlich). Die durchsichtigen Objekte finden ihren Platz auf der Linse *L*. — Eine etwas billigere Ausführung des Apparates, genannt „Episkopvorsatz“, dient ausschließlich zur Wiedergabe von undurchsichtigen Gegenständen.

Die Projektion von undurchsichtigen Objekten ermöglicht in gleicher Weise die Vorrichtung, welche die Firma Karl Zeiss in Jena ihrem großen Projektionsapparat beigibt (Fig. 122);\* für das Projizieren von durchsichtigen Objekten muß jedoch eine besondere Vorrichtung benützt werden. Alle

wesentlichen Teile des Apparates sind auf Trägern mit  $\wedge$ förmigem Fuß zum Aufsetzen auf die Führungsleiste der optischen Bank eingerichtet. — Leistungsfähiger, für Episkopprojektion sowie für Mikroprojektion bei mäßiger Vergrößerung brauchbar und infolge der Anwendung eines Scheinwerfers von größter Lichtstärke, ist das „Epidiaskop“ von der optischen Anstalt Karl Zeiss, Jena; hingegen eignet es sich infolge des Fehlens einer optischen Bank fast nicht für physikalische Versuche und nicht für Projektion mikroskopischer Präparate bei starken Vergrößerungen (auch nicht für Mikrophotographie), so daß der „Große Projektionsapparat“ derselben Firma für Schulzwecke weit mehr zu empfehlen ist. Das teure Epidemiaskop\*\*)

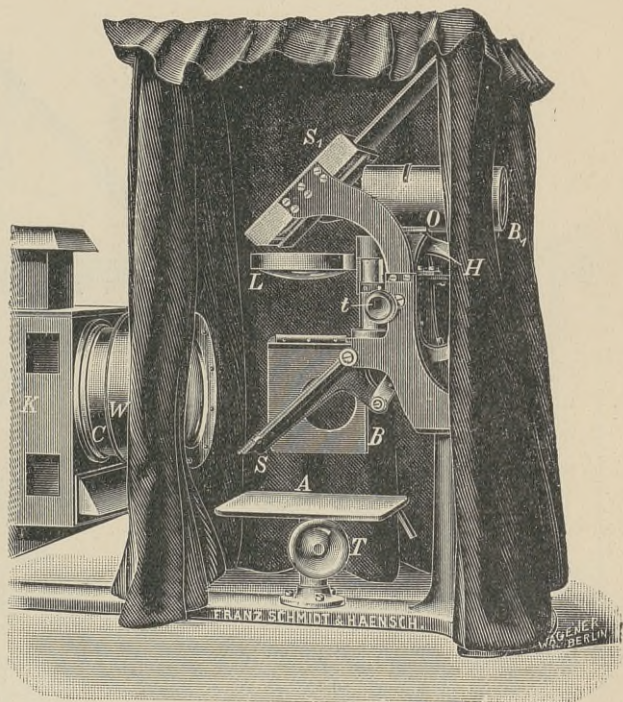


Fig. 121. Epidemiaskopvorsatz von Schmidt & Haensch in der Stellung für diaskopische Projektion, z. B. von Laternenbildern; das Objektiv ist nun nach oben geschlagen.

\*) Preis des Zeiss'schen „Apparates zur Projektion mit auffallendem Licht“ samt Reiter für das Tischchen, ohne Objektiv, in der Größe I für Objekte von 16 cm Durchmesser Mk. 140.—, Größe II für größere Objekte bis 22 cm Durchmesser Mk. 160.—; als Objektive dienen „Planare“ oder „Unare“ (siehe Fußnote S. 97). Bei hoher Stromstärke ist eine etwa 10fache Vergrößerung gut zu erreichen.

\*\*) „Epidiaskop“ von Zeiss in Jena in vollkommenster Ausführung für 50 Amp. Gleichstrom Mk. 1325.—; dazu als Objektiv „Planar“ (Mk. 430.—); Widerstand für Netzspannung von 110 Volt und Stromstärke von 50 Amp. Mk. 160.—.



Zwecke an Hochschulen (z. B. zur Vorführung von anatomischen Präparaten) oder bei öffentlichen Vorträgen zur Anwendung gelangen. Es können damit Gegenstände bis zu 30 *cm* Breite benützt werden, bei denen eine kreisförmige Fläche von 22 *cm* Durchmesser zur Abbildung kommt; unter Verwendung des großen Scheinwerfers mit 50 Amp. Stromstärke liefert der Apparat bei episkopischer Projektion noch 37-fache Vergrößerung, bei Diapositiven natürlich eine weit höhere. Der Apparat läuft auf Rädern, am

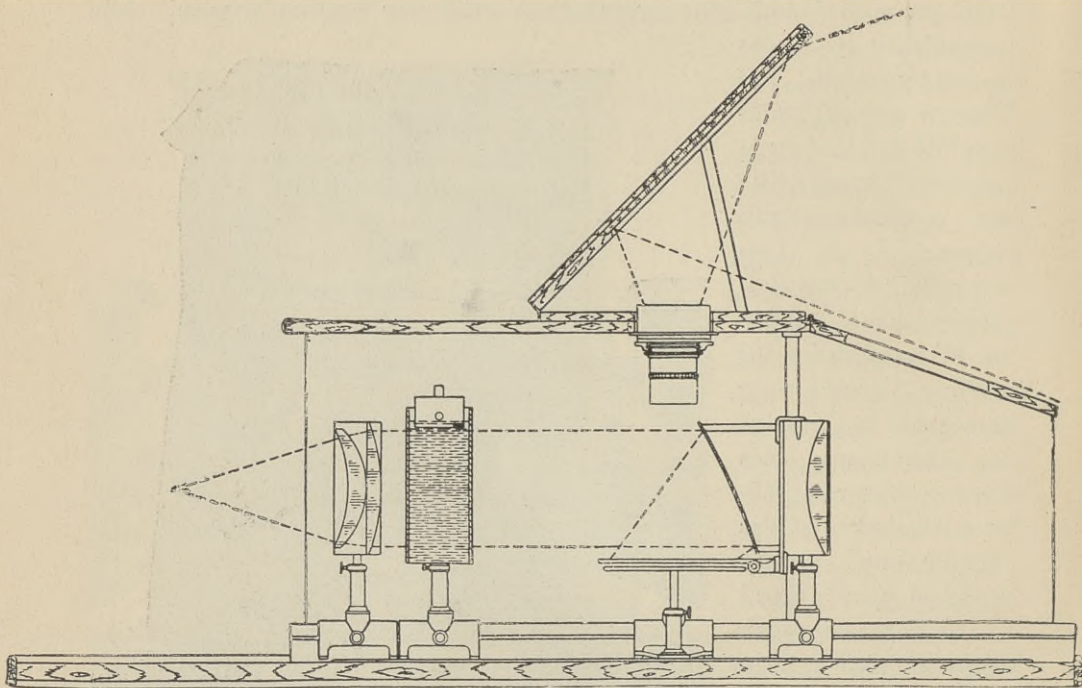


Fig. 122. Schema der Einrichtung des „Großen Projektionsapparates von C. Zeiss in Jena für Projektion im auffallenden Lichte ( $\frac{1}{10}$  nat. Gr.).

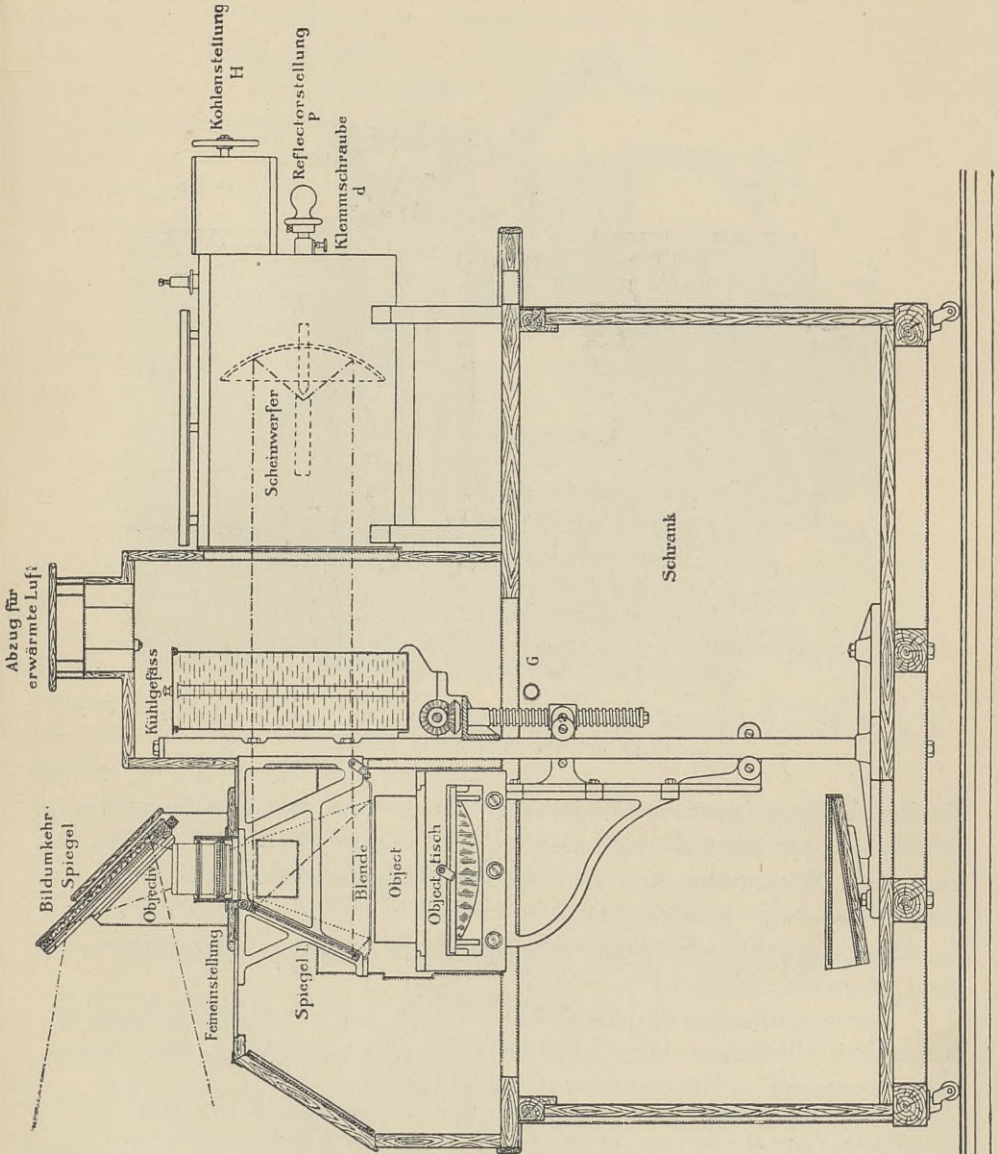
besten in Schienen, und kann 4—9·5 *m* vom Schirm entfernt sein. Wir haben das Epidiaskop der Vollständigkeit wegen erwähnt und bilden es ab (Fig. 123 in schematischer Darstellung und früher S. 80, Fig. 104 in der äußeren Ansicht), verzichten jedoch auf eine ausführliche Beschreibung.

Unter den großen Apparaten für den in Rede stehenden Zweck muß endlich noch das „**Megadiaskop**“ von Max Kohl in Chemnitz hervorgehoben werden (Gesamtansicht auf S. 79, Fig. 103), welcher alle für den Unterricht wertvollen Anwendungen eines Projektionsapparates zuläßt und mit einfachen Einrichtungen versehen ist, um in kürzester Zeit von einer Art der Projektion zu anderen überzugehen. Wie beim Zeißschen Epidiaskop dient als Lichtquelle eine selbstregulierende Bogenlampe für Gleichstrom, deren positive Kohle horizontal liegt und ihren leuchtenden Krater dem hinten angebrachten parabolischen Hohlspiegel zuwendet (siehe Fig. 65,



Fig. 123. Schematische Darstellung des „Epidiaskops“ von C. Zeiss in Jena in der Stellung für Projektion bei auffallendem Lichte.

Für Projektionen im durchfallendenLichte wird der Spiegel I bis an die Kastenvand zurückgesehoben (nach links), das Licht fällt dann von ihm steil nach abwärts auf den ganz unten befindlichen Spiegel samt Rauchglas, von hier vertikal empor durch die horizontale Planconvexlinse und das darauf gelegte durchsichtige Objekt zum Objektiv.





S. 51), der alles vom Lichtbogen ausgehende Licht als paralleles Strahlenbündel gegen den Kondensator wirft, wodurch ein außerordentlicher Lichtgewinn erzielt ist, so daß bei einer Stromstärke von 25 Amp. sich noch eine ausreichende Helligkeit bei episkopischer Projektion ergibt.\*) An dem Apparate sind zwei Objektive vorgesehen, eines mit kürzerer Brennweite für die Wiedergabe von Diapositiven, welche am besten 40-fach vergrößert etwa in der Größe  $3 \times 3 m$  an der Wand erscheinen, das zweite mit langer

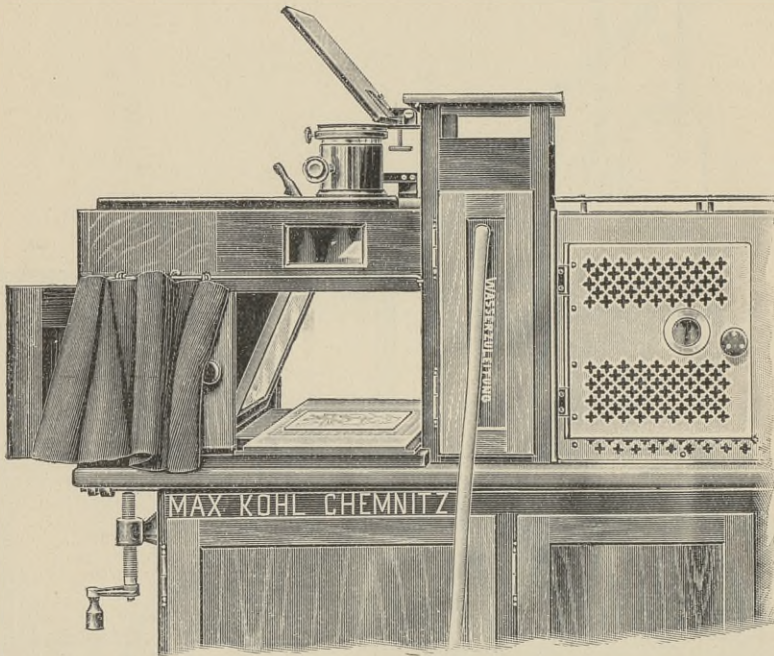


Fig. 124. Einrichtung des „Megadiaskops“ von Max Kohl in Chemnitz für Projektion im auffallenden Lichte.

Brennweite für episkopische Projektion, hier eine etwa 20-fache Vergrößerung bewirkend; der Apparat kann also stets auf seinem Platze bleiben, für die genannten Wirkungen etwa in einer Entfernung von 8 bis 10 *m* von der Projektionswand. Endlich darf der wesentlich niedrigere Preis des ganzen Apparates, gerade vom Standpunkte seiner Benützung in der Schule aus, nicht unerwähnt bleiben.\*\*)

Das Megadioskop ist auf einem Schrank aus Eichenholz aufmontiert, dessen drei Abteilungen zur Aufnahme der abnehmbaren Apparateile dienen.

\*) Die Verwendung einer Stromstärke von nicht über 25 Amp. läßt einen nicht zu kostspieligen Vorschaltwiderstand zu und der Betrieb stellt sich auch nicht zu teuer.

\*\*) Das gesamte Megadioskop (ohne Einrichtung für Mikroprojektion, Spektral- und Polarisationsversuche) kostet mit Voigtländers „Heliar“ (Brennweite 260 *mm*) für episkopische Projektion Mk. 1110.—, mit Zeiss „Planar“ Nr. 13 (250 *mm*) Mk. 1280.—.



Seine Kondensorlinse hat 122 mm Durchmesser; eine Wasserkühlkammer mit stetigem Zu- und Abfluß sorgt für die teilweise Abhaltung der Wärmestrahlen. Aus dem Fußbrette läßt sich eine lange optische Bank, durch ein Stativ vorne getragen, im Falle der Benützung für physikalische Versuche hervorziehen (über die Verwendung des Apparates in dieser Hinsicht siehe S. 196). Die Anordnung der Apparateile für die Projektion von horizontal-liegenden undurchsichtigen Objekten ist die übliche und geht aus Fig. 124 hervor. Durch Umstellung des Spiegels und Anbringen einer Kondensorlinse samt Projektionsobjektiv und Umkehrspiegel auf dem Vorderteile des Apparates ist er für die Wiedergabe von durchsichtigen Objekten in horizontaler Lage zu gebrauchen. Endlich gestattet er die Vorschaltung eines Projektionsmikroskops, worüber an anderen Stelle (S. 119) berichtet wird.

Zum Schlusse möge noch der von R. Fuess in Berlin-Steglitz gebaute billige Apparat zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände (Fig. 125\*) genannt sein, dessen Wirkungsweise aus der Abbildung ersichtlich ist. Im Gebrauche wird er mit einer Lichtschutzvorrichtung aus schwarzen Stoffvorhängen ausgestattet. Durch geeignete Umstellung, Herabklappen des in der Figur links oben sichtbaren Spiegels (in paralleler Lage zu *b*) und Entfernen der runden Platte des Objektisches (*o*), kann er für Projektion von durchsichtigen Objekten sofort benützt werden, wobei dann die von der Lampe kommenden Lichtstrahlen zunächst von dem erwähnten Spiegel nach abwärts auf den Spiegel *b*, weiter vom Spiegel *c* durch das Objekt zum Projektionsobjektiv (*PO*) geleitet werden.

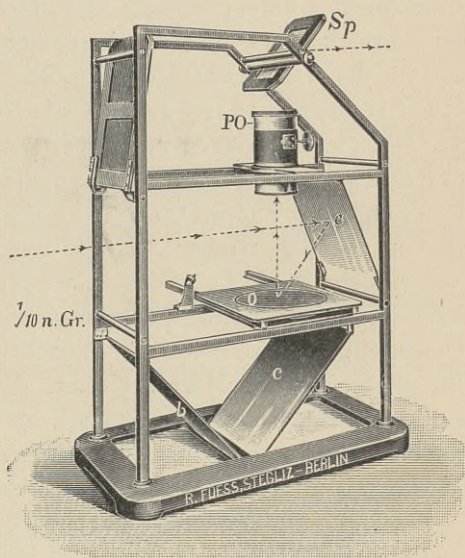


Fig. 125. Apparat für Projektion von undurchsichtigen Gegenständen von R. Fuess in Steglitz-Berlin.

## II. Unmittelbare Projektion mikroskopischer Präparate.

(Das Projektionsmikroskop.)

Im Unterricht der Naturgeschichte, vor allem auf der Oberstufe, der Anatomie, der Warenkunde an höheren Schulen u. a. bietet die Verwendung des Projektionsmikroskops oder eines für diesen Zweck geeigneten

\*) Preis des Apparates, für jeden größeren Projektionsapparat als Vorsatz zu gebrauchen Mk. 200.—, Lichtschutzvorrichtung dazu Mk. 25.—.



Ansatzes für das gewöhnliche Skioptikon sehr große Vorteile. Sie ist jedoch weit umständlicher als jede der anderen Benützungswesen eines Projektionsapparats, sie stellt große Anforderungen an die Geschicklichkeit, Geduld und Ruhe des Operierenden, auch an die Ruhe der Zuschauer, wenigstens dann, wenn feine Details an den Präparaten bei starken Vergrößerungen gezeigt oder gar, wenn mikrochemische Reaktionen, die sich vortrefflich durchführen lassen, zur Anschauung gebracht werden sollen. Die Mikroprojektion stellt aber auch die höchsten Anforderungen an das Instrument. Hier gilt noch mehr als bei der episkopischen Projektion das dort Hervorgehobene: nur bei Verwendung einer sehr kräftigen Lichtquelle, einer ausgiebigen Kühlvorrichtung und guter Mikroskopsysteme wird die unmittelbare Projektion von mikroskopischen Gegenständen befriedigend gelingen und für den Unterricht den beabsichtigten Nutzen verbürgen. Wo diese unerläßlichen Bedingungen nicht zutreffen, verzichte man auf die direkte Mikroprojektion und begnüge sich mit der Vorführung von guten Mikrophotogrammen in der Form von Laternbildern mittels des gewöhnlichen Skioptikons,\*<sup>)</sup> sie sind in ziemlich reicher Auswahl und tadelloser Ausführung im Handel zu haben (siehe S. 171 f), vielleicht wird auch mancher Lehrer die Mühe nicht scheuen, sich mit Mikrophotographie zu beschäftigen und die ihm für den Unterricht wünschenswerten Diapositive selbst anzufertigen; die Sache ist für einen geübten Mikroskopiker, der mit photographischen Arbeiten ein wenig vertraut ist, nicht allzu schwer und es reicht dazu ein verhältnismäßig einfaches Instrumentarium aus, dessen Anschaffung in gar keinem Verhältnisse zu den hohen Kosten eines Mikroprojektionsapparates steht.\*\*<sup>)</sup>

**Anzuwendende Vergrößerung.** Bei der Anschaffung eines Mikroprojektionsapparates und nicht minder bei seiner Benützung muß man sich klar werden, welche Vergrößerung für die im Unterricht zu verwendenden Objekte nötig ist, um an dem Wandbilde alles das deutlich erkennen zu lassen, auf was es bei jedem Präparate ankommt. Dies

\*<sup>)</sup> Siehe darüber: K. Hassack, Mikrophotogramme als Laternbilder in „Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagog. Literatur“, Wien 1906, II. Jahrg. Nr. 10, und Oskar Zoth, Vorteile von Mikroprojektion und Mikrophotogramm in „Laterna magica“ 1900, Bd. XVI, 1. Heft. — Auch R. Neuhauss empfiehlt in seinem oft zitierten Werke, S. 110, vor allem die Projektion von Mikrophotogrammen.

\*\*<sup>)</sup> Die Besprechung der betreffenden Arbeitsweisen fällt außer den Rahmen unseres Buches; wir begnügen uns, den Interessenten die einschlägige Literatur anzugeben: Karl Kaiserling, Lehrbuch der Mikrophotographie; Berlin, Gust. Schmidt, 1903 (K 4.80). — Marktanner-Turneretscher, Die Mikrophotographie als Hilfsmittel naturwissenschaftl. Forschung (K 9.60). — R. Neuhauss, Lehrbuch der Mikrophotographie, III. Aufl., Leipzig, Hirzel, 1907 (K 9.60). — Stenglein und Schultz-Henke, Anleitung zur Ausführung mikrophotogr. Arbeiten (K 4.80). — Benno Wandolleck, Mikrophotographie für Liebhaberphotographen; Dresden, „Apollo“-Verlag, 1903 (K 1.20). — Ingen. Fr. Welleba, Anleitung zur Mikroskopie und Mikrophotographie für Anfänger; Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1907 (K 2.50).



lehrt die subjektive Beobachtung der einzelnen Präparate unter dem Mikroskop; die hier zur Erkennung der Einzelheiten notwendige Vergrößerung, die „subjektive Vergrößerung“<sup>\*)</sup> (für die normale Sehweite von 25 cm) ist natürlich entscheidend für die mittels des Projektionsapparates zu erzielende Vergrößerung unter Berücksichtigung der „wirklichen Sehweite“, d. h. der durchschnittlichen Entfernung der Beschauer von der Projektionswand. Aus ihr wird sich unschwer die „objektive Vergrößerung“, d. i. das Verhältnis zwischen dem Durchmesser des projizierten Bildes an der Wand und der wirklichen Größe des Objektes, ermitteln lassen; dafür sind entscheidend die Stärke (vergrößernde Wirkung) des zu benützensden Projektionssystems und seine Entfernung von der Projektionswand, die wir „Bildweite“ nennen wollen.<sup>\*\*)</sup> Beträgt z. B. die Bildweite 1 m, also das vierfache der normalen Sehweite (25 cm) bei subjektiver Beobachtung, so wird die objektive Vergrößerung viermal so groß sein müssen, weil die Sehweiten den Vergrößerungen direkt proportional sind. (Die einfache Regel zur Bestimmung der objektiven Vergrößerung ist: man multipliziere die in Metern gemessene Entfernung des Projektionsystems von dem Schirm mit 4 und weiters mit der für jedes System von den Optikern angegebenen Vergrößerungszahl.)

Einige Anhaltspunkte werden die in folgender Tabelle angeführten Beispiele geben:

Notwendige subjektive Vergrößerung	Lineare Vergrößerung des Objektes an der Wand bei Bildweiten von:			
	2 m	3 m	5 m	8 m
10fach	80fach	120fach	200fach	320fach
25 "	200 "	300 "	500 "	800 "
50 "	400 "	600 "	1000 "	1600 "
100 "	800 "	1200 "	2000 "	3200 "
200 "	1600 "	2400 "	4000 "	6400 "

Die Mikroskopansätze können mit einfachen Objektiven allein oder in Kombination derselben mit geeigneten Okularen ausgestattet sein. Aus obiger Überlegung und aus den Beispielen der Tabelle ergibt sich, daß für die Mikroprojektion die geringen subjektiven Vergrößerungen bis höchstens etwa 150-fach noch mit Objektivsystemen allein durchgeführt werden

\*) Der Ausdruck wird in der Beschreibung des „Großen Projektionsapparates C. Zeiss“ gebraucht, in welcher eine sehr sachgemäße Auseinandersetzung der Verhältnisse bei Mikroprojektion gegeben ist, die wir auszugsweise bei obiger Darlegung benützen.

\*\*) Genau genommen, müßte die Messung der „Bildweite“ vom Schirm bis zum hinteren Brennpunkte des Projektionsobjektivs oder des ganzen Projektionssystems (Objektiv und Okular) erfolgen; es genügt, bis zur Ansatzfläche des Objektivgewindes, bei Benützung eines Okulars bis zur dessen Augenlinse zu messen.



können, während bei stärkeren Vergrößerungen ein Okular mitverwendet werden muß. (Die billigen Apparate besitzen nur einige Objektivsysteme, ohne Okular). Die gegebenen Auseinandersetzungen lassen aber auch eine ungefähre Gruppierung der in Betracht kommenden mikroskopischen Objekte zu, ebenso das Gewinnen eines Urteiles über die von einzelnen Firmen gelieferten Einrichtungen für Mikroprojektion:

1. Gruppe: Für kleine Insekten oder für Teile von größeren Tieren (Kopf eines Bandwurmes, Mundwerkzeuge der Biene u. ähnl.), für Querschnitte von Hölzern als Übersichtspräparate sind subjektive Vergrößerungen von 10 bis 25-fach ausreichend;

2. Gruppe: Objekte von mittelfeiner Struktur für etwa 50—200-fache Vergrößerung (Schnitte von Hölzern und Knochen, Kapillargefäße in verschiedenen Geweben, Spinnfasern u. s. w.);

3. Gruppe: Präparate für 250—500-fache subjektive Vergrößerung (Zellgewebe und Zellinhaltsstoffe, die meisten Präparate von Nahrungs- und Genußmitteln, auch noch Blutkörperchen u. ähnl.);

4. Gruppe: Sehr kleine Objekte und feinste Strukturen besitzende, für Vergrößerungen von 600 bis 1000-fach.

Was noch stärkere Vergrößerung, also bei okularer Betrachtung die Anwendung von Immersionssystemen erfordert (Bakterien, Kieselalgen mit feinsten Strukturen u. ä.), ist für die objektive Darstellung mittels des Mikroprojektionsapparates überhaupt nicht geeignet, dazu muß man unbedingt Mikrophotogramme als Laternbilder benutzen.

Was die erste Bedingung für mikroskopische Projektion, die **Lichtquelle**, betrifft, so reicht für die erste Gruppe von Objekten noch Kalklicht aus, für die zweite kaum mehr, wenn das projizierte Bild mit 1—1·5 *m* Durchmesser gewählt wird. Für die drei anderen Gruppen von Präparaten ist nur eine elektrische Bogenlampe brauchbar, und zwar für Gruppe 2 solches mit 8—20 Amp. Stromstärke (Gleichstrom), für die dritte Gruppe sind Lampen mit 20—30 Amp., für die letzte sogar solche mit 30—50 Amp. erforderlich. Natürlich muß dabei noch die Größe der Projektionsfläche, also die Entfernung des Projektionsapparates von ihr berücksichtigt werden. Jedenfalls soll man, auch bei Benützung stärkster Lichtquellen, über eine 5000-, höchstens 6000-fache objektive Vergrößerung nicht hinausgehen und muß immer im Auge behalten, daß die Beschauer der vorgeführten Objekte im normalen Lehrzimmer sich mindestens 2—3 *m*, die Rückwärtssitzenden vielleicht 8—10 *m* vom Projektionsbilde entfernt befinden, so daß sie trotz der scheinbar außerordentlichen Vergrößerung feinere Details nicht mehr wahrzunehmen vermögen. Die Schüler einer Klasse aber mit Operngläser zu versehen, dürfte kaum angehen, wäre auch ziemlich kostspielig!

Für Mikroprojektion leistet nur eine Bogenlampe mit Handregulierung, wie wir sie überhaupt auch für andere Zwecke der Projektion vorziehen, die besten Dienste; sie gestattet sehr genaue Zentrierung



und die sachgemäße Ausnützung des Lichteffekts, freilich erfordert das Nachstellen der Kohlen eine gewisse Aufmerksamkeit und muß hier mit größerer Sorgfalt geschehen, als bei anderen Benützungen der Lampe. Auch soll die Lampe leicht nach vor- und rückwärts verschiebbar sein, um ihr beim Wechsel der Vergrößerung und namentlich bei Benützung des Abbeschen Beleuchtungsapparates die geeignetste Stellung geben zu können.

Ein unerläßliches Erfordernis für die Mikroprojektion bildet die **Wasserkammer**; bei ganz schwachen (Lupen-)Vergrößerungen, wie sie den als erste Gruppe aufgeführten Objekten entsprechen, genügt die Einschaltung einer mit kaltem Wasser gefüllten Kivette zwischen Objektisch und Kondensator oder einer kleinen Kammer mit Wasserdurchfluß (wie z. B. bei Fig. 126); natürlich muß sie planparallele Wände haben. Bei allen stärkeren Vergrößerungen muß eine mindestens 10—20 cm dicke Kühlkammer zwischen Kondensator und Objektisch eingeschaltet sein (wie in Fig. 135), am besten eine solche mit konstantem Wasserdurchfluß. Der vom Kondensator kommende Lichtkegel muß ja fast mit seiner Spitze das Objekt treffen und verursacht daher eine außerordentliche Erhitzung; ohne Wasserkühlung beginnt die Einbettungsflüssigkeit sofort zu kochen, Kanadabalsam schmilzt und das Präparat ist rettungslos verdorben. Ebenso besteht für die benützten Mikroskopobjektive mit ihren gekitteten Linsen die höchste Gefahr, welche selbst bei guter Kühlung nicht ganz vermieden wird, so daß man am besten von der Benützung sehr teurer Objektive (wie Apochromaten) absehen soll.

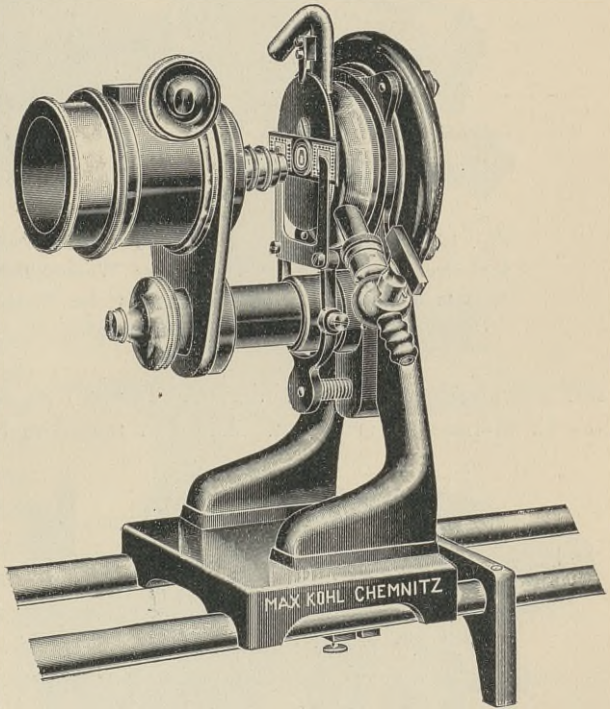


Fig. 126. Kleiner Mikroskopansatz von Max Kohl in Chemnitz mit Kühlkammer für Wasserdurchfluß.

Die seit einigen Jahren aufgelassene Firma S. Plöb1 & Komp. in Wien, welche als erste große Apparate für Mikroprojektion gebaut hat, gab ihren Wasserkühlkammern eine konische Form und versilberte sie innen; solche Kühlkammern gibt jetzt die Firma C. Reichert in Wien ihren großen Pro-



jektionsapparaten bei (Fig. 127). Nach unseren Erfahrungen, die wir durch eine lange Reihe von Jahren mit einem Plößschen Instrument gemacht haben, ist diese Form vorzüglich. Es genügt vollkommen, die Kühlkammer

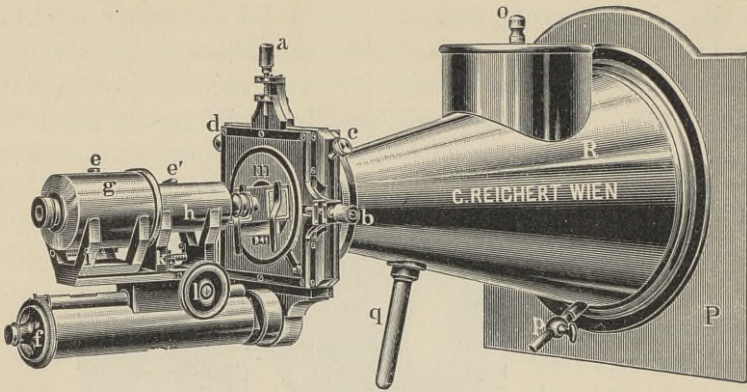


Fig. 127. Mikroskopansatz für den Großen Projektionsapparat von C. Reichert in Wien, mit konischer Wasserkühlkammer *R*. (Der ganze Vorsatz wird beim Gebrauche mittels der Platte *P* vor den Kondensor eingehängt.)

mit gut abgekochtem, destilliertem Wasser\*) zu füllen und die Füllung alle 6—12 Monate zu erneuern. Die von manchen Seiten empfohlene Alaun-

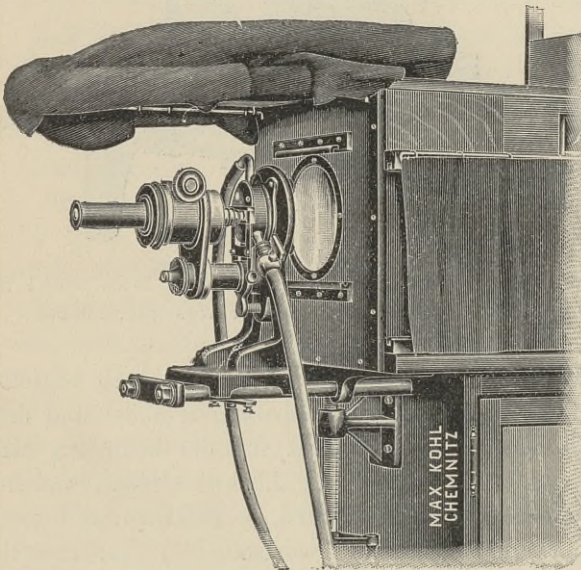


Fig. 128. Projektionsmikroskop auf Schlitten zum „Megadioskop“ von Max Kohl in Chemnitz, mit Zothschem Tischkühler.

lösung für die Kühlkammer hat, wie schon früher bemerkt, gar keinen Wert, weit besser ist nach Neuhauss eine schwach angesäuerte, 5%ige Lösung von Eisenchlorür, durch deren gelbe Farbe die Wärmestrahlen gut zurückgehalten werden sollen; natürlich geht dabei auch Licht verloren. Bei mäßiger Stromstärke (bis 10 Amp.) vermag auch der Zothsche Kühler mit Wasserzu- und -ablauf, der unter dem Objektische angebracht ist, genügende Kühlung

\*) Das Füllen der Kühlkammer wurde S. 16 ausführlich beschrieben.



zu geben; ein solcher ist der Mikroskopeinrichtung von Max Kohl in Chemnitz beigegeben (Fig. 128).

Das eigentliche **Mikroskop** besteht bei billigen Einrichtungen aus einem kleinen Objektische und einem horizontalen Träger für das Objektiv, das mittels einer Triebsschraube eingestellt werden kann. Eine einfache und sehr brauchbare Vorrichtung dieser Art ist der Mikroskopansatz von der Optischen Anstalt G. Rodenstock in München, welcher bei jedem Skioptikon an Stelle des gewöhnlichen Objektivs eingesetzt werden kann (Fig. 129)\*).

Für geringere Vergrößerungen reichen auch die Ansätze aus, wie Fig. 216 S. 226 ein Beispiel gibt. Für mittlere und starke Vergrößerungen benützt man entweder ein gewöhnliches Mikroskop mit umlegbarem Oberteil, das auf einer besonderen Fußplatte (mit oder ohne optischer Bank) befestigt wird, z. B. wie in Fig. 130, und das man in entsprechender Entfernung von der Kühlkammer anbringt, so daß der Strahlenkegel gerade die Objektischeöffnung deckt oder nur wenig darüber hinausreicht. Noch vorteilhafter ist es, wenn der Apparat mit einem besonderen Mikroskopstativ für Projektionszwecke versehen ist (wie in der Fig.

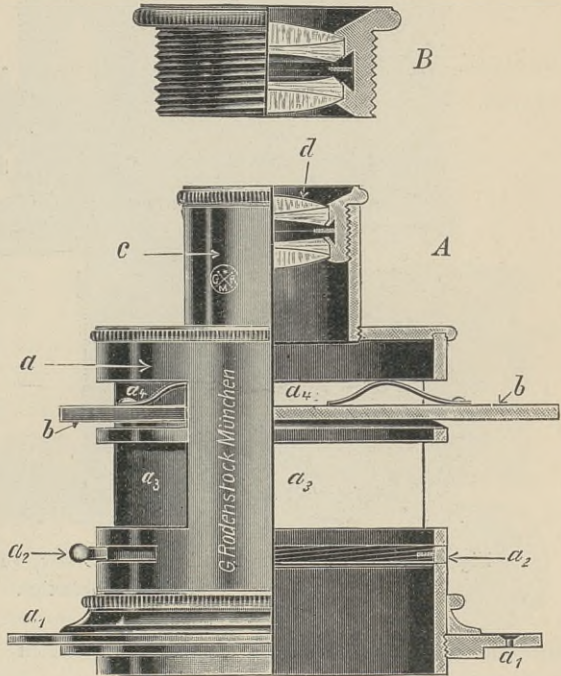


Fig. 129. A Ansatzkörper für Mikroprojektion mit aufschraubbarem Tubus von G. Rodenstock in München (*bb* Objektisch, bei *a<sub>3</sub>* Raum zum Einsetzen einer Kühlkammer); B das zugehörige Vergrößerungssystem.

128, 134 und 135); stets soll daran eine grobe Einstellung mit Zahn und Trieb und eine gute Mikrometerschraube für die feine Einstellung angebracht sein. Bei Apparaten, wo der Mikroskopträger mittels besonderem Fuße auf einer optischen Bank ruht, kann die grobe Einstellung auch durch Verschieben des ganzen Teiles erfolgen.

\*) Die Vorrichtung gestattet bis 1000-fache objektive Vergrößerungen; die Mikroskopsysteme bestehen aus symmetrisch zusammengesetzten Doppelobjektiven, deren Glieder sowohl für sich als in Kombinationen benützt werden können, so daß sich die Brennweiten zwischen 17 und 47 mm verändern lassen. Preis des ganzen Projektionsmikroskops Mk. 65.—, der Kühlkuvette, in die Fassung einzustecken, Mk. 5.—.



Benützt man nur Objektivsysteme für die Mikroprojektion, so werden sie meist an kurze Röhren als Tubus geschraubt und in einen ge-

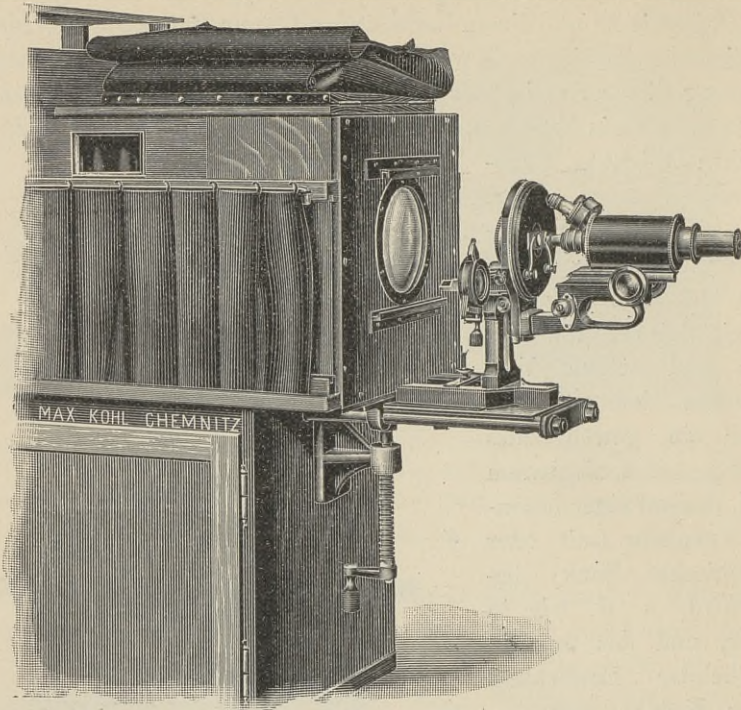


Fig. 130. Mikroskop mit umlegbarem Stativ, vor dem „Megadiaskop“ von M. Kohl befestigt.

eigneten Ring des Trägers eingesteckt; beim Wechseln der Vergrößerung muß ein anderer Tubus samt Objektiv eingeschoben werden. Weit besser und

bequemer ist es, wenn 2—4 Objektive mittels eines „Revolvers“ an dem kurzen Tubus befestigt sind (Fig. 131), so daß sich der Übergang von einer Vergrößerung zur anderen schnell vollzieht; auch die „Schlittenobjektivwechsler“ sind gut brauchbar, wie sie besonders das Zeisswerk erzeugt. Benützt man das Objektivsystem zusammen mit einem Okular, so soll der Tubus entsprechend weit sein (gewöhnliche Mikroskope sind daher wenig geeignet),

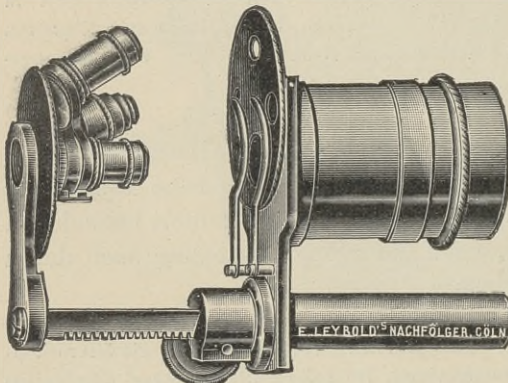


Fig. 131. Kleiner Mikroskopansatz zum Skiop-  
tikon mit Revolver für drei Objektive (von E.  
Leybolds Nachf. in Köln).



um den sehr störenden Einfluß von Lichtreflexionen an der Innenwand zu verhindern; mit solchen Tuben sind die ausgezeichneten Apparate von Reichert in Wien und Zeiss in Jena ausgestattet (siehe Fig. 135 und 139). Auch für diese Einrichtungen, die für stärkere Vergrößerungen (Gruppe 3 und 4) notwendig sind, empfiehlt sich ein Revolver für die Objektive. Man wähle darunter ein ganz schwaches als „Sucher“; mit seiner Hilfe stellt man das jeweilig zu zeigende Präparat ein und bringt dessen beste Stelle in die Mitte des Gesichtsfeldes, dann gehe man erst zu den stärkeren Vergrößerungen über.

Als Objektive lassen sich im allgemeinen alle für gewöhnliche okulare Beobachtung verwendeten benutzen; da die Objektive jedoch infolge der großen Hitze bei der Projektion leicht beschädigt werden können, so wird man von der Anwendung teurer Linsensysteme (z. B. der Apochromate) absehen; Immersionssysteme kommen, wie schon früher erwähnt, überhaupt für unseren Zweck nicht in Betracht. Für schwache Vergrößerungen sind die Projektionsobjektive von C. Reichert Nr. 1 bis 3 mit Brennweiten von 25, 40 und 75 mm sehr zu empfehlen\*), ebenso die „Mikroplanare“ und „Projektionssysteme“ von Zeiss.\*\*\*) Ähnliche Objektive liefern auch die Firmen E. Hartnack in Potsdam, E. Leitz in Wetzlar, R. Winkel in Göttingen, Ebeling in Wien u. a. Für stärkere Vergrößerungen dienen am besten Achromatobjektive von etwa 45 bis 4 mm Brennweiten in Verbindung mit einem Okular. Als solche sind zu schwächeren Objektiven die Huyghensschen Okulare gut brauchbar; empfehlenswerter aber ist es, eigene Projektionsokulare zu benutzen, die das Gesichtsfeld weniger einengen; für stärkste Vergrößerungen sind sie unentbehrlich. Wo sie mit den mittleren und starken Achromaten allzu starke Vergrößerungen liefern würden, muß man bei ihrem Gebrauche zu besonderen Korrektilinsen greifen.

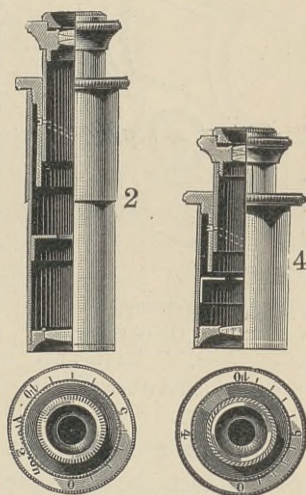


Fig. 132. Projektionsokulare Nr. 2 und 4 von Carl Zeiss in Jena ( $\frac{1}{2}$  nat. Gr.).

\*) Preis der Projektionsobjektive von C. Reichert in Wien: Nr. I K 40.—, Nr. II K 50.—, Nr. III K 60.—; ein weiteres Objektiv mit 100 mm Brennweite kostet K 72.—. Von Okularen für Projektion und Mikrophotographie werden die Nr. 2 und 4 empfohlen Preis das Stück K 50.—).

\*\*) Die Mikroplanare von Carl Zeiss in Jena werden in Brennweiten von 100, 75, 50, 35 und 20 mm (Eigenvergrößerungen 2·5, 3·3, 5, 7 und 12·5fach) geliefert, zum Preise von Mk. 120.— für die beiden ersten, von Mk. 100.— für die drei letzten; die „Projektionssysteme“ besitzen 70 und 35 mm Brennweiten (Eigenvergrößerung 3·6 und 7-fach) und kosten Mk. 40.— bzw. Mk. 35.—.



Der Objektisch des Mikroskops kann rund oder quadratisch sein, wertvoll ist es, wenn er drehbar ist. Seine Öffnung soll, wenigstens bei Anwendung stärkerer Objektive, mit einer Blendenvorrichtung, am besten mit Irisblende versehen sein; durch ihre richtige Benützung läßt sich auch das Gesichtsfeld derartig einengen, daß schädliche Reflexe an den Tubuswänden ausgeschaltet werden. Zum Festhalten des Präparates (Objektträgers) dienen zwei kräftig federnde Klemmen, deren Enden vorteilhaft mit einem Stückchen dünnen Kautschukschlauches überzogen werden, der jedes Gleiten

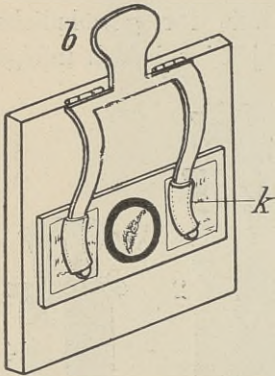


Fig. 133. Zweiarmlige Klemme für den Objektisch; *b* Druckbügel, *k* Kautschukschlauchstück.

des Objektträgers verhindert. Vortrefflich ist eine zweiarmige Klemme, die am Rande des Objektisches in einem Charnier federnd befestigt ist und durch Druck auf einen kleinen, vorstehenden Hebelarm gehoben werden kann (Fig. 133). — Um feine Verschiebungen des Präparates, namentlich bei Anwendung starker Vergrößerungen, sicher vornehmen zu können, kann der Tisch vorteilhaft mit zwei Führungen und Triebsschrauben zur Bewegung nach der Längs- und nach der Querrichtung versehen sein (wie in Fig. 127).

Bei schwachen bis mittleren Vergrößerungen genügt es, unter der Objektischöffnung eine einfache Sammellinse anzubringen (einige Firmen liefern für diesen Zweck kleine Brillengläser); bei stärkeren Vergrößerungen ist ein Abbescher Beleuchtungsapparat unter dem Tische erforderlich, der mit Irisblende und Verschiebungsvorrichtung (für schiefe Beleuchtung) ausgestattet sein kann (z. B. wie in Fig. 130 und 138).

**Die Präparate für Mikroprojektion.** Daß mikroskopische Präparate im Projektionsmikroskop, auch bei Anwendung guter Kühlkammern, sehr bedeutenden Gefahren ausgesetzt sind, wurde schon oben erwähnt; man wird also sehr feine und wertvolle Präparate, die schwer oder nicht zu ersetzen sind, überhaupt nicht projizieren. Präparate, die in Flüssigkeiten eingebettet sind, müssen vollkommen frei von Luftbläschen sein, sonst erweitern sich die Bläschen infolge der Erwärmung, treten aus, steigen empor oder heben gar das Deckgläschen (dadurch ist nicht nur das Präparat dann unbrauchbar, sondern die sich bewegenden Luftblasen an der Wand nehmen alle Aufmerksamkeit der Schüler gefangen!). In verdünntem Glyzerin konservierte körnige Objekte gehen leicht dadurch zu Grunde, daß bei der aufrechten Stellung im Projektionsmikroskop und begünstigt durch die Ausdehnung der Flüssigkeit in der Wärme die Körperchen nach abwärts sinken (im Projektionsbilde aufsteigen). In Kanadabalsam liegende Präparate sollen nur benützt werden, wenn das Einbettungsmittel vollkommen erstarrt ist (was bekanntlich meist monatelang dauert); dann vertragen sie selbst länger



dauernde Vorführung, während in noch ziemlich flüssigem Balsam liegende Präparate meist nach wenigen Sekunden im Projektionsapparate beschädigt sind.

Im allgemeinen verwende man nur derbere Objekte mit kräftiger natürlicher oder künstlicher Färbung, auch Injektionspräparate; zarte, von Natur aus farblose Objekte müssen stets gefärbt werden, wenn ihre Projektion befriedigen soll. Sehr zarte und farblose Objekte geben selbst mit den besten Apparaten und in der Hand eines sehr geschickten Operateurs schlechte Bilder an der Wand (statt ihrer benütze man nur Mikrophotogramme).

Die folgende Liste einiger vorzüglich für direkte Mikroprojektion geeigneter Objekte möge als Anhaltspunkt für die Auswahl dienen: Haare von Säugetieren, Kolibriferer, Querschnitte von Knochen und von Fischbein, Fühler, Rüssel, Tracheen, Atemöffnungen u. dgl. von Insekten, Trichinen, Scolex und Finnen von Bandwürmern, Hydra, kleine Quallenpolypen, alle Textilfasern (die etwas gefärbt benützt werden sollen), Blattquerschnitte, Epidermis von Blättern, Oxalatkrystalle, Pflanzenhaare, Pollen, Schnitte von Hölzern, Sphagnum und Diatomaceen.\*)

Um die objektive Vergrößerung unmittelbar zu messen, und zwar für jedes zu Gebote stehende Projektionssystem oder die Kombinationen mit Okularen, natürlich für eine bestimmte Entfernung des Apparates von der Wand, benützt man eine Objekt-Mikrometerplatte — wegen ihrer größeren Deutlichkeit am besten eine auf photographischem Wege hergestellte — mit einer Teilung in Hundertstelmillimeter.\*\*\*) Man projiziert dieses Objekt der Reihe nach mit den einzelnen Systemen und mißt die vergrößert auf dem Schirm erscheinende Teilung mit einem Maßstabe. Es empfiehlt sich, auch im Unterricht, wenn Mikroprojektionen vorgeführt werden, von Zeit zu Zeit das Mikrometerplättchen bei verschiedenen Vergrößerungen zu projizieren, um den Schülern eine bessere Vorstellung von dem Werte der benützten Vergrößerung zu geben. (Über Projektionen mit dem Mikroskop vergleiche auch im Abschnitte über physikalische Versuche S. 226 Gesagtes.)

Schließlich mögen, wie es in anderen Abschnitten unseres Buches geschehen ist, auch hier die **Erzeugnisse einiger Fabrikanten** kurz erörtert werden, um eine Übersicht dessen zu geben, was auf dem Gebiete der Mikroprojektion an Ausrüstungen zu Gebote steht.

Kleine Mikroskopansätze für ihre einfachen und mittleren Skioptikons liefern die meisten der S. 71 bis 78 genannten Firmen, wie R. Lechner, A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien, Mittelstrass in Magdeburg, Unger & Hoffmann in Berlin, Ernecke in Berlin, Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig u. a.; sie sind im allgemeinen nach dem Typus der Fig. 131 gebaut,

---

\*) Eine derartige Auswahl bringt unter anderem M. Kohl in Chemnitz zum Preise von Mk. 50.— für 50 Stück in Etui in den Handel.

\*\*\*) Preis eines Objektivmikrometers auf einfachem Objektträger, 2 mm in 200 Teile geteilt, K 6.— (bei Reichert).



wie er von Leybolds Nachfolger in Köln\*) und in sehr ähnlicher Ausführung von E. Liesegang in Düsseldorf\*\*) für schwache und mittlere Vergrößerungen in den Handel gebracht wird. — Die sehr gute und im

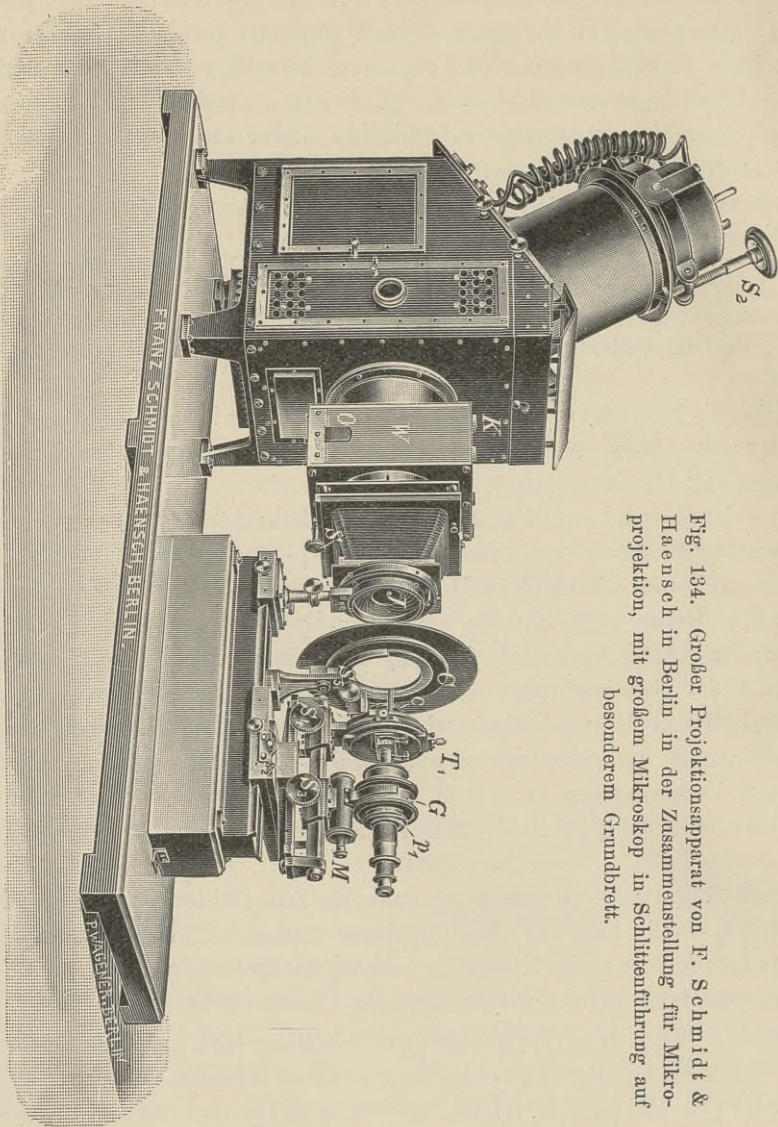


Fig. 134. Großer Projektionsapparat von F. Schmidt & Haensch in Berlin in der Zusammenstellung für Mikroprojektion, mit großem Mikroskop in Schlitzenführung auf besonderem Grundbrett.

\*) Die von Leybolds Nachfolger dem abgebildeten Mikroskopansatz beigegebenen Objektive Nr. 1—5 geben bei 4 m Abstand vom Schirm 100-, 140-, 200-, 275-, 350- und 600fache Vergrößerungen; Preis des Ansatzes samt 6 Objektiven und dem kleinen, am Tische befestigten Absorptionsgefäße Mk. 309.—.

\*\*) „Mikroskop, Modell II“ von Liesegang, mit Alaunlösungstrog, Mk. 150.—, Objektive der Nummern 1—7 zu Preisen von Mk. 25.— bis Mk. 45.—.



Gebrauche besonders einfache Vorrichtung von der optischen Anstalt G. Rodenstock in München wurde schon erwähnt und abgebildet (Fig. 129).

Die gute Mikroskopeinrichtung von Schmidt & Haensch in Berlin wird zu ihren großen Projektionsapparaten in zwei Ausgaben hergestellt (die größere in Fig. 134 abgebildet); sie besitzt eine große Irisblende auf besonderem Stativ (auch für physikalische Versuche); das auf einem schlittenförmigen Unterteile ruhende Mikroskop ist mit drehbarem Tisch, Abbeschem Beleuchtungsapparat u. s. w. ausgestattet, so daß die Einrichtung allen Anforderungen zu entsprechen vermag.\*) Das gleiche gilt von dem sehr handlichen Projektionsmikroskop für das „Megadiaskop“ der Firma

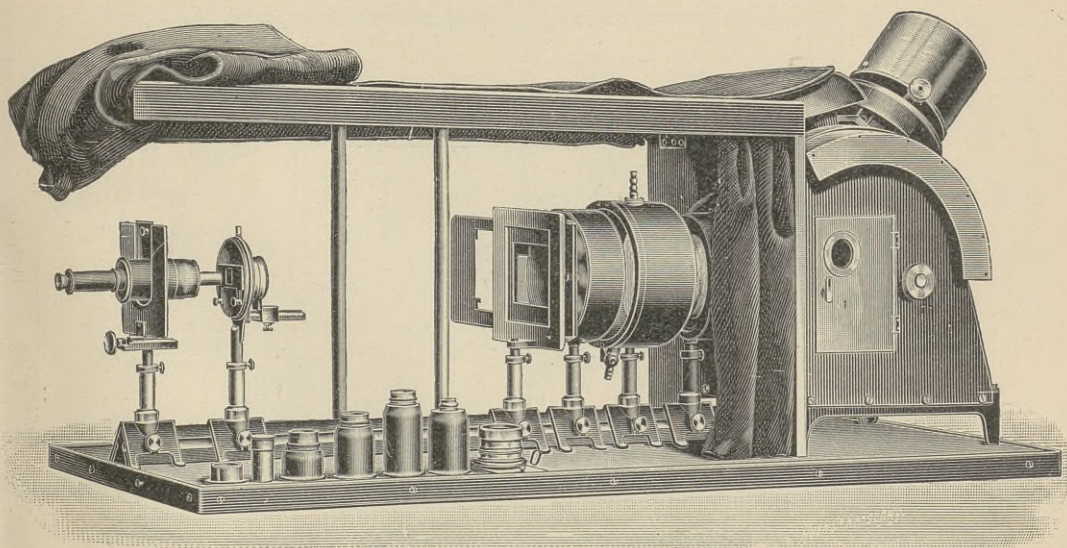


Fig. 135. Großer Projektionsapparat von Karl Zeiss in Jena auf Tischplatte mit optischer Bank und vereinfachter Einrichtung für Mikroprojektion.

Max Kohl in Chemnitz (Fig. 128)\*\*); es wird mit seinem Fuß auf die optische Bank aufgesetzt, hat grobe Einstellung mit Zahn und Trieb, eine feine Mikrometerschraube und eine mit kontinuierlichem Wasserlaufe versehene Kühlkammer unter der Tischöffnung; die Objektive werden in Einschieberöhren, mit oder ohne Revolver verwendet. Die optische Ausrüstung kann auf Wunsch mit Objektiven von Hartnack, Leitz, Winkel oder von Zeiss erfolgen.

Über die vorzüglichen Instrumente von Karl Zeiss, die allen an Mikroprojektionsapparate zu stellenden Ansprüchen entsprechen, wurde schon

\*) Einfachere Ausführung mit Objektiven von 30, 50 und 70 mm Brennweite (als Stativ kann jedes umlegbare Mikroskop benützt werden) Mk. 313.—; die größere Einrichtung, mit Zeiss-Mikroplanaren, Beleuchtungsapparat, ohne und mit Okularen zu verwenden Mk. 636.—. Der in Fig. 134 abgebildete große Projektionsapparat kostet Mk. 1250.—.

\*\*\*) Preis für Mikroskop samt Tubus, Revolver, vier Hartnack-Objektiven und drei Huyghens-Okularen Mk. 248.—.



oben wiederholt Erwähnung getan; das große, S. 103 geschilderte „Epidiaskop“ ist auch für den in Rede stehenden Zweck zu gebrauchen, aber nur bei Anwendung der Planare und schwachen Objektive, gestattet hingegen die Demonstration von sehr großen Objekten bis zu 10 cm Durchmesser. Besser und vielseitiger ist der „Große Mikroprojektionsapparat“ des Zeiss-Werkes (Fig. 135)\*. Die Anstalt liefert ferner eine Vorrichtung, bei der das Mikroskop auf einer leicht zur Seite schiebbaren Grundplatte aufgeschraubt wird, so daß es rasch gegen das gewöhnliche Projektionsobjektiv für Laternbilder ausgewechselt werden kann, wodurch beide Arten der Projektion abwechselnd benützt werden können (Abbildung bei Neu-

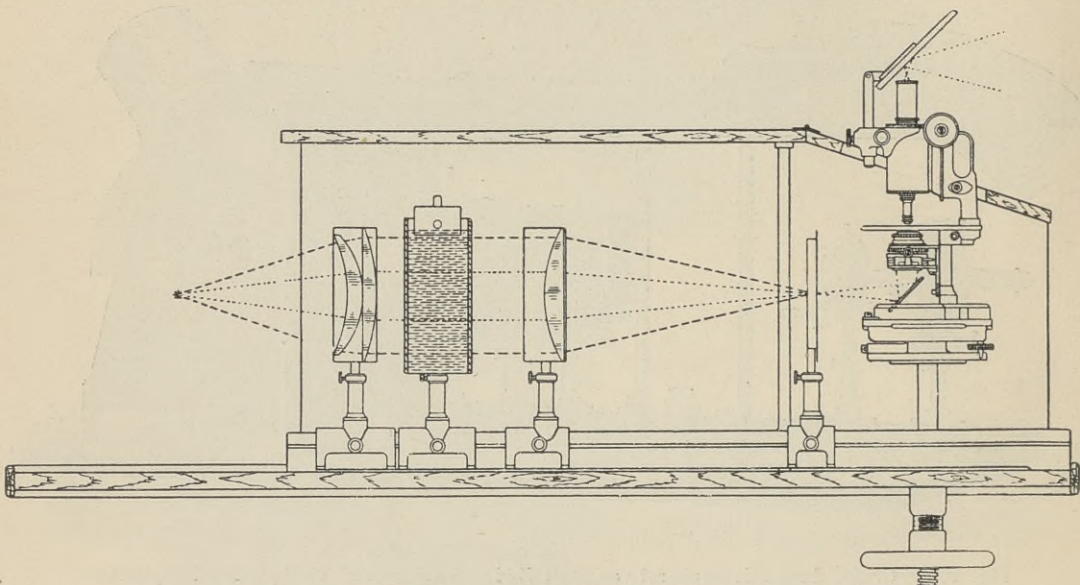


Fig. 136. Schema der Apparatzusammenstellung für Mikroprojektion von Karl Zeiss in Jena bei Anwendung eines aufrechtstehenden Mikroskops.

hauss, l. c. Fig. 66, S. 110). Für manche Zwecke muß das Objekt horizontal liegen, dann kann auch ein gewöhnliches, aufrechtstehendes Instrument benützt werden, das auf einem besonderen hebbaren Tischchen (Fig. 136) aufgestellt wird. Der von der Lichtquelle und den Kondensorlinien kommende Lichtkegel trifft, nach Passierung einer Irisblende, den Spiegel des Mikroskops

\*) Die vereinfachte Einrichtung für Mikroprojektion ohne optische Systeme kostet Mk. 78.—; die große Einrichtung mit Stativ I C-Zeiss ohne Objektive Mk. 600.—. Zeiss liefert auch eine Vorrichtung für die Mikroprojektion mit gewöhnlichen aufrechten Stativen in Form eines Spiegels, der das Licht der Lampe auf den Mikroskopspiegel wirft (Grundplatte für Mikroskop, Beleuchtungsspiegel, Umkehrspiegel und Prisma zusammen Mk. 86.—). — Die optische Ausrüstung für die vereinfachte Ausrüstung zur Mikroprojektion (2 achrom. Objektive, 2 Projektionssysteme, 1 Huyghensches Okular samt Nebenteilen) kostet Mk. 201.50; vollkommenere große Apparaturen (Zusammenstellungen IV—I der Spezialpreisliste von Zeiss) stellen sich auf Mk. 715.— bis Mk. 1623.50.



und beleuchtet das Objekt; ein verstellbarer Spiegel über dem Mikroskop besorgt die Projektion auf den Schirm.

Mit einem Zeiss'schen Projektionsapparat läßt sich auch das Metallmikroskop zur Projektion von kleinen undurchsichtigen Objekten, besonders von geschliffenen Metallplatten oder von Geweben, Papier u. dgl. verbinden (Fig. 137); die vom Einlinsenteil des Kondensors kommenden Strahlen gelangen durch eine seitliche Öffnung des Mikroskoptubus auf ein dort angebrachtes kleines Prisma, das sie auf das Objekt leitet. Das mit „Vertikalilluminator“ ausgestattete Mikroskop befindet sich dabei auf einer besonderen Grundplatte *G* parallel zur Apparatachse gestellt. Naturgemäß

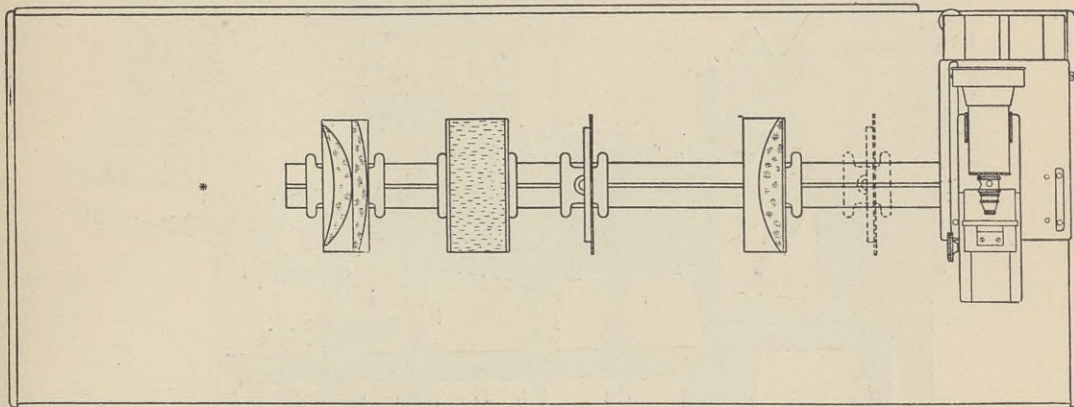


Fig. 137. Schema der Apparatanordnung unter Benützung eines mit Vertikalilluminator versehenen Mikroskops für undurchsichtige Objekte von Karl Zeiss in Jena.

muß für eine solche Projektion (also eine mikroepiskopische) eine besonders starke Lichtquelle verwendet werden.

Gleichwertig und ebenso vielseitig sind die Apparate für Mikroprojektion des Wiener optischen Instituts C. Reichert; als Beispiel für die einfachste Form diene Fig. 138, wo nach Abnahme des Skioptikonobjektivs ein gewöhnliches umlegbares Mikroskop mit Hilfe einer eigenen Fußplatte auf der optischen Bank aufgestellt ist; zwischen dem Balg des Skioptikons und dem Mikroskoptisch wird ein kleines Wasserkühlgefäß eingeschaltet. Vollkommener und dabei nicht teuer ist der „Neue Projektionsapparat nach Dr. Heine“, welcher nebst der gewöhnlichen Wiedergabe von Laternbildern mikroskopische und episkopische Projektionen zuläßt und so eingerichtet ist, daß durch wenige Handgriffe von einer Art der Projektion zur anderen übergegangen werden kann.\*) Der „Neue Universalprojektionsapparat“ von C. Reichert (Fig. 139) zeichnet sich gegenüber der Dr. Heineschen Bauweise durch gefälligeres Aussehen und die besonders bequeme und rasche Umstellung aus; das Umstellen der Spiegel *S I* und *S II* sowie

\*) Preis des vollständigen Projektionsapparates nach Dr. Heine, ohne Mikroskopsysteme, K 1000.—.



des Projektionsobjektivs *Obj* geschieht durch einfache Drehung des Handgriffes *H* geradezu automatisch. Das den Mittelteil des Apparates umgebende eiserne Rahmengestell dient teils als Träger für die einzelnen optischen Teile, teils zur Anbringung einer Tuchhülle, um Seitenlicht abhalten zu können. \*) Der gleiche Apparat wird nun auch in Verbindung mit der neuen Bogenlampe von C. Reichert (siehe Fig. 117, S. 100) geliefert. Wir halten diesen neuen Apparat für einen wichtigen Fortschritt auf dem Gebiete des Projektionswesens.

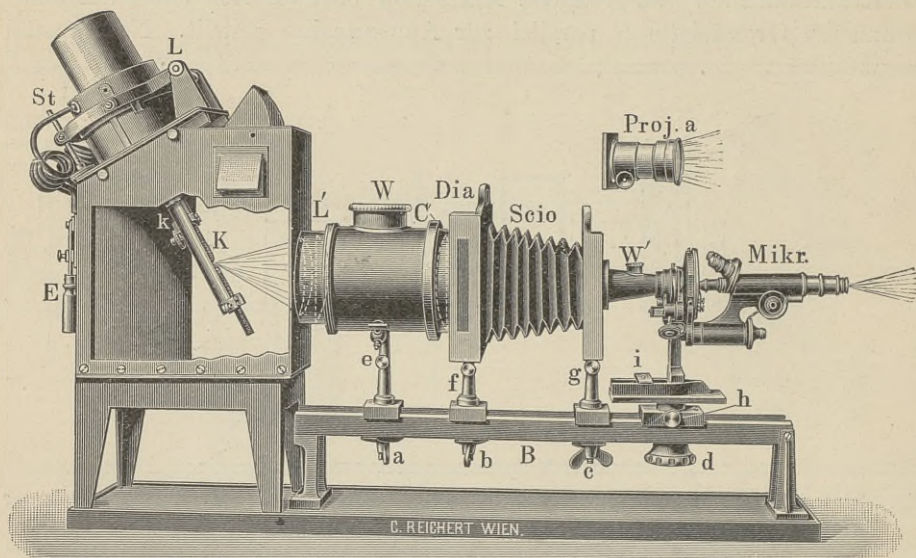


Fig. 138. Projektionsapparat von C. Reichert in Wien mit Schuckertlampe und optischer Bank, in der Zusammenstellung für Mikroprojektion; *W* große und *W'* kleine Kühlkammer. (Beim Übergang zur gewöhnlichen Projektion werden das Mikroskop und der kleine Kühler *W'* entfernt und durch das oben gezeichnete Projektionsobjektiv ersetzt.)

Zum Schlusse führen wir noch ein besonderes „Projektionsmikroskop für mineralogisch-petrographischen Unterricht“ aus der Werkstätte\*\*) von R. Fuess in Steglitz auf (Fig. 140); es läßt sich vor jedem beliebigen Skioptikon mit kräftiger Lichtquelle aufstellen, nur wird zur Erzielung von parallelem Licht an Stelle des Projektionsobjektivs eine Konkavlinse eingefügt. Die Lichtstrahlen gelangen zuerst in den Polarisator *P 1*, der in seiner Fassung drehbar ist. An dem Objektische sind zwei an einem Schlittenschieber befestigte Kondensoren *0* und *3* u. *5* angebracht, die je nachdem man die Objektive *0* oder *3* und *5* benützt, in Funktion

\*) Der „Neue Universal-Projektionsapparat“ von Reichert kostet in vollständiger Ausführung samt Handbogenlampe für 15—30 Amp., ohne Objektive, K 1425 —.

\*\*) Ausführliche Mitteilung darüber von C. Zeiss, Berlin, in „Laterna magica“, XX. 1904, II. Heft.



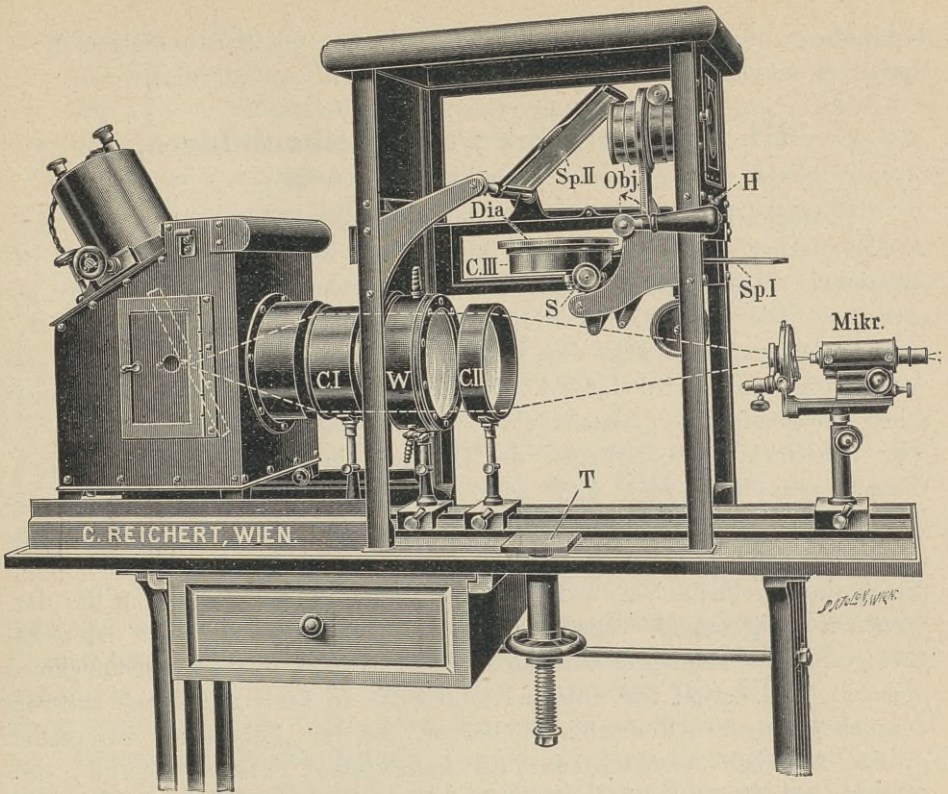


Fig. 139. „Neuer Universalprojektionsapparat“ von C. Reichert in Wien mit Schuckertlampe, in Verbindung mit einem Projektionsmikroskop. (Die oberen Teile dienen für die Benützung des Apparates bei episkopischer oder epidiaskopischer Projektion.)

treten; bei Verwendung des stärksten Objektivs 7 kommt statt der Kondensoren eine halbkugelförmige Sammellinse in die Tischöffnung. Der Tubus trägt an seinem Ende den Analysator  $A_1$  und hat etwas tiefer einen Schlitz zum Einschleiben von Glimmer- oder Gipsblättchen je nach Bedarf. — Erwähnt sei, daß auch C. Reichert ein ähnliches Mikroskopstativ zu Projektionszwecken

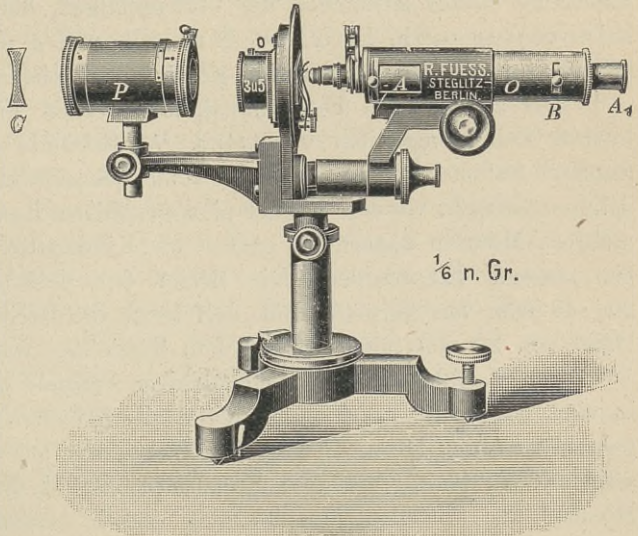


Fig. 140. Projektionsmikroskop für den mineralogisch petrographischen Unterricht von R. Fuess in Steglitz-Berlin.



für petrographische und mineralogische Objekte mit Bertrandschem Kondensor, wengleich zu höherem Preise, in seiner Liste aufführt.\*)

### III. Das Vorführen von Reihenbildern.

(Kinematographische Projektion.)

Wengleich die Benützung von Kinematographen für Unterrichtszwecke bisher kaum in Betracht kommt, so wollen wir doch, der Vollständigkeit wegen, das Wesentliche dieser besonderen Einrichtung kurz besprechen. Die Projektion von Reihenbildern hat bekanntlich die Aufgabe, gewisse Bewegungsvorgänge dem Beschauer in möglichst naturgetreuer Weise vorzuführen; dies wird dadurch erreicht, daß eine Reihe von photographischen Einzelaufnahmen, welche entweder sehr rasch nacheinander oder, bei sehr langsamen Veränderungen des Objektes, in entsprechenden Zwischenräumen gemacht worden sind, in so rascher Folge projiziert werden, daß die Lichteindrücke eines jeden Bildes bis zum Erscheinen des nächsten fort-dauern, so daß die ganze Bildreihe nach Art des altbekannten „Lebensrades“ (Stroboskop, Schnellseher, u. s. w.) den Eindruck der Bewegung des dargestellten Gegenstands bewirkt. Durch das Hilfsmittel der Momentphotographie hat zuerst der Amerikaner M u y b r i d g e solche Serienaufnahmen gemacht, bald darauf trat Othmar Anschütz in Lissa mit seinen außerordentlich gelungenen Reihenbildern hervor, die, im „Lebensrad“ vorgeführt, großes Aufsehen erregt haben; der französische Forscher Marey hat ähnliche Arbeiten auf wissenschaftlicher Grundlage unternommen. Die Projektion solcher Reihenbilder, in Form von Diapositiven auf langen Zelluloidfolien reproduziert, wurde zuerst von den Brüdern Lumière in Lyon versucht und daraus entstanden die Vorrichtungen, die heute unter den Namen Kinematograph, Bioskop, Mutoskop u. s. w. bekannt sind und bei öffentlichen Schaustellungen eine große Rolle spielen.

Die notwendigen Einzelaufnahmen werden im allgemeinen mit sehr kurzen Belichtungszeiten von etwa  $\frac{1}{50}$  Sekunde vorgenommen und in so rascher Aufeinanderfolge, daß in einer Sekunde etwa 20—40 Momentaufnahmen gemacht werden. Da der photographierte Bewegungsvorgang meistens mehrere Minuten dauert, so enthält ein Kinematographenfilm viele hundert bis tausend Einzelbilder. Die Breite der üblichen Filmbänder beträgt 25—40 mm, als Normalformat darf heute die Breite von 35 mm bei einer Höhe von 20 mm für jedes Bildchen bezeichnet werden.

Zur Vorführung von Reihenbildern mittels des Projektionsapparates ist eine besondere Einrichtung nötig, die jedoch an jedem Skioptikon angebracht werden kann. In gleicher Weise, wie bei der Aufnahme der Bildserie das die photographische Kamera passierende Negativfilmband für jeden Moment der Einzelaufnahmen ruhig stehen bleiben und sich hierauf bei

\*) Preis des vollständigen Stativs ohne Objektive und Okulare K 520.—



verschlossenem Objektiv um eine Stelle weiterbewegen muß, so schreitet auch bei der Projektion der die Positivbilder tragende Filmstreifen ruckweise vorwärts. Jeder Kinematograph ist mit einer Rolle zum Aufwickeln des Filmbandes versehen und mit einer Vorrichtung, welche es ruckweise zwischen Kondensor und Objektiv des Projektionsapparates hindurchführt, an der Stelle, wo sich beim gewöhnlichen Skioptikon das Laternbild befindet. Die Filmbänder besitzen an beiden Rändern Lochreihen (2—4 Löcher jederseits eines Bildchens), in welche Zahnradchen des Apparates eingreifen und den Vorschub des Bandes besorgen, oder es sind andere Schiebevrichtungen angebracht. Das ablaufende Band wickelt sich unterhalb des Apparates auf einer zweiten Rolle auf (muß jedoch nach jeder Vorführung wieder auf die erste Rolle gewickelt werden). Zwei oder vier, nach Art eines Malteserkreuzes geformte Flügel drehen sich derartig während der Vorführung, daß sie im Augenblick eines jeden Bildwechsels das Objektiv abdunkeln. Alle Bewegungen werden durch Drehen einer Kurbel mit der Hand betätigt.

Die Kleinheit der zu projizierenden Bildchen macht die Erfüllung zweier Bedingungen unerlässlich: ein stark vergrößerndes, lichtstarkes Objektiv und eine sehr kräftige Lichtquelle. Man benützt daher als Objektiv stets sogenannte „Weitwinkel“ mit sehr kurzer Brennweite (von 50 bis 125 *mm* Brennweite\*) und als Lichtquellen kommen ausschließlich Kalklicht und elektrisches Bogenlicht in Betracht. Um die gegebene Lichtmenge möglichst ausnützen zu können, soll nach *Neuhauß* das Filmband derartig im Apparat zu liegen kommen, daß der ganze, vom Kondensor kommende Strahlenkegel das Einzelbildchen eben noch bedeckt.

Die Vorführung von Reihenbildern leidet meistens unter mehreren Fehlern; so erscheinen die Bewegungen unnatürlich schnell, was darin seine Ursache hat, daß die Filmbänder bei der Projektion gewöhnlich schneller durch den Apparat geführt werden müssen, als es bei der Aufnahme geschehen ist, denn es ist notwendig, mindestens 30—35 Bilder in der Sekunde aufeinander folgen zu lassen, um die dazwischenliegenden Verdunklungen nicht fühlbar zu machen, die sonst höchst lästiges Flimmern bewirken. Von Zeit zu Zeit oder während eines Teiles der Bildfolge erscheinende helle Flecken und Streifen haben ihre Ursache in Fehlern des Filmbandes, wie nicht retuschierten Flecken oder Kratzern. Das noch lästigere Zittern der Bilder an der Wand wird meistens dadurch bedingt, daß die seitlichen Löcher des Filmbandes bei häufigem Gebrauche sich ausweiten, so daß es nicht genau an der richtigen Stelle festgehalten wird.

In den beigegebenen Abbildungen sind zwei neueste Formen von Kinematographenapparaten als Beispiele zur Anschauung gebracht; Fig. 141

---

\*) Preis eines derartigen Objektivs etwa Mk. 45.—; Ansatzkörper mit Triebsschraube zum Gebrauche verschiedener Zylinderobjektive Mk. 20.—.



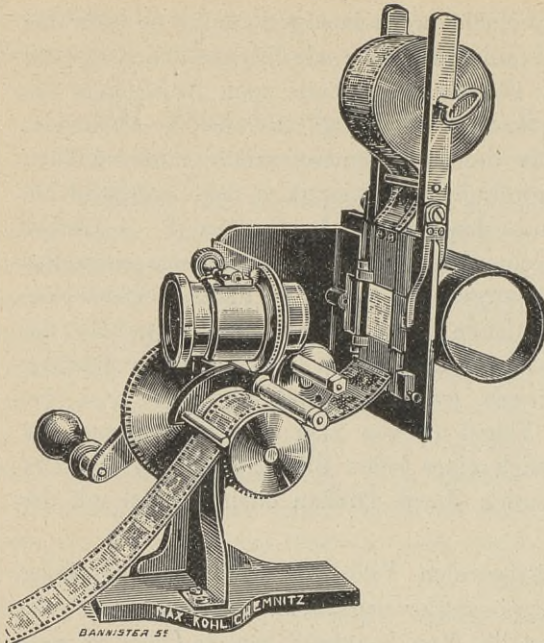


Fig. 141. Einfacher Kinematograph von Max Kohl in Chemnitz zum Anbringen an jeden Projektionsapparat.

stellt einen Reihenbilderapparat der Firma Max Kohl in Chemnitz dar,<sup>\*)</sup> der sich leicht vor jedem, mit optischer Bank ausgestatteten Projektionsapparat aufstellen läßt und für Unterrichtszwecke gut geeignet erscheint. Er ist mit einem Objektiv von 50 *mm* Brennweite ausgestattet und gibt auf 5 *m* Abstand vom Schirm Projektionsbilder von 1,65 *m* Breite, was für alle Fälle ausreicht; die Filmrollen gestatten die Verwendung von Bändern bis 100 *m* Länge. — Von anderen Firmen, die sehr gut gebaute Reihenbilderapparate in großer Auswahl

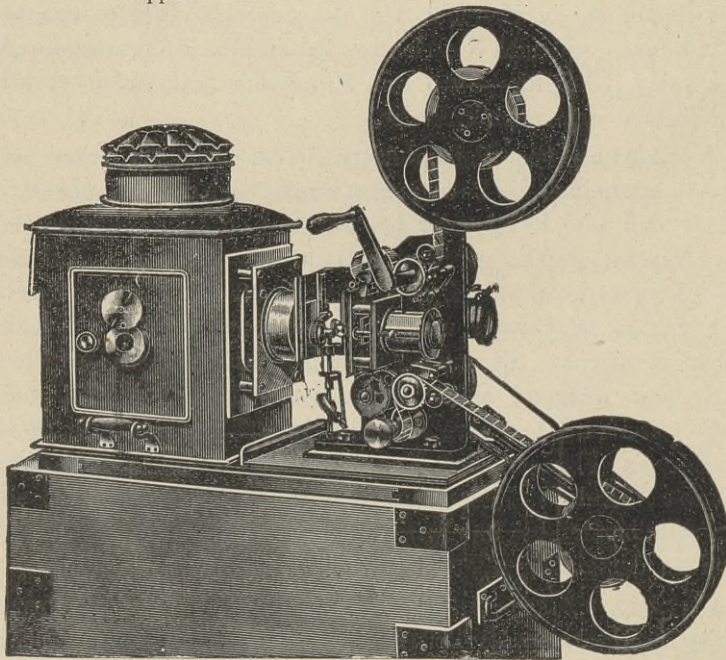


Fig. 142. Kinematograph „Modell J 1907“ von Unger & Hoffmann in Dresden.

<sup>\*)</sup> Preis des Apparates von Kohl (ohne Laterne und Lichtquelle) Mk. 150.—.



liefern,\*) seien noch genannt: Ed. Liesegang, Müller & Wetzig, Messers Projektion. Internat. Kinematographen-Gesellschaft (Berlin Markgrafenstr. 91) und Unger & Hoffmann. Das neue „Modell J. 1907“ der letztgenannten Firma gibt Fig. 142 wieder, es wird ihm ein besonders leichter und ruhiger Gang, dank der Verwendung von Kugellagern, und völliges Freisein von Flimmern nachgerühmt; das an der Filmführung rückwärts angebrachte Fensterchen zur Beleuchtung des Bildchens wird in ruhendem Zustand des Apparat stets durch eine Blechklappe verschlossen, wodurch der ruhende Film gegen die Wärmestrahlen geschützt wird; dadurch ist die Gefahr der Entzündung des Films infolge Überhitzung ausgeschlossen. Nur so lange die Antriebskurbel in Bewegung ist, bleibt

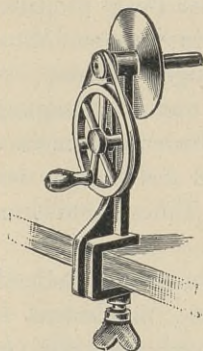


Fig. 143. Filmwickler (nach Müller & Wetzig in Dresden).

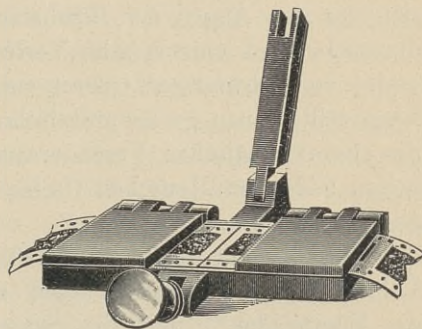


Fig. 144. Filmkleber (nach Müller & Wetzig in Dresden).

diese Klappe stetig geöffnet und schließt sich sofort, wenn man mit dem Drehen innehält. Das Verdunkeln des Objektivs wird durch eine besondere Schlägerbewegung anstatt der sonst üblichen Kreuzblende bewirkt.\*\*)

Für wissenschaftliche Zwecke wurden Kinematographenaufnahmen und Projektionen zuerst vom Blutkreislauf und von der Herzbewegung von Tieren gemacht (Watkins Mikroautoskop),\*\*\*) die für Unterrichtszwecke, wenigstens an Hochschulen, eine gewisse Bedeutung besitzen; sie haben, wie alle Reihenbilder, den Vorteil, daß sich sowohl die gesamten Bewegungsvorgänge vorführen lassen, als auch die einzelnen Stufen der Bewegung gezeigt werden können, indem die einzelnen Filmbilder sehr langsam nacheinander durch den Apparat geleitet werden (auf diesem Wege wurden unter anderem die rhythmischen Bewegungen des Herzens genau erkannt).

\*) Der billigste Apparat von Müller & Wetzig, „Simplex“, für Schulzwecke ganz geeignet, kostet Mk. 90.—, größere Vorrichtungen sind der Apparat „Ideal“ zum Preise von Mk. 190.— bis 225.— und der neue „Projektor“, welcher samt Skioptikon (ohne Beleuchtungseinrichtung) in mehreren Ausführungen von Mk. 750.— bis 1250.— geliefert wird. Bei häufiger Benützung eines Kinematographen bedarf man noch einiger kleiner Hilfsapparate, nämlich eines „Filmwickler“ (Fig 143) zum raschen und richtigen Aufwickeln von Films (Preis etwa Mk. 20.—), eines „Filmklebers“ (Fig. 144), um gerissene Filmbänder schnell und genau kitten zu können (Preis Mk. 17.50), vielleicht auch einiger „Filmspulen“ (jedes Stück Mk. 4.—).

\*\*\*) Preis des „Modell J. 1907“ von Unger & Hoffmann Mk. 750.—.

\*\*\*) Dr. O. Zoth in Lat. mag. 1900, XVI., S. 1.



Man hat auch mit Erfolg versucht, gewisse -eigentümliche Bewegungserscheinungen von Pflanzen, z. B. an *Mimosa*, sowie Wachstumsvorgänge, die sehr langsam verlaufen, kinematographisch aufzunehmen — wachsende Pflanzen wurden in bestimmten Zeiträumen, nach je 2—4 Stunden oder nur jeden Tag unter gleichen Verhältnissen mittels Blitzlicht photographiert -- ferner die Erscheinungen der Eifurchung, menschliche und tierische Embryonen in den aufeinanderfolgenden Stufen ihrer Entwicklung; die erhaltenen Bildreihen wurden in rascher Folge projiziert, so daß das Wachstum sich vor den Augen der Beschauer in wenigen Minuten abspielte. Für medizinische und chirurgische Vorlesungen wurden, zuerst in Paris, Reihenbilder von schwierigen Operationen und Handlungen bei der Geburtshilfe hergestellt, denen große praktische Bedeutung nicht abzusprechen ist; auch die charakteristischen Veränderungen des Ganges von an gewissen Krankheiten leidenden Menschen (Ischias, Tabes) sind kinematographisch wiedergegeben worden.

Im übrigen dürfte die Vorführung von Reihenbildern noch wenig für Lehrzwecke verwendet worden sein; mindestens stehen die hohen Preise der Filmbänder \*) und die Schwierigkeiten der Aufnahmen einer allgemeineren Benützung dieser Art von Projektion hindernd im Wege. Zweifellos gäbe es aber manche Gebiete, auf denen sich recht wertvolle Lehrmittel für kinematographische Wiedergabe schaffen ließen; z. B. könnten zahlreiche technologische Vorgänge, wie die Arbeitsweisen verschiedener Spinnmaschinen und der Webstühle, Stufengänge der Herstellung von Glas- und Tonwaren und manches ähnliche durch dieses Hilfsmittel sehr leicht verständlich und anschaulich dargestellt werden; Reihenbilder von in Bewegung befindlichen Tieren würden für den zoologischen Unterricht recht brauchbar sein. Vielleicht findet sich ein Unternehmer für die Herstellung von solchen Reihenbildern, die gewiß guten Absatz finden würden und infolgedessen zu billigen Preisen auf den Markt gebracht werden könnten.

---

\*) Der Preis von fertigen Filmbändern für Projektionen, meist in Längen von 16 bis 48 m, beträgt für jedes Meter Mk. 3.— (koloriert um je Mk. 2.— höher — nach Preisliste von Max Kohl in Chemnitz).



### III. Abschnitt.

## Laternbilder.

Die schulgemäße Verwendung eines Projektionsapparates ist nur dann möglich, wenn für alle in Betracht kommenden Unterrichtszweige eine ausreichende Anzahl von Projektions- oder Laternbildern zur Verfügung steht; es muß daher bei der Anschaffung eines Skioptikons für eine Schule sofort an die Anlegung einer Laternbildersammlung gedacht und dafür müssen die nötigen Geldmittel beschafft werden, die natürlich zur allmählichen Ausgestaltung der Sammlung auf eine Reihe von Jahren verteilt werden können. Am weitaus meisten verwendet man als Laternbilder die auf photographischem Wege erzeugten Diapositive, das sind auf einer durchsichtigen Unterlage, meist auf Glas hergestellte positive Bilder; sie sind in außerordentlich großer Zahl und für alle Zweige des Unterrichts heute käuflich zu haben und können auch von einem Lehrer, bei einiger Übung in photographischen Arbeiten, selbst hergestellt werden, worüber später noch einiges gesagt werden soll. Außerdem können Bilder für Projektionen durch Zeichnen angefertigt werden.

**Format der Laternbilder.** Zunächst muß eine prinzipielle Frage, die bei der Anlegung einer Laternbildersammlung für Unterrichtszwecke sehr wichtig ist, kurz erörtert werden; welches Format für Projektionsbilder ist für unsere Zwecke am geeignetsten?

Hauptsächlich stehen drei Plattenformate in Verwendung:

1. das quadratische Plattenformat  $8.2 : 8.2 \text{ cm}$  (englisch  $3\frac{1}{4} : 3\frac{1}{4} \text{ inches}$ ) oder auch  $8.5 : 8.5 \text{ cm}$  mit einer Bildgröße von höchstens  $7 : 7 \text{ cm}$  (auch rechteckige Bilder von  $7 \text{ cm}$  längster Seite in Quer- oder Hochstellung), das sogenannte englische Format;

2. das rechteckige Format  $8.5 : 10 \text{ cm}$ , oft französisches Format genannt, bei welchem jedoch meistens die ausgenützte Bildfläche auch nur  $7 : 7 \text{ cm}$  beträgt;

3. das Format  $9 : 12 \text{ cm}$ , bei welchem rings ein Rand von etwa  $\frac{1}{2}$ — $1 \text{ cm}$  für das eigentliche Bild abzurechnen ist; wir möchten es, da es heute in den photographischen Vereinen des deutschen Reiches sich mehr und mehr einbürgert, das deutsche Format nennen.



Ein 4. noch größeres Format, 12:12 *cm*, das neuestens empfohlen wird, oder gar größere Platten, wie 12:16 *cm* oder 13:18 *cm*, können für unsere Zwecke nicht in Betracht kommen.

Daß man sich für eine bestimmte Plattengröße entscheiden soll, geht schon aus dem über die Einrichtung des Skioptikons, besonders über die Bildschieber Gesagte hervor und jedermann, der einmal mit verschiedenen Bilderformaten an einem Skioptikon gearbeitet hat, wird zugeben, daß für Laternbilder zu Schulzwecken unbedingt ein gleiches oder mindestens sehr ähnliches Format (z. B. 8·5:8·5 oder 8·5:10 *cm*) gefordert werden muß.

In einem früheren Abschnitte (S. 25) wurde wohl die Einrichtung der „Wechselrähmchen“ besprochen, welche es möglich macht, Laternbilder von verschiedener Plattengröße in beliebiger Reihenfolge zu projizieren, doch hat sie Nachteile, welche sofort einleuchten. Ist der Projektionsapparat für die Plattengröße 9:12 *cm* eingerichtet, so müssen naturgemäß kleinere Bilder (in englischem oder französischem Format) auf der Projektionswand wesentlich kleiner ausfallen; gewisse Feinheiten, vielleicht sehr wichtige Details, z. B. in technologischen Bildern oder in Mikrophotogrammen, werden dadurch für die Beschauer fast oder ganz verloren gehen. Wir haben zwar für diesen Fall in der Benützung eines Objektivs mit kürzerer Brennweite ein Mittel kennen gelernt, um dem Fehler abzuhelpen und das kleine Bild in gleicher Größe an die Wand zu bringen, wie das große, dürfen aber dabei den beträchtlichen Lichtverlust (infolge nur teilweiser Ausnützung des Lichtkegels) nicht vergessen, der nach einer einfachen Rechnung ungefähr 40% beträgt. Dieser Lichtverlust kann wohl dadurch vermieden werden, daß man nach dem wohlbegründeten Vorschlag von Neuhauss\*) den Bildträger horizontal in der Richtung der optischen Achse verschiebbar anbringt und bei der Projektion eines kleineren Bildes als 9:12 ihn so weit vom Kondensor gegen das Objektiv rückt, daß der ganze vom Kondensor kommende Strahlenkegel das kleine Bild trifft; natürlich muß dann gleichzeitig auch die Einstellung des Objektivs beträchtlich verändert werden. Beide eben genannten Hilfsmittel sind aber ziemlich umständlich und ihre Anwendung während des Unterrichts, vielleicht eine mehrmalige während einer Lehrstunde, bedingt Störungen und Zeitverluste — und mit der Zeit muß ja der Lehrer vor allem haushalten!

Ein weiterer wichtiger Grund für die Forderung eines einheitlichen Bildformats für eine Schulsammlung liegt darin, daß die Übersichtlichkeit und Ordnung einer einigermaßen reichen Sammlung außerordentlich leidet, wenn man die einfachste und bequemste Art der Aufstellung in offenen Kästchen (in der Art eines Zettelkatalogs), wie sie später (S. 160) besprochen werden wird, anwenden will. Bilder verschiedener Plattenformate

\*) Lehrbuch der Projektion, S. 71, dazu die Fig. 44 ebenda.



durcheinander aufzubewahren, geht kaum an, mindestens fügt sich das deutsche Format  $9:12\text{ cm}$  in die Reihe von Bildern der beiden anderen kleinen Plattenformen nicht ein.

Die viel umstrittene Frage, welches Laternbilderformat das Beste ist, zu entscheiden, halten sich die Verfasser dieses Buches nicht für kompetent, überhaupt ist die Aufstellung eines Einheitsformates Sache des Übereinkommens aller beteiligten Kreise, wozu vor Allem die photographischen Vereinigungen berufen sein müssen.

Unbedingt muß zugegeben werden, daß das „englische Format“  $8:2:8:2\text{ cm}$  (oder  $8:5:8:5\text{ cm}$ ) heute das weitaus verbreitetste ist, es ist nicht nur das älteste, sondern auch das bequemste und billigste, darüber besteht kein Zweifel; nicht nur die englischen Erzeuger von Laternbildern besitzen diese Plattenformate für ihre nach Hunderttausenden zählenden Diapositive, auch die französischen, deutschen und österreichischen Firmen liefern die Laternbilder auf Wunsch oder viele von ihnen überhaupt nur in dem englischen Format; viele Amateur-Photographenklubs haben die Plattengröße  $8:2:8:2\text{ cm}$  offiziell eingeführt, unter anderen der besten Ruf genießende Kameraklub in Wien\*), und bei einem im Jahre 1905 von der „Amateur-Fotografen-Vereeniging“ in Amsterdam ausgeschriebenen „Internationalem Laternbilderwettbewerb“ war die Plattengröße  $8:2:8:2\text{ cm}$  als Normalformat festgestellt. Man darf getrost dieses Format als das internationale bezeichnen!

Im Deutschen Reiche sind im Laufe der letzten Jahre wiederholt Stimmen gegen das kleine quadratische Format laut geworden und für die Plattengröße  $9:12\text{ cm}$  lebhaft eingetreten;\*\*\*) auch Prof. Neuhauss gehört zu den eifrigsten Vorkämpfern dieses Formats und legt in seinem oft zitierten Werke klar und meist streng sachlich die Vorzüge der  $9:12\text{ cm}$ -Platten dar, die gewiß vollkommene Geltung haben, so lange es sich nur um Laternbilder eines Amateurphotographen handelt. Ein berechtigter Vorwurf gegen das quadratische Format  $8:2:8:2\text{ cm}$  — besonders vom Standpunkte des Lehrers, der zu seiner raschen Orientierung bei der Vor-

---

\*) Über die Vorteile des kleinen quadratischen Formats siehe den Aufsatz von Josef Beck in Wien, in Eders Jahrbuch 1900, S. 267. — Auch J. Herfner tritt in einem Aufsätze „Skiptikon“, XX. Band, 1904, III. Heft, S. 40) für das „englische“ Format entschieden ein.

\*\*) Es wurde vielfach der Umstand betont, daß man es in Deutschland nicht nötig habe, sich ein ausländisches Format aufdrängen zu lassen (ein etwas chauvinistischer Grund, der in einer mehr oder weniger wissenschaftlichen und künstlerischen Angelegenheit nicht ins Treffen geführt werden sollte!). Unter anderem hat die „Deutsche Gesellschaft von Freunden der Photographie in Berlin“ dem Ansinnen der „Union internationale de Photographie“, das Plattenformat  $8:8$  an Stelle des rechteckigen größeren Formats einzuführen, mit „der Mitteilung des Austrittes der Gesellschaft aus der „Union“ auf Antrag des Herrn Prof. Miethe beantwortet“ (Phot. Rundschau, 1899, Vereinsnachrichten, S. 129).



bereitung zum Unterricht gern auf dem Laternbilde einige, das dargestellte Bild betreffende Notizen anbringen würde — ist, daß es, namentlich bei möglichst den verfügbaren Raum ausnützendem quadratischen Bildern, gerade nur den notdürftigsten Platz zur Unterbringung der Aufschrift gestattet\*) und daß auch die richtige Einstellung des Bildes in den Bildschieber nicht immer sicher genug ist. (Letzterer Mangel läßt sich wohl durch eine streng einheitliche Markierung aller Bilder einer Sammlung leicht beheben! s. S. 158.)

Das sogenannte französische Format 8:5:10 *cm* wurde zuerst von der bekannten Firma Levy et ses fils in Paris für ihre Laternbilder im großen benützt; seine Einführung dürfte nach Dr. Hugo Krüss in Hamburg\*\*) durch die Benützung der Stereoskopnegative (die Firma Levy ist noch heute durch ihre ausgezeichneten Glas-Stereoskopbilder berühmt) für Laternbilder verursacht worden sein. Abgesehen von dieser entwicklungsgeschichtlichen Berechtigung bietet das rechteckige Format den für Schulzwecke großen Vorteil, daß beiderseits von dem meistens nur bis 7:7 *cm* großem Bilde ein etwa 15 *mm* breiter Raum übrig bleibt, auf welchem Etiketten zur Aufnahme einer genauen Bilderbezeichnung, ja selbst für kurze Notizen Platz finden, was für wissenschaftliche Darstellungen sehr wertvoll ist. Überdies bedingt die rechteckige Form der Platten eine sichere Orientierung beim Einsetzen der Laternbilder in das Skioptikon. Eine große Reihe von hervorragenden Firmen hat aus den angegebenen Gründen das Format 8:5:10 *cm* als Normalformat angenommen (Krüss, Hamburg, Ernecke, Berlin, Dr. F. Stöedtn er, Berlin, Unger & Hoffmann, Dresden, Liesegang, Düsseldorf, R. Lechner, Wien), doch liefern sie alle auf Bestellung ihre Laternbilder auch im englischen Formate; manche berechnen hiebei das letztere etwas billiger (z. B. Unger & Hoffmann mit 80 Pf. das Stück gegenüber 1 Mk. für französisches Format). Auch bei der Selbstanfertigung der Laternbilder stellt sich das rechteckige Format naturgemäß etwas teurer als das billigste quadratische Format 8:2:8:2 *cm* (der Unterschied zwischen dem Preise für 1 Dutzend Diapositivplatten in quadratischem und in rechteckigem Formate beträgt zwischen 15—40 h).

Das große rechteckige Format 9:12 *cm*, das wie erwähnt, besonders Herr Prof. Neuhaus empfiehlt,\*\*\*) wird neuestens von vielen Amateurphotographen-Vereinen in Deutschland angewendet; es hat gewiß den

\*) Bruno Meyer, Photogr. Korrespondenz, 1899, Augustheft.

\*\*) Photographische Rundschau, 1901, Heft 1. — Die nach den Originalplatten kopierten Glas-Stereoskopbilder 9:18 *cm* wurden in zwei Hälften geschnitten und jedem Einzelbilde wurde in einer Schmalseite ein Glasstreifen von solcher Breite angefügt, daß das eigentliche Bild dadurch in die Mitte gerückt wurde, wodurch das Gesamtformat 8:5:10 *cm* sich ergeben hat; es sollen noch heute derartige Landschaftsbilder französischen Ursprunges im Handel sein.

\*\*\*). Außer in seinem oft zitierten Werke in „Photogr. Rundschau“, 1899. Band XIII, S. 324.



schätzenswerten Vorteil, daß man von dem heute in Amateurkreisen am meisten benützten Plattenformate für Negative 9:12 direkt im Kontakt-  
druck, also ohne umständliche Verfahren (siehe darüber S. 148) Latern-  
bilder kopieren kann, ohne vielleicht wesentliche Teile des Bildes durch  
Verwendung von kleinen Laternplatten durch sogenanntes „Herauskopieren“  
eines Bildteiles verlieren zu müssen.\*) Diesem einzigen Vorteile stehen für  
Schulzwecke, auf die in unserem Buche ja ausschließlich Rücksicht genommen  
werden muß, als Nachteile gegenüber: die Notwendigkeit größerer Kon-  
densorlinsen, die in einem kleinen Schulskiptikon überhaupt nicht anzubrin-  
gen sind oder deren höherer Preis die Anschaffungskosten des Projektions-  
apparates nicht unwesentlich erhöht; der große Raum, den eine einiger-  
maßen bedeutende Schulsammlung von 9:12 - Platten einnimmt und endlich  
der weitaus höhere Preis der großen Platten, der gleichfalls bei Anlegung  
einer Sammlung eine wichtige Rolle spielt. Die Preisdifferenz zwischen  
Diapositivplatten von 9:12 *cm* gegenüber solchen im Formate 8:2:8:2 *cm*  
oder 8:5:10 beträgt für ein Dutzend 70 h bis K 1.50, also es kosten die  
Platten in „deutschem“ Formate  $1\frac{1}{2}$ —2mal so viel als die kleinen Latern-  
platten\*\*) oder noch deutlicher gesagt, man bekommt für einen bestimmten  
Betrag  $1\frac{1}{2}$ —2mal so viel kleine Laternbilder als wie große! Und das  
dürfte für den Standpunkt des Lehrers maßgebend sein. — Endlich ist das  
Plattenformat 9:12 ja noch lange nicht das Einheitsformat der Amateur-  
photographen, viele arbeiten mit kleineren Aufnahmen insbesondere auf Stereo-  
skopplatten (deren Hälften unmittelbares Kopieren von kleinen Latern-  
bildern gestatten) oder andere ziehen größere Formate von 12:16 oder  
13:18 *cm* vor.

**Anforderungen an Laternbilder für Schulzwecke.** Nach den  
obigen Auseinandersetzungen muß als erste Forderung — immer mit aus-  
schließlicher Berücksichtigung einer Schulsammlung — die Gleichheit  
des Formats aufgestellt werden; die Verfasser halten aus Gründen der  
Handlichkeit, Billigkeit und der leichtesten Beschaffung, auch aus Rücksicht  
auf die meisten der im Handel vorrätigen Bilder, das kleine quadratische  
oder „englische“ Format (durchschnittlich 8:2:8:2 *cm*) für Schulsammlungen  
für das Geeigneteste, wobei die Anlegung eines sorgfältigen Zettelkataloges  
empfohlen wird; auf jedem Zettel können neben der Angabe der eigentlichen

\*) Dazu sei noch bemerkt, daß die meisten Laternbilder für Schulzwecke, soweit  
sie vom Lehrer selbst angefertigt werden, wohl nach verschiedenen Vorlagen, wie Photo-  
graphien, Zeichnungen in Lehr- und Handbüchern u. s. w. hergestellt werden müssen; da  
hat es ja der Photographierende in der Hand, seine Aufnahme gleich für kleine Latern-  
plattenformate, also in der Bildergröße von beiläufig 7:7 *cm* zu machen und kann dann  
auf die einfachste Weise durch Kontaktdruck seine Laternbilder kopieren.

\*\*) Fertig käufliche Laternbilder kosten um  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  mehr; z. B. berechnet die  
Firma Unger & Hoffmann in Dresden die Laternbilder im Formate 9:12 zu Mk. 1.25,  
im Formate 8:5:10 zu Mk. 1.—, im Formate 8:5:8:5 zu 80 Pf.



Bilderbezeichnung und Inventarnummer kurze Notizen über den Bildinhalt, besondere für den Unterricht wichtige Daten, eventuell ein Literaturhinweis bezüglich jedes einzelnen Bildes Platz finden; dadurch wird eine Sammlung für jedermann brauchbar, nicht nur vielleicht für den Lehrer, welcher sie ursprünglich angelegt, vielleicht selbst die Bilder gefertigt hat, daher mit jedem Bilde individuell vertraut ist.

Laternbilder für Lehrzwecke sollen möglichst klar und nicht zu dicht sein; die Deckung in den Schattenpartien darf nur so stark sein, daß noch alle Details darin erkennbar sind, dabei müssen die Lichter vollkommen glasklar sein. Die Bilder sollen kräftig genug, jedoch ohne störende Härte sein, um dem Schüler ein plastisch wirkendes Bild zu geben (bei sehr kontrastreichen Laternbildern, z. B. von Landschaften, kommt oftmals ein sehr unerwünschter und häßlicher Schneeeffekt heraus); allzu weiche bis flauere Bilder sind hingegen für den Unterricht unbrauchbar. Nur bei Laternbildern, die Strichzeichnungen, Holzschnitte, Autotypien und ähnliches wiedergeben, ist möglicher Kontrast zwischen den schwarzen Linien und Punkten und dem vollkommen glasklaren Grunde zu fordern. Für die Wirkung eines Laternbildes bei der Projektion ist jedoch auch die Beschaffenheit des benützten Skioptikons ausschlaggebend; je kräftiger die Lichtquelle und je kleiner im Verhältnisse dazu die Projektionswand ist, desto kräftiger darf das Laternbild sein. Bei Benützung von schwachen Lichtquellen, wie Petroleum-, Gas- und elektrischem Glühlichte verwendet man mit Vorteil nur zarte (nach dem photographischen Ausdruck „weiche“) Bilder.

## I. Käufliche Laternbilder.\*)

Die Zahl der im Handel erhältlichen Laternbilder ist heute eine überaus große und die meisten Gebiete des Unterrichts, für welche die Verwendung eines Skioptikons in Betracht kommt, sind unter den käuflichen Laternbildern in reichlicher Auswahl vertreten. Dabei ist ihr Preis ein verhältnismäßig geringer, wenngleich die Selbstanfertigung von Diapositiven durch den Lehrer, der sich aus Liebe zur Sache und begeistert für seine pädagogischen Aufgaben der Mühe unterzieht, noch wesentlich billiger kommt und den Vorteil bietet, daß dann wirklich Bilder zu Gebote stehen, wie sie für die speziellen Zwecke der Schule und nach der individuellen Auffassung des Lehrers als besonders geeignet erscheinen. Andererseits darf man aber nicht vergessen, daß außerordentlich viele wertvolle Bilder, aus Mangel an geeigneten Vorlagen, die oft sehr schwer, häufig gar nicht zu beschaffen sind, selbst nicht angefertigt werden können, so daß man sich zum Ankaufe entschließen muß. Einen Übelstand hat wohl das Bestellen der Laternbilder nach Katalogen: man erkennt selten aus der einfachen Bild-

\*) Dazu auch der Aufsatz: „Über Laternbilder“ von Dr. K. Hassack; Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädag. Literatur, Wien, 1905, Nr. 4, S. 120.



bezeichnung der Listen, ob ein ausgewähltes Bild für den Unterricht geeignet ist, wirklich das Wesentliche zeigt, was der Lehrer von ihm wünscht. Bei größeren Bestellungen behalte man sich daher vor, die bei genauer Besichtigung als ungeeignet erkannten Bilder dem Lieferanten zurücksenden oder umtauschen zu können. Einige Firmen, z. B. Würthle & Sohn in Wien, Dr. Stödtner in Berlin, Unger & Hoffmann in Dresden, senden Papierkopien ihrer Laternbilder als Ansichtssendung ein, nach denen man leicht und verlässlich seine Auswahl treffen kann; es wäre dieser Vorgang allen einschlägigen Firmen wärmstens zu empfehlen.

Wir beschränken uns hier darauf, die bedeutendsten Firmen, welche Laternbilder in den Handel bringen, aufzuzählen und die Preise sowie Formate ihrer Erzeugnisse, so weit sie uns bekannt sind, anzugeben. In den späteren Kapiteln, in denen die Benützung des Skioptikons für einzelne Unterrichtsgegenstände besprochen wird, wollen wir hervorheben, bei welchen Lieferanten Laternbilder für jedes einzelne Fach in reicherer Auswahl zu finden sind.

In Österreich hat zuerst der Photograph Leo Reiffenstein in Wien, III., sich mit der Herstellung von Laternbildern, besonders nach Aufnahmen aus der österr.-ungar. Monarchie beschäftigt.

Alois Beer, k. und k. Hofphotograph in Klagenfurt, liefert nach den meisten seiner vorzüglichen Landschafts- und Marineaufnahmen (Hauptliste und Nachträge enthalten etwa 9000) sehr gute Diapositive in den Formaten  $8.5 \times 8.5$  oder  $8.5 \times 10$  cm, das Stück zu K 1.50 und geht unter gewissen Bedingungen auch auf Auswahlsendungen ein.

H. Dümler, Mechaniker, Wien, IX. Schwarspanierstraße 4 u. 6, erzeugt Diapositive (auch Stereoskopbilder) der menschlichen Anatomie und zur Naturgeschichte. (Preis eines Diapositivs K 1.10, 100 Stück K 90.—.)

R. Lechner (Wilh. Müller) in Wien, I. Graben 31, führt in seiner neuesten Liste etwa 6000 Laternbilder auf. Preis für Schulen bei Abnahme von mindestens 20 Stück für 1 Stück K 1.20 (sonst K 1.50); für einige Serien sind höhere Preise angesetzt; Normalformat  $8.5 \times 10$  cm, auf Wunsch auch  $8.2 \times 8.2$  cm. Die meisten Bilder sind serienweise auf Grund von Vorschlägen hervorragender Schulmänner für den Lehrplan an österreichischen Mittelschulen zusammengestellt, auch sind zu den meisten Reihen passende Texte zu haben. Erwähnt sei, was später kaum mehr anzubringen ist, daß die Firma auch Laternbildserien zu bekannten Märchen führt.

A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien, V. Margaretenplatz 2, stellt zurzeit über 6000 Laternbilder zur Auswahl, unter denen technologische Bilder und vorzügliche Mikrophotogramme besonders hervorgehoben werden müssen. [Normalformat  $8.5 \times 8.5$  cm, Preis bei Abnahme von 20 Stück je K 1.— (85 Pf.), von kolorierten Bildern K 2.— bis 2.20 (Mk. 1.70 bis 2.—); die Mikrophotogramme sind infolge ihrer kostspieligen Herstellung etwas teurer, K 1.80 (Mk. 1.50) das Stück.]. Zu einigen Bildserien sind Vortragstexte vorhanden.



Würthle & Sohn in Wien, I. Kärntnerstraße 38 (Zweigniederlassungen in Salzburg und Freilassing) liefern von allen ihren Landschafts- und Städtebildern (etwa 9500 vorhanden, darunter das österreichische Alpengebiet am reichlichsten vertreten) Diapositive in den Formaten  $8.5 \times 8.5$  und  $8.5 \times 10$  zu K 1.50, in  $9 \times 12$  zu K 1.75; kolorierte Bilder um K 1.30 mehr.

Ferner liefern die Lehrmittelfirmen W. J. Rohrbecks Nachfolger, Wien, I. Kärntnerstraße 59, Lenoir & Forster, Wien, Waaggasse 5, A. Moll, I. Tuchlauben 9, Felix Neumann, Wien, I. Milchgasse, Langer & Komp., Wien, III. Hauptstraße 95, und andere Händler Laternbilder, meist fremde Erzeugnisse.

Von Lieferanten im Deutschen Reiche seien genannt: F. Ernecke, Hoflieferant Sr. Maj. des Deutschen Kaisers in Berlin, Tempelhof, Ringbahnstraße 4. Jedes Laternbild im Formate  $8.5 \times 10$  cm Mk. 1.50 (Bilder von Statuen mit schwarzem Hintergrunde Mk. 2.—).

R. Hüttig & Sohn, Akt.-Ges., Dresden (Filiale: Wien, IX. Berggasse 4), Bilder aus Deutschland im Formate  $8.5 \times 8.5$  das Stück 75 h, 100 Stück K 60.—,  $8.5 \times 10$  zu K 1.20, bzw. K 100.—. Bilder aus anderen Ländern 100 Stück K 75.—, im Formate  $8.5 \times 10$  cm K 112.50.

A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke 7, hat in seinen Katalogen über 8000 Bilder, darunter vorzügliche astronomische, meteorologische und pflanzengeographische. Normalformat  $8.5 \times 10$  cm, Preis Mk. 1.50, koloriert Mk. 4.—.

E. Liesegang, Düsseldorf-Bilk, Volmerswertherstraße; die Kataloge führen etwa 30.000 Bilder auf, zum Teil in Woodburydruck. (Preis eines Bildes im „Vereinsformat“  $8.5 \times 10$  cm Mk. 1.20). Hervorzuheben sind die Projektionsbilder für Kunstgeschichte (über 3000) nach Originalaufnahmen von Franz Hanfstaengl & Komp. in München und von Braun, Clement & Co. Dornach, Paris (darüber Spezialkatalog).

Unter der Bezeichnung „Dodeka-Lichtbilder-Serien“ verkauft die Firma je 12 Stück ausgesucht schöner Bilder aus einzelnen Städten oder Ländern zum Preise von Mk. 10.— (koloriert Mk. 25.—).

Gebrüder Mittelstrass, Hoflieferanten in Magdeburg, Breiteweg 38; Preis eines Laternbildes  $8.5 \times 10$  cm Mk. 1.—, bemalt um Mk. 1.— bis 3.— teurer.

Dr. F. Stödtner, Institut für wissenschaftliche Projektionsphotographie, Berlin, ist durch seine Bilder zur Kunstgeschichte und spezielle, eingehende Städtebilder bedeutend; im ganzen etwa 16.000 Nummern. Preis für ein Bild im Normalformat  $8.5 \times 10$  cm 85 Pf., farbige Bilder Mk. 3.— Die Firma führt neuestens unzerbrechliche Laternbilder auf Glimmerplatten zum Preise von Mk. 1.75 das Stück.

Romain Talbot, Berlin, C., Kaiser-Wilhelmstraße 46, führt in seiner Bilderliste etwa 20.000 Nummern auf; geographische Bilder kosten Mk. 1.—, Photogramme nach botanischen Bildern Mk. 1.50; kolorierte Bilder zu Mk. 2.50 das Stück.



Unger & Hoffmann in Dresden A. 16, Reissigerstraße 30—40 (Filiale in Berlin, Eichhornstraße 1). Der Katalog enthält eine Auswahl von etwa 10.000 Bildern (560 Gruppen); darunter sind besonders solche von Skulpturen, berühmten Gemälden der Dresdner Galerie, die bekannten „Künstlersteinzeichnungen“ (aus dem Verlage von B. G. Teubner und von R. Voigtländer in Leipzig). Preis für Format  $8.3 \times 8.3$  80 Pf. (100 Stück Mk. 70.—), für Format  $8.5 \times 10$  cm Mk. 1.— (100 Stück Mk. 90.—) und für Format  $9 \times 12$  Mk. 1.25 (100 Stück Mk. 115.—); kolorierte Bilder je nach Format Mk. 2.— bis 3.—. — Für einige Serien gelten höhere Preise.

Otto Wigand in Zeitz bei Leipzig führt besonders Laternbilder für den naturwissenschaftlichen Unterricht; Bilder in den Größen  $8.5 \times 10$  oder  $9 \times 10.5$  cm jedes Mk. 1.50 (bei Abnahme von mindestens 20 Stück Mk. 1.20 die Platte).

Ferner Müller & Wetzig, Dresden A. 16, Dürerstraße 100; Fuhrmann in Berlin und Sieg. F. Meissl in Berlin.

Ganz & Co. in Zürich, Bahnhofstraße 40, haben viele Bilder aus der Schweiz; Format  $8.5 \times 10$ , das Stück zu Frs. 1.25, farbig Frs. 3.75.

Von französischen Firmen sind I. Lachenal, Paris, 72. Boulevard de Sébastopol, und I. Lévy & Co., Paris, 28. Avenue de l'Opera, zu nennen; letztere liefert Laternbilder, meist auf Albuminplatten hergestellt, von besonderer Klarheit und Feinheit (etwa 30.000 Stück zur Auswahl); 1 Dutzend im Format  $8.5 \times 10$  kostet Frs. 15.—. Die Firma A. Molteni (Radiguet & Massiot, Successeurs, Paris, Rue du Chateau-d'Eau) verkauft die gewöhnlichen Laternbilder zu Frs. 1.— das Stück, gemalte Bilder kosten Frs. 4.— bis 8.—. — Die bekannte italienische Photographenfirma G. Sommer & Figlio, Neapel, Largo Vittoria, Palazzo Sommer, liefert nach allen ihren Aufnahmen auch Laternbilder, zu Frs. 1.— das Stück.

Einige englische Erzeuger haben die größte Auswahl an Laternbildern, da in England die Verwendung des Projektionsapparates im Unterricht und bei Vorträgen eine außerordentlich ausgedehnte ist und überhaupt zuerst eingeführt wurde. Die bedeutendsten sind: Newton & Co., London, 3. Fleet Street, Temple Bar (ungefähr 150.000 Bilder in den Listen), E. G. Wood, London, 74. Cheapside (hat 200.000 Bilder zur Auswahl!) York & Son, 67, Lancaster Road, Notting Hill, London W. (etc. 24.000 Bilder), H. Luscombe Toms (Late E. Marschall), 78, Queen Victoria Street, London E. C., W. F. Stanley, 13, Railway Approach London Bridge, London S. E. und Wilson Brothers, Loch-Head House, Aberdeen (Schottland). Format ausschließlich  $8.2 \times 8.2$ , Preis meist 1 sh. bis 1 sh. 3 d. das Stück, gemalt 2—6 sh.; die englischen Firmen liefern fast zu allen ihren Bilderserien gedruckte Vorträge (*Lectures*). Die englischen Laternbilder werden meistens nach dem Kollodiumverfahren gefertigt oder in Woodburydruck und sind zum Teile von ganz hervorragender Schönheit und Brillanz, besonders die Landschaftsbilder; hingegen sind manche naturhisto-



rische Diapositive nur nach Holzschnitten oder gar nach zum Teil sehr rohen Tuschzeichnungen hergestellt. — Von amerikanischen Firmen ist uns nur bekannt: Th. M. Allister Manufacturing Optician, 49, Nassau Street, Newyork (Preis für ein Laternbild 50 cts, für 100 Stück \$ 40.—).

## II. Ausleihen von Laternbildern.

In England und Frankreich stellen die größeren Lieferanten von Laternbildern und Skioptikons gegen Entrichtung von bestimmten Leihgebühren Bilderserien, auf Wunsch auch samt gedruckten Vorträgen, für Schulen, Vereine u. s. w. zur Verfügung. In Paris befassen sich das „*Musée pédagogique*“ und „*La Ligue française de l'Enseignement*“ mit Verleihen von Laternbildern. Dies ist eine sehr praktische Einrichtung, die in Österreich unseres Wissens bisher nur die Firma Würthle & Sohn in Wien\*) nachgeahmt hat. Hingegen wird das Beispiel im Deutschen Reiche schon zum Teile befolgt; die früher genannte Firma E. d. Liesegang in Düsseldorf hat zurzeit über 150 Bilderserien samt Vortragstexten zu je 50—100 Platten zum Ausleihen lagernd; die Leihgebühr (bei einmaliger Benützung der Serien) beträgt Mk. 4.— bis 10.— Mittelstrass in Magdeburg, Sigmund F. Meisel in Berlin, Fuhrmann in Berlin (Passage) und Unger & Hoffmann in Dresden leihen auch Laternbilder aus. In ausgedehnter und praktischer Weise hat die Firma Dr. F. Stoedtner in Berlin das Ausleihen von Laternbildern, speziell für kunstgeschichtliche Vorträge, eingerichtet; die Leihgebühr für eine Bildserie samt Vortragstext ist Mk. 7.50 für 10 Tage.

Für Verpackung und Porto kommen 50—75 Pf. in Rechnung, die Rücksendung muß portofrei erfolgen. Dazu werden auch Skioptikons für Kalk- oder elektrisches Licht verliehen (Gebühr etwa Mk. 20.— bis 25.— für den Abend).

In Wien besteht seit mehr als zehn Jahren ein besonderer Verein von Schulmännern und Amateurphotographen, „Wissenschaftlicher Verein Skioptikon“ (I. Stubenbastei 3), welcher sich in aner kennenswerter Weise mit der Beschaffung von Laternbildern beschäftigt und sie gruppenweise an Schulen der Stadt und der Provinz ausleiht. Zurzeit sind rund 5000 Bilder vorhanden; an Schulen werden sie unentgeltlich entlehnt, nur eine Verpackungsgebühr von 1 K für die ganze Serie und die Portoauslage werden berechnet. — Es würde sich empfehlen, um einzelnen, namentlich weniger bemittelten oder neu errichteten Lehranstalten die leichte und ausgiebige Beschaffung von Laternbildern zu ermöglichen, wenn für die einzelnen Schulkategorien größerer Städte oder eines ganzen Landes Zentralstellen für Ankauf und Herstellung von Diapositiven für den Unterricht errichtet würden, welche die Bilder an die einzelnen Schulen leihweise abgeben; übrigens ist in Österreich schon eine derartige Organisation für die kunstgewerblichen Lehranstalten und für die Textilschulen vorhanden, nämlich das „Lehrmittelbureau im österreichischen Museum für Kunst und Industrie“ in Wien. — Auch

\*) Leihgebühr für die Woche 40 h per Stück.



die Anbahnung eines Tauschverkehrs in Laternbildern zwischen verwandten Schulen würde eine wesentliche Hebung der Benützung des Skioptikons als wertvollstes Lehrmittel bewirken.

### III. Das Anfertigen von Laternbildern.

Wenngleich es nicht Aufgabe unseres Buches sein kann, das Anfertigen von Laternbildern ausführlich zu besprechen, so wollen wir doch, aus eigener Erfahrung schöpfend, davon das Wichtigste besprechen und auf manches in der Praxis Wertvolle aufmerksam machen, was in der einschlägigen Spezialliteratur nicht in dem unseres Erachtens nötigen Ausmaße erörtert wird, während wir im übrigen auf diese selbst hinweisen dürfen.\*)

Am häufigsten wird der Lehrer, der für den Unterricht seiner Schule Laternbilder anfertigt,\*\*) sie nach ihm zur Verfügung stehenden Photographien, Zeichnungen in Büchern, Karten, Wandtafeln u. s. w. herstellen müssen; nur selten werden ihm Negative von direkten Aufnahmen zur Hand sein, welche für seine Zwecke passend sind. Daher wird vor allem die Reproduktion von Laternbildern nach solchen Vorlagen hier ausführlich erörtert.\*\*\*)

#### 1. Herstellung von Negativen nach Vorlagen.

Für das Anfertigen von Laternbildern sind natürlich gewisse photographische Vorkenntnisse Bedingung; bei der heutigen Verbreitung der Amateurphotographie werden sich gewiß in jeder Lehranstalt ein oder mehrere Herren finden, welche Vertrautheit mit den einschlägigen Arbeiten und dazu die Lust und Aufopferung besitzen, Laternbilder in größerer Zahl für die Schule zu machen. Zur Herstellung von Reproduktionen nach vorhandenen Vorlagen reicht eine **einfache Stativkamera** für das Format  $9 \times 12$  cm mit vertikal verschiebbarem Objektivbrett und mit langem Balg- auszug vollkommen aus; am wichtigsten ist, daß sie mit einem guten Objektiv ausgestattet sei, das vollkommen richtig und scharf die Vorlage wiedergibt. Apparate für unsere Zwecke samt Stativ sind schon zum Preise von etwa K 65 zu haben; das Objektiv soll eine Brennweite von 120 bis 180 mm

---

\*) Hermann Schnauss, Diapositive. Dresden 1897, Verlag des „Apollo“. — G. Mercator, Die Diapositivverfahren. Halle a. d. S., W. Knapp 1897. — P. Hanneke, Die Herstellung von Diapositiven. Berlin, G. Schmidt 1902.

\*\*) Ein selbst hergestelltes Laternbild stellt sich samt Deckglas und Montierung, einschließlich Verbrauch an Chemikalien auf ungefähr 24 h; wenn auch das Negativ dafür eigens angefertigt wird, auf beiläufig 45 h.

\*\*\*) Die meisten Fachphotographen und insbesondere die Händler mit Laternbildern übernehmen das Anfertigen von Diapositiven nach gegebenen Vorlagen oder nach Negativen, doch stellt sich die Sache ziemlich teuer. (Z. B. berechnet die Firma R. Lechner in Wien für ein Diapositiv  $8.2 \times 8.2$  cm auf Edwards-Platten nach eingesandten Negativen, fertig montiert, K 1.50, Unger & Hoffmann in Dresden 80 Pfg., für Anfertigen eines besonderen Negativs nach gegebener Vorlage Mk. 1.—.)



haben und mit kleinen Einsteckblenden, bequemer noch mit Irisblende versehen sein. Es wird etwa K 60.— bis 120.— kosten (die meisten Objektive der Firmen Busch, Görz, Reichert, Steinheil, Voigtländer, Zeiss und anderer sind gleich gut verwendbar). Auf der Mattscheibe der Kamera zeichne man sich mittels Tusch- oder Bleistiftlinien das Format der Laternbilder ein, also ein Quadrat von 7·5 : 7·5 cm. Um die Kamera leicht und sicher genau horizontal stellen zu können, ist es sehr zu empfehlen, an ihr eine kleine Dosenlibelle anzubringen. — Für Reproduktionen ist ein einfacher Kappenverschluß für das Objektiv vollkommen ausreichend, auch kann man einen für Zeitaufnahmen geeigneten Verschluß am Objektiv verwenden; die Expositionszeit beträgt bei Reproduktionen stets mehrere Sekunden.

Als **Plattenmaterial** sind besonders Platten mittlerer Empfindlichkeit zu empfehlen (die sogenannten „ordinären“ oder „Landschaftsplatten“, von ungefähr 18—22° W. oder besondere „photomechanische“ Platten, z. B. von der Firma Smith in Zürich\*), da sie einen großen Spielraum in der Expositionszeit gewähren und nach reichlicher Exposition nicht so leicht beim Entwickeln verschleiern, wie hochempfindliche Platten. Zur Reproduktion von Schwarz-weiß-Bildern (Holzschnitten, Autotypien u. s. w.) eignen sich „Isolar-“ oder andere lichthoffreie Platten ganz besonders, auf ihnen werden die Striche und Punkte solcher Vorlagen auf das Genaueste wiedergegeben, ohne daß durch Lichthofbildung ein Verschwimmen der Linien und Punkte hervorgerufen wird. Ferner ist eine einfache **Staffelei** mit darauf in mittlerer Höhe befestigtem Reißbrette notwendig, auf welchem die Vorlagen befestigt werden können, und natürlich eine **Dunkelkammer** für das Entwickeln der Negative und die Herstellung der Laternbilder. Verfügt man über keine Staffelei, so kann die Vorlage auch auf einen Tisch in der Nähe des Fensters gelegt und die Kamera in lotrechter Stellung darüber angebracht werden, was jedoch unbequem ist.

Die **photographische Aufnahme** der zu reproduzierenden Vorlagen kann in jedem gut beleuchteten Raume, auch im Freien geschehen; sehr gut eignet sich ein Zimmer mit ein oder mehreren hohen und breiten Fenstern, besonders wenn seine Wände und Möbel recht hell sind, weil das davon reflektierte Licht eine gleichmäßigere Beleuchtung der Vorlagen bewirkt. Zum Zwecke der Aufnahme wird die Staffelei in der Nähe eines Fensters, am besten eines gegen Norden gelegenen aufgestellt, und zwar, wenn Photographien mit glatter Oberfläche wiedergegeben werden sollen, schräg,

\*) Die Preise für gewöhnliche Negativplatten liegen zwischen K 1.60 (z. B. die guten „Konsumplatten“ von A. Lainer in Wien) und K 3.— für ein Dutzend im Format 9 × 12. — Sehr gute Erfahrungen haben wir mit „Ordinary Plates“ der Ilford-Comp. in London gemacht, die mittlere Empfindlichkeit haben und tadellosen Guß aufweisen (Preis K 2.60 für 1 Dutzend 9 × 12 cm). — Die vortrefflichen „Isolarplatten“ der „Agfa“-Gesellschaft (Aktiengesellschaft f. Anilinfabrikation in Berlin) sind für Schwarz-weiß-Bilder sehr geeignet.



etwa in einem Winkel von  $60$  bis  $75^{\circ}$  zu jener des Fensters; das Reißbrett selbst soll in genau lotrechter Lage sich befinden (Fig. 145). Die Aufstellung ist so zu wählen, daß eine von der Mitte des Reißbrettes ausgehend gedachte Achse die Fensterebene in etwa  $2.5$ — $3 m$  Entfernung schneidet, wodurch zwischen Fenster und Reißbrett noch genügend Raum zur richtigen Aufstellung der Kamera sich ergibt. Bei Photographien mit glänzender Oberfläche ist diese Art der Aufstellung am besten, weil dadurch das lästige Spiegeln der Oberfläche vermieden wird. Wenn hingegen schwarzweiße Bilder, also z. B. Holzschnitte oder Autotypien aus Büchern, Karten u. s. w. reproduziert werden sollen, die eine mehr oder weniger rauhe Oberfläche besitzen, muß das Reißbrett fast parallel bis zu einem Winkel von  $10^{\circ}$  zum Fenster, in einer Entfernung von  $1\frac{1}{2}$  bis  $2 m$  davon, aufgestellt werden, weil sonst infolge der rauhen Oberfläche der Vorlage bei Seitenbeleuchtung das Korn des Papiers auf der Reproduktion mitphotographiert wird, was an Laternbildern sehr störend ist.

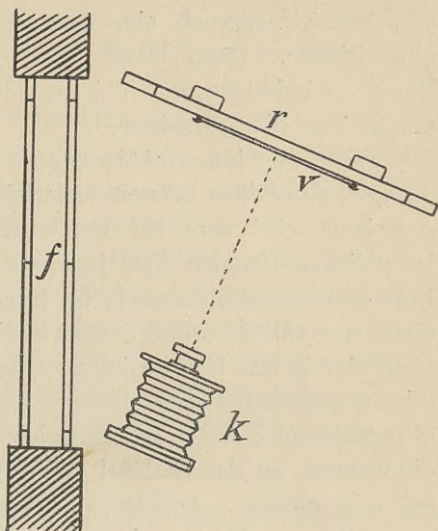


Fig. 145. Aufstellung des photogr. Apparates zur Reproduktion von Photographien; *f* Fenster, *k* Kamera, *r* Reißbrett auf Staffelei, *v* Vorlage.

Die Vorlage wird in der Mitte des Reißbrettes am einfachsten mit Reißnägeln befestigt; hat man viele Aufnahmen aus Büchern vor, so ist es vorteilhaft, auf dem Reißbrette eine entsprechend breite horizontale Leiste anzubringen, auf die man die Bücher in richtiger Höhe aufstellen und an den Ecken mit Bändern, die durch Reißnägeln gehalten werden, gut befestigen kann; Bücher (sowie alle Vorlagen) sollen möglichst flach liegen. Ein Bedecken der Vorlage mit einer Glastafel, wie es öfters empfohlen wird, ist nicht gut, wenn auch dadurch ein besseres Planliegen erzielt wird; denn die Spiegelungen auf der Glasplatte können auf der Platte sehr störend erscheinen. Nun wird die Kamera in geeigneter Entfernung vor der Staffelei aufgestellt und mit Hilfe der Libelle so gerichtet, daß ihr Grundbrett vollkommen horizontal steht; die Achse des Objekts muß genau die Mitte der Vorlage treffen und das Objektivbrett möglichst parallel zum Reißbrette stehen.\*)

Jetzt wird das Einstellen in der hier als bekannt vorausgesetzten Weise durchgeführt, so daß das Bild der Vorlage auf der Mattscheibe in

\*) Hat man sehr viel zu reproduzieren, so kann man mit Hilfe eines einfachen Gestelles ein Laufbrett senkrecht zum Reißbrette und darauf die Kamera befestigen, so daß stets ihr Objektivbrett parallel zur Ebene der Vorlage stehen muß.



der gewünschten Größe erscheint, also bei Zugrundelegung des quadratischen Laternbilderformats von  $8.2 \times 8.2$  cm so, daß die längste Seite des Bildchens etwa 7.5 cm beträgt; hier leistet das oben empfohlene Einzeichnen der Bildgröße auf der Mattscheibe vorzügliche Dienste. Um sehr genau einstellen zu können, bediene man sich dazu einer entsprechenden Lupe und stelle so scharf als möglich ein, zuerst bei voller Öffnung des Objektivs, d. h. ohne Blende. Dann blende man unter Benützung einer ziemlich kleinen Blende, mindestens von  $f/24$  bis  $f/36$  ab, um die Bildscharfe zu erhöhen und mache nun die Aufnahme.

Für die Expositionszeit lassen sich keine genauen Angaben machen, denn hier müssen vielerlei Faktoren berücksichtigt werden. Im allgemeinen wird man bei Reproduktionen von gewöhnlichen Photographien im üblichen braunen Ton je nach der Jahres- und Tageszeit und nach Beschaffenheit des Himmels bei einer Blende von  $f/36$  ungefähr 5—30 Sekunden nötig haben, wobei natürlich die Empfindlichkeit der benützten Plattensorte eine große Rolle spielt; je dunkler die Photographie im Ton und je reicher an Schatten sie ist, desto länger wird man exponieren müssen. Auch die Größe der Vorlage ist nicht gleichgültig; je geringer sie ist, also je näher die Kamera an der Staffelei stehen muß, desto länger wird die Expositionszeit sein müssen. Jedenfalls belichte man reichlich!

Wir empfehlen bei guten Lichtverhältnissen, im Sommer, zuerst von einer geeigneten Vorlage von der Art, wie sie am häufigsten benützt werden soll, bei Anwendung der gleichen Blende und sonst gleicher Verhältnisse 3—4 Versuchsaufnahmen unter Benützung verschiedener Expositionszeiten zu machen; aus der Beschaffenheit der erzielten Negative, die natürlich auch in ganz gleicher Weise entwickelt werden müssen, wird man erkennen, welche Aufnahme bei der geeignetsten Expositionszeit gemacht wurde; damit ist auch für alle späteren Aufnahmen in demselben Raume und mit dem gleichen Apparate ein Maßstab gewonnen. Mit Hilfe der bekannten Burtonschen Tabelle (die z. B. jeder Plattenschachtel der Erzeugnisse der „Agfa“-Gesellschaft beigelegt ist) oder ähnlichen Tabellen, wie sie jedes Lehr- oder Handbuch der Photographie enthält, wird man dann leicht für jede beliebige Jahres- und Tageszeit die jeweilig notwendige Belichtungszeit rasch ermitteln können.\*) Für Schwarz-weiß-Bilder sowie für Bromsilber- oder Platindrucke auf mattem Papier, die nach der empfohlenen Methode infolge der fast parallelen Stellung zum Fenster weit besser beleuchtet sein sollen und bei denen man möglichst kontrastreiche (harte) Negative zu erzielen suchen muß, beträgt die Expositionszeit nur  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  der für gewöhnliche Photographien in Brauntönen notwendigen. Weit schwieriger ist das Photographieren

\*) In den einzelnen Heften des laufenden Jahrganges 1907 von „Lechners Mitteilung photogr. Inhalts“ werden für jeden Monat Tabellen der Expositionszeiten unter verschiedenen Lichtverhältnissen veröffentlicht, in denen auch recht verlässliche Angaben über die Reproduktion von Photographien und Strichzeichnungen sich finden.



von farbigen Vorlagen, z. B. von Farbendruckern in Büchern, die oft außerordentlich instruktiv sind und deren Dispositive dann noch bemalt werden sollen; zu solchen Aufnahmen sind farbenrichtige (ortho- oder panchromatische) Platten nötig und eine geeignete Gelscheibe vor oder hinter dem Objektiv. Die Belichtungszeit ist höchst wechselnd, je nach den in der Vorlage vorherrschenden Farbtönen und nach der benützten Gelscheibe. (Orthochromatische Platten liefern nur mit Gelscheibe einigermaßen im Tonwert richtige Bilder.)

Wer für Schulzwecke derartige Reproduktionen anfertigt, wird meist eine ganze Serie von Aufnahmen in einem Zuge hintereinander machen; dabei empfiehlt es sich, die gleich großen und sonst ähnlich beschaffenen Vorlagen nacheinander zu photographieren, wodurch sehr an Zeit für das Einstellen gespart und schnelles Arbeiten ermöglicht wird. Bei Massenerstellung von Negativen für Laternbilder kann man sich auch mit Vorteil einer größeren Kamera, z. B. im Format  $13 \times 18 \text{ cm}$  bedienen und stets zwei nebeneinander in geeigneter Entfernung befestigte Vorlagen auf einer großen Platte gleichzeitig photographieren. Solche Negative schneide man aber dann mittels Diamant in zwei Teile vom Format  $9 \times 12 \text{ cm}$  zu, damit alle Negative der Sammlung gleiche Formate haben.

Zum **Entwickeln der Negative** kann jede der gewöhnlichen Entwicklerflüssigkeiten benützt werden, z. B. Hydrochinon-,\*) Metolhydrochinon-, Rodinal- oder Amidolentwickler\*\*); wir empfehlen solche, welche gute Deckung ergeben, jedoch ziemlich „weich“ arbeiten. Das fertige Negativ von Reproduktionen nach Photographien soll vollkommen durchgearbeitet in den Schatten sein (daher reichliches Belichten bei der Aufnahme!), also möglichst alle Details des Originals enthalten, in den tiefsten Schattenpartien glasklar sein, jedoch dürfen die Platten nicht allzu kontrastreich, ausgesprochen „hart“ sein, weil dann auch die darnach gefertigten Laternbilder unschön hart und klecksig werden.

Im Gegensatz hiezu sollen aber die nach Schwarz-weiß-Bildern, besonders nach Holzschnitten reproduzierten Negative ausgesprochen „hart“ sein, die dunklen Linien des Originals also vollkommen glasklar, der Grund (die helle Partie des Papiers) hingegen tief schwarz; daher ist es notwendig, bei

\*) Sehr gut eignet sich für unsere Zwecke ein von Dr. Eder angegebener Entwickler: Lösung A: 1000 g Wasser, 100 g Natriumsulfit und 20 g Hydrochinon; Lösung B: 500 g Wasser, 50 g Kaliumhydroxyd, 30 g gelbes Blutlaugensalz. Zum Entwickeln der Negative dient das Gemenge von 80 cm<sup>3</sup> der Lösung A mit 10—15 cm<sup>3</sup> B, 40 cm<sup>3</sup> Wasser und 3—5 Tropfen Bromkaliumlösung (1 : 10); beim Entwickeln von Platten nach Schwarz-weiß-Bildern nehme man 10 cm<sup>3</sup> Bromkaliumlösung zu dem Gemenge. Für das Entwickeln von Laternplatten wird dem Entwickler die doppelte Menge Wasser zugegeben.

\*\*) Vortreffliche Rezepte für alle diese Entwickler sowie in jeder Hinsicht beste Ratschläge für den Amateurphotographen bietet F. Schmidt, Kompendium der praktischen Photographie, X. Aufl.; Leipzig, Otto Nemnich 1906 (K 7·20); ebenso David, Anleitung zum Photographieren (K 6.20).



solchen Vorlagen die Expositionszeit kurz zu wählen und mit einem möglichst hart arbeitenden Entwickler (unter Zusatz von viel Bromkaliumlösung) zu operieren. Jedenfalls ist sorgfältig darauf zu sehen, daß bei solchen Platten die den schwarzen Linien des Originals entsprechenden Stellen vollkommen klar, frei von jedem Schleier erscheinen; ein leichter Schleier kann nach dem Fixieren der Platte durch Behandlung mit dem Farmerschen Abschwächer\*) entfernt werden. Schließlich wird es bei derartigen Negativen zur Erhöhung der Kontraste meistens wertvoll sein, sie mit dem Uranverstärker\*\*) kräftig zu verstärken. Auch der Bromkupferverstärker\*\*\*) ist für solche Verstärkungen sehr brauchbar, da er die dunklen Stellen des Negativs vollkommen schwarz färbt.

Die fertigen, gut gewaschenen Negative lasse man an einem staubfreien Ort gut trocknen und nehme, wenn nötig, daran kleine Retuschen vor; infolge der Kleinheit der Bilder wird man sich meist nur auf Decken etwaiger Fehler der Platten, wie Nadelstiche u. s. w. mit Tusch oder roter Farbe mittels eines spitzen Pinsels beschränken; größere Retuschen vermeide man lieber ganz, da sie schwierig durchzuführen sind und, wenn der Arbeitende nicht über sehr große Geschicklichkeit in dieser Hinsicht verfügt, auch gewöhnlich schlechte Ergebnisse an dem Laternbilde liefern. Lackieren der Negative ist überflüssig, auch häufig von Nachteil, weil durch Unreinigkeiten im Lack leicht dauernde und durch Retusche nicht zu beseitigende Fehler auf der Platte entstehen können.

Um die Negative ( $9 \times 12$  cm) bequem zum Kopieren der Diapositive vorzubereiten, empfehlen wir, darauf Marken für das richtige Auflegen der Diapositivplatten in folgender Weise anzubringen: Man lege auf jedes eine Glasschablone (alte Laternplatte) in der Laternbildergröße ( $8.2 \times 8.2$  cm) auf, zeichne an zwei benachbarten Seiten durch Messerstriche in der Schicht die richtige Lage an und klebe hierauf an diese beiden Striche zwei schmale Streifen von Zeichenpapier. Dadurch wird das richtige Auflegen der Diapositivplatten beim Kopieren in der Dunkelkammer leicht und sicher bewerkstelligt und überdies kann man derartig ausgestattete Negative, ohne Schutzkuverts, in leeren Plattenschachteln einfach aufeinandergelegt aufbewahren; es finden dann etwa 15—16 Negative in einer Plattenschachtel Platz. — Auch versehe man jedes Negativ mit einer fortlaufenden Nummer, welche

---

\*) Rezept für den Farmerschen Abschwächer: Lösung A: Rotes Blutlaugensalz 1 : 10; Lösung B: unterschwefligsaures Natron (Fixiernatron) 1 : 10. Zum Gebrauche mische man  $10 \text{ cm}^3$  A mit  $100 \text{ cm}^3$  B.

\*\*) Uranverstärker: Lösung A: Urannitrat 1 : 10; Lösung B: rotes Blutlaugensalz 1 : 10; zum Gebrauche  $10 \text{ cm}^3$  A mit  $10 \text{ cm}^3$  B,  $100 \text{ cm}^3$  Wasser und 10—15 cm<sup>3</sup> Eisessig gemischt. Die Verstärkung wird bis zur braunen oder rotbraunen Färbung der Negative getrieben, dann wird die Platte etwa 20 Minuten in fließendem Wasser gewaschen.

\*\*\*) Bromkupferverstärker: Die Platte wird in einer Lösung von 5 g Kupfervitriol und 5 g Bromkalium in  $200 \text{ cm}^3$  dest. Wasser vollständig gebleicht, etwas abgespült und in einer 10%igen Lösung von Silbernitrat geschwärzt, schließlich sehr gut gewaschen.



man innerhalb der eben beschriebenen Marke mit Tinte oder Tusche auf die Negativplatte schreibt, so daß die Nummer am Rande des Laternbildes mitkopiert; über die angefertigten Negative führe man ein Nummernverzeichnis, dadurch erreicht man eine leichte Übersicht über seinen Plattenbesitz und kann auch, im Falle daß ein verdorbenes Laternbild durch ein neues ersetzt werden soll, rasch die nötige Negativplatte finden.

## 2. Kopieren der Laternbilder.

Für die Herstellung der Laternbilder steht eine Reihe von Kopierverfahren zur Verfügung: 1. das Kopieren auf Bromsilber-, Chlorbromsilber-, Albumin- und Kollodiumemulsionsplatten mit darauffolgender Entwicklung; 2. das Auskopieren auf Chlorsilbergelatineplatten; 3. der Pigmentdruck; 4. das Kopieren auf Kopierpapieren mit abziehbarer Schichte und die folgende Übertragung der Schichte auf Glasplatten. Die Einzelheiten aller dieser Verfahren hier zu besprechen, würde weit über den Raum unseres Buches hinausgehen, es sei in dieser Beziehung auf die früher angegebenen besonderen Werke hingewiesen. Wir beschränken uns darauf, die für den Lehrer, der sich mit Anfertigung von Laternbildern befassen will, empfehlenswerten Verfahren zu beschreiben: Die Benützung von Chlorbromsilberplatten oder der weniger empfindlichen Chlorsilberplatten und die Verwendung von abziehbaren Papieren.\*) Einfache Bromsilberplatten (gewöhnliche Negativplatten) sind für die Herstellung von Laternbildern weniger geeignet, da sie nicht vollkommen glasklare Lichter liefern und ein gröberes Bildkorn besitzen als die Chlorbromsilberplatten.

**Gebrauch der Chlorbromsilberplatten:** Derartige Platten kommen gewöhnlich unter dem Namen „Diapositivplatten“ zum Verkaufe und werden von vielen Fabriken in guter Qualität geliefert; vorzüglich sind u. a. die Erzeugnisse der Firmen: Lainer in Wien, Langer & Comp. in Wien, Schattera in Wien, „Agfa“ Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, Unger & Hoffmann in Dresden („Apollo“), Kranseder & Comp. in München, Herzka in Dresden, Perutz in München, Schleussner in Frankfurt a. Main, Smith in Zürich, Lumière et ses fils in Lyon, Cadet & Neall in London, B. J. Edwards & Co. in London, Ilford in London;\*\*) besonders die Erzeugnisse der beiden letztgenannten

\*) Eine kurze und sehr sachgemäße Anleitung zur Herstellung von Diapositiven auf Chlorbromsilberplatten hat auch H. Cl. Kosel in Lechners Mitteilungen, V. Jahrgang 1900, Nr. 81—83, gegeben. Hier werden auch mehrere Vorschriften für die Erzielung von verschiedenen Farbentönen auf den Platten direkt durch Entwickeln mit Edwards Spezial-Pyroentwickler mitgeteilt.

\*\*) Als Beispiele für die Preise von Laternplatten führen wir Folgendes an: Agfa-Diapositivplatten (von der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin), Format  $8.2 \times 8.2$  cm K 1.90,  $8.5 \times 10$  cm K 2.10,  $9 \times 12$  cm K 2.70; Agfa-Isolar-Diapositivplatten, für Strichzeichnungen vorzüglich,  $8.2 \times 8.2$  cm K 2.35,  $9 \times 12$  cm K 3.30; Spezial-



englischen Firmen erfreuen sich großer Beliebtheit. Eine neue angeblich Chlor-, Brom- und Jodsilber enthaltende Plattensorte „Matador“ (von Fr. Wilde & Sohn in Görlitz) gibt nach unseren Erfahrungen gleichfalls gute Diapositive. Jede der zahlreichen Laternplattensorten des Handels hat ihre Eigentümlichkeiten nach Lichtempfindlichkeit, Feinheit des Kornes, Farbe des Bildes, Tonabstufung u. s. w. und es ist notwendig, sich mit einer bestimmten Plattensorte einzuarbeiten; dann wird man bei Herstellung von Diapositiven in größerer Zahl rasch und sicher operieren können und gleichmäßige Resultate erzielen.

Das Kopieren auf Diapositivplatten geschieht meist direkt im Kopierrahmen in der Dunkelkammer. Die sorgfältig mit einem Pinsel abgestaubte Platte wird bei rotem Lichte auf die gleichfalls sorgfältig gereinigte Negativplatte, Schichte gegen Schichte, passend aufgelegt (wobei die oben empfohlenen Papiermarken auf den Negativen vorzügliche Dienste leisten, da das richtige Auflegen rasch und sicher erzielt wird) und mit ihr gemeinsam in den Kopierrahmen eingelegt; es ist gut, wenn zwischen die Platten und den Kopierrahmendeckel ein Blatt Samt oder Flanell oder auch eine Kautschukplatte gelegt wird, um das Zerspringen der Platten infolge des starken Federdruckes zu verhindern. Das Belichten wird nur bei künstlichem Lichte bewerkstelligt, weil dieses allein gleichmäßige Helligkeit besitzt, während das Tageslicht außerordentlichen Schwankungen unterliegt, so daß die richtige Belichtungszeit, die naturgemäß hier viel geringer sein muß, als bei künstlichem Lichte, kaum richtig zu schätzen ist. Die Belichtung kann mittels einer Kerzenflamme, besser mit einer Petroleumflamme, einer Auerglühlampe oder elektrischen Glühlampe geschehen. Die Länge der Exposition hängt einerseits von der Helligkeit der Lichtquelle und ihrer Entfernung vom Kopierrahmen, anderseits von der Dichtigkeit des Negativs ab; z. B. dauert die Belichtung bei Verwendung von Edwards-Laternplatten und einer 16kerzigen Glühlampe unter einem normaldichten Negativ in einer Entfernung von 50 cm etwa 25 bis 30 Sekunden. Für zarte Negative genügt eine Expositionszeit von 10 bis 15 Sekunden, für sehr dichte nehme man 40 bis 80 Sekunden. Chlorsilberplatten, z. B. die englischen „Alpha“-Platten, brauchen eine weit längere Exposition von 1 bis 4 Minuten; bei kurzer Belichtung geben sie schwarze, bei längerer braune bis rein rote Töne. Zum Entwickeln von Chlorsilbergelatineplatten muß der Entwickler sehr verdünnt werden.

Da man, wie empfohlen, stets mit der gleichen Plattensorte, mit der gleichen Lichtquelle und in gleicher Entfernung von ihr und mit demselben Entwickler arbeiten soll, wird man nach einigen Versuchen wohl die richtigen Verhältnisse herausfinden und dann stets unter denselben Umständen operieren.

---

Lantern-Plates von Edwards & Co.  $8.2 \times 8.2$  cm K 1.25,  $9 \times 12$  cm K 2.80 für ein Dutzend; P. A. L.-Diapositivplatten von Lainer in Wien:  $8.2 \times 8.2$  cm K 1.35,  $8.5 \times 10$  cm K 1.45; „Elko“-Gaslicht-Diapositiv-Platten von Langer & Comp. in Wien  $8.2 \times 8.2$  K 1.30.



Zu bemerken ist nur, daß Belichtung mit sehr kräftiger Lichtquelle bei kurzer Exposition härtere Diapositive ergibt als solche mit schwächerer Lichtquelle und entsprechend längerer Exposition. Damit hat man auch ein Mittel in der Hand, harte und weiche Negative verschieden zu behandeln und von jeder Art von ihnen gleich gute Laternbilder zu erreichen; erstere exponiere man bei kräftiger Lichtquelle (oder in sehr geringer Entfernung von einer schwächeren Lichtquelle) und wende zum Entwickeln einen stark verdünnten, weich arbeitenden Entwickler an; umgekehrt exponiere man dann weiche Negative bei schwachem Licht und entwickle mit einem hart arbeitenden Entwickler, unter Zusatz von viel Bromkalium.

Bei Massenanfertigung von Laternbildern ist folgender Vorgang zu empfehlen: man fertige von einigen verschieden dichten Negativen Probekarten an und bestimme für jedes Negativ die geeignetste Belichtungs- und Entwicklungsweise. Nach diesen „Musternegativen“ ordne man sich alle übrigen zur Verarbeitung gelangenden Platten und behandle sie unter den als richtig gefundenen Bedingungen. Man ist dadurch im stande, mehrere Negative von gleicher Dichte, ja in großen Kopierrahmen 6—12 gleichzeitig zu belichten und kann sie dann in großen Schalen gruppenweise entwickeln.

Die meisten Plattenfabriken geben für ihre Laternplatten bestimmte Entwicklervorschriften an; im übrigen ist jeder gute Entwickler für Laternplatten brauchbar, wenngleich der Bildton mehr oder weniger vom Entwickler beeinflusst wird. Sehr gebräuchlich sind der Hydrochinon- und der Metolhydrochinonentwickler;\* ersterer arbeitet etwas hart, ist daher für Strichzeichnungen sehr zu empfehlen, letzterer gibt harmonische Bilder von grauschwarzem bis rein schwarzem Ton. Für die Platten der englischen und französischen Fabriken wird der Pyrogallusentwickler empfohlen,\*\*) der warmschwarze bis sepiabraune Töne gibt, aber den Übelstand hat, die Finger des Arbeitenden schwarz zu färben. Ausgezeichnet geeignet ist für die meisten Platten der Amidolentwickler, welcher schöne, warmschwarze Schatten von vorzüglicher Durchzeichnung liefert.\*\*\*)

\*) Vorschrift für einen guten Hydrochinonentwickler siehe erste Fußnote S. 143; als Metolhydrochinonentwickler eignet sich gut der folgende (nach Hanneke): Lösung A: Metol 3 g, Hydrochinon 2 g, Natriumsulfit, krist. 40 g, Wasser 600 g, Bromkalium 1·5 g; Lösung B: Soda, krist. 40 g, Wasser 600 g; zum Gebrauche gleiche Teile A u. B.

\*\*) Lösung A: Natriumsulfit, krist. 150 g, Wasser 500 g, Pyrogallussäure 15 g, Zitronensäure 2 g; Lösung B: Pottasche 50 g, Wasser 500 g. — Für normale Negative 20 cm<sup>3</sup> A, 20 cm<sup>3</sup> B, 20—40 cm<sup>3</sup> Wasser und 2—3 Tropfen Bromkaliumlösung. Je mehr von Lösung I desto kräftiger das Bild. Vorzüglich ist dieser Entwickler in Verbindung mit Azeton, wobei anstatt 20 cm<sup>3</sup> Lösung B 8 cm<sup>3</sup> Azeton benützt werden.

\*\*\*) Rezept von Josef Beck: Standlösung: 360 g Wasser, 60 g krist. Natriumsulfit, 15 g Bromkalium. Vor dem Gebrauche wird in 72 cm<sup>3</sup> dieser Lösung 1 g Amidol aufgelöst. Man entwickle kräftig, da im Fixierbade der Ton etwas zurückgeht. Die von Herrn Beck im Wiener Kameraklub und in vielen öffentlichen Vorträgen gezeigten Laternbilder haben stets durch ihre hervorragende Schönheit großen Beifall gefunden. — Besondere Vorschriften für die Entwicklung von Diapositivplatten mit Edinol und Hydrochinon siehe in Eders



Für das Entwickeln von Laternbildern sind alte (gebrauchte) Entwickler sehr geeignet, sie geben wärmere, braunschwarze Farbentöne als frisch angesetzte Entwicklerlösungen, welche meist mehr grauschwarze, kältere Töne liefern.

Zum Entwickeln von weißschwarzen Bildern (Strichzeichnungen, Autotypien) ist, wie erwähnt, der Hydrochinonentwickler vorzüglich; man setze ihm eine ziemlich beträchtliche Menge von Bromkaliumlösung (1:10) zu, um ihn recht „hart“ arbeitend zu machen; auch empfiehlt es sich, derartig entwickelte Platten nach dem Fixieren, wozu stets ein saures Fixierbad verwendet werden soll (z. B. die Lösung des sehr guten sauren Fixiersalzes der Agfa-Gesellschaft), für einige Sekunden in dem Farmerschen Abschwächer oder in einer Lösung von rotem Blutlaugensalz (1:100) zu baden, um die Lichter in den Bildern vollkommen glasklar zu erhalten.\*)

Da alle Diapositivplatten sehr dünn gegossene Schichten besitzen, sind sie nach 5 Minuten vollständig ausgefixiert; man wasche sie hierauf gründlich, etwa 1 Stunde lang in fließendem Wasser oder unter 6—8maligem Wasserwechsel in Schalen und lasse sie schließlich an einem möglichst staubfreien Orte gut trocknen; um sie vollständig gegen Bestaubtwerden zu schützen, bedecke man sie auf dem Trockenständer mit Gaze. Kleine Staubteilchen auf den Platten sind bei der Projektion höchst störend! — Die Retusche von Laternbildern hat sich nur auf das Abdecken von kleinen Flecken mit entsprechender Farbe zu beschränken. Größere Fehler sind schwer zu entfernen; ist ein Diapositiv infolge von Plattenfehlern sehr mangelhaft, so ist es einfacher, ein neues herzustellen, als wie zu versuchen, die Fehler durch Retusche zu decken.

**Herstellung von Laternbildern nach größeren Negativen.** Manche Amateurphotographen ziehen dem Kopieren der Laternbilder in direktem Kontakte im Kopierrahmen das Kopieren in der Kamera vor; in der Tat liefert diese, wengleich ziemlich umständliche Methode sehr schöne, klare und detailreiche Bilder und gestattet durch geschickte Exposition und Entwicklung auch von schlechteren Negativen noch gute Laternbilder zu erzielen. Wenn die Negative ein größeres Bildformat als wie  $7.2 \times 7.2 \text{ cm}$

---

Jahrbuch 1904, S. 476, und 1902, S. 570, und in einem Aufsätze von Harry Wade, Photographisches Zentralblatt X, S. 153.

\*) Sind Laternplatten beim Entwickeln zu dicht ausgefallen, erscheinen namentlich die Schatten sehr undurchsichtig und klecksig, so empfiehlt sich die Anwendung des Ammoniumpersulfat-Abschwächers; vor seiner Verwendung müssen aber die Platten mit größter Sorgfalt ausgewässert worden sein. Zur Abschwächung verwendet man eine Lösung von 3 g Ammoniumpersulfat in 100 g Wasser; sowie der gewünschte Grad der Abschwächung erreicht ist, bringe man die Platten rasch in eine Lösung von 10 g Natriumsulfat in 100 g Wasser, um die Abschwächung sofort zu unterbrechen. Nach 10 Minuten langem Liegen in dieser Lösung wäscht man die Platten gründlich aus. — Zur partiellen Abschwächung der zu dunkeln Schattenpartien mittels Pinsel oder Wattebäuschens ist der Farmersche Abschwächer geeignet.



besitzen, also  $9 \times 12$ ,  $13 \times 18$  u. s. w., so ist sogar die Anwendung der Kamera unerlässlich (außer man kann sich mit einem Ausschnitte des Bildes begnügen). Man kann hierfür eine Reproduktionskamera verwenden, wie sie in verschiedenen Ausführungen käuflich zu erhalten ist. Solche Reproduktionen werden bei Tageslicht vorgenommen, wobei die Kamera schräg gegen den Himmel zu richten ist; es bedarf einiger Übung und Erfahrung, um die richtige Expositionszeit unter den so sehr wechselnden Lichtverhältnissen zu schätzen.

Es geht aber auch sehr gut mit einer selbst zu beschaffenden Einrichtung, die leicht und billig ist: man fertige sich einen Holzkasten (Fig 146) von etwa  $40 \times 50$  cm Größe und 10–15 cm Tiefe; seine Rückwand bildet eine feine doucierte Glasplatte oder ein Milchglas, die vordere Wand enthält Einlagen für die üblichen Plattenformate, also z. B.  $24 \times 30$ ,  $18 \times 24$ ,  $13 \times 18$ ,  $12 \times 16$  und  $9 \times 12$  cm. \*)

Er wird mit der Glastafelseite an einer Fensterscheibe befestigt und vor dem Fenster stellt man in geeigneter schiefer Stellung einen Spiegel oder eine mit weißem Papier oder Leinwand überzogene Platte als Reflektor auf, so daß hiedurch die Mattscheibe bzw. das in den Einlagen befestigte Negativ gleichmäßig beleuchtet wird. Nachdem das Negativ in dem entsprechenden Rahmen befestigt ist, stellt man eine gewöhnliche photographische Kamera in genau vertikaler Stellung gegenüber dem Negativ auf und

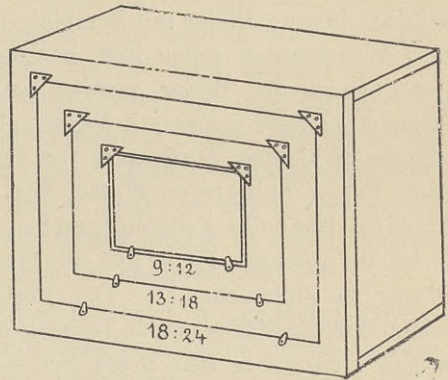


Fig. 146. Kästchen für Herstellung von Laternbildern nach größeren Negativen.

stellt auf die gewünschte Bildgröße von  $7.2 \times 7.2$  cm ein (natürlich muß die für die Aufnahme verwendete Kassette mit Einlagen für das benützte Laternbilderformat versehen sein). Zum Abhalten von vielleicht schädlichem Seitenlicht kann man über ein einfaches, von der Kamera bis zum Negativkasten reichendes Drahtgestell ein schwarzes Tuch breiten oder man bringt eine geeignete pyramidenförmige Röhre zwischen Kamera und Negativkasten an, die innen mit schwarzem Papier ausgeklebt ist. Zuerst macht man zur Ermittlung der richtigen Expositionszeit von einem Negativ von mittlerer Dichte eine Probeaufnahme, stets unter Anwendung einer kleinen Blende, indem man das Negativ mit einem Karton bedeckt und streifenweise vorrückend allmählich längere Expositionszeiten anwendet. Zum Entwickeln von in der Kamera exponierten Laternplatten eignet sich ein langsam arbeitender Entwickler, den man entsprechend ver-

\*) Einfache Vorrichtungen dieser Art liefert unter anderen die Firma R. Lechner in Wien, Graben 21, zum Preise von K 18.50.



dünnt, nach unseren Erfahrungen am besten besonders Rodinal oder Metol, nur entwickle man mit ersterem Entwickler sehr kräftig, da die Platten beim Fixieren stark zurückgehen.

**Abziehbare Kopierpapiere.** Sehr gute Resultate erzielt man durch Verwendung von abziehbaren Kopierpapieren,<sup>\*)</sup> wobei man das manchem lästige Arbeiten in der Dunkelkammer erspart; wir bemerken jedoch, daß die Anwendung der Tonfixierbäder für solche Kopien meistens mit einem Verlust der feinen Details in den Lichtern der Bilder verbunden ist. — Man druckt darauf die Bilder im Kopierrahmen bei zerstreutem Tageslicht in ganz derselben Weise wie bei gewöhnlichen Papierkopien, nur hält man die Kopien bedeutend dunkler, weil sie ja im durchfallenden Lichte benützt werden sollen. Die Bilder werden in einem guten Tonfixierbade oder auch bei getrennter Tonung und Fixage in einem einfachen Rhodangoldbade, für schwarz-braune Bilder mit kombinierter Platin-Goldtonung getont. Alle Bäder und Waschwässer sollen kalt, höchstens von 16° C verwendet werden. Die gut gewaschenen Bilder werden naß mit der Schichtseite auf gut geputzte Glasplatten (alte gereinigte Negativplatten) gelegt und unter Auflegen von einigen Schichten Fließpapier fest aufgequetscht. Dann taucht man die Platte samt Papier in warmes Wasser von 45° C, bis sich die Papierschicht leicht abziehen läßt; das Zelloidinhäutchen klebt nun fest an der Platte und wird trocken gelassen. Es ist gut, die Glasplatten zuerst mit einer dünnen Eiweißlösung zu überziehen.<sup>\*\*)</sup> Das Verfahren ist billig und bei einiger Übung leicht durchzuführen, auch besitzen solche Bilder sehr angenehme Töne und zeigen meistens in den tiefen Schattenpartien bessere Details als Bilder auf Chlorbromsilberplatten.

**Auskopierbare Platten.** Einige Firmen<sup>\*\*\*)</sup> bringen Diapositivplatten mit einem Guß von Chlorsilbergelatine oder mit chlorsilberhaltigem Zelloidin, ähnlich den bekannten Aristo-, bzw. Zelloidinpapieren in den Handel, die sich für Herstellung von Fensterdiapositiven sehr gut, infolge

---

<sup>\*)</sup> Derartige Papiere liefern unter anderem in guter Qualität: Riebensahm & Posselt, (Berlin SW. 13., Hollmannstr. 35) unter dem Namen „Riepos-Collatinpapier“; Lüttke & Arndt (Wandsbeck, Hamburg); Langebartels in Charlottenburg; Bayer & Co. in Elberfeld; Schütze & Noack in Hamburg. — Aufsätze darüber von W. Schmidt in Berlin (Photogr. Zentralblatt 1904, S. 172), von V. Wernecke (Photogr. Rundschau 1905, S. 138) und von K. Siebenstern (Lechners Mitteilungen 1903, Aprilheft) schildern die Anwendungen der einzelnen Papiersorten sowie ihre Vor- und Nachteile.

Vorzügliche abziehbare Bromsilberkollodiumpapiere liefert E. Liesegang in Düsseldorf, welche nach Klarheit und schöner Färbung Bildern auf alten Kollodiumplatten ähnlich sein sollen (Photogr. Zentralblatt, VII, S. 177).

<sup>\*\*\*)</sup> Mit Vorteil kann man auch alte Negativplatten mitsamt der Gelatineschicht verwenden, nachdem man durch langes Einlegen in Farmerschem Abschwächer alle Bildspuren daraus entfernt und nach gutem Waschen die Schicht mit Formalin gehärtet hat.

<sup>\*\*\*\*)</sup> Unter anderen E. Schattera in Wien, Perutz in München.



ihrer Zartheit jedoch weniger für Laternbilder eignen. Das Kopieren geschieht ähnlich wie bei Verwendung der gewöhnlichen photographischen Papiere, nur muß man den Verlauf des Kopiervorganges in der Durchsicht prüfen, was einige Übung erfordert, bis man die richtige Tiefe des kopierten Bildes zu erkennen vermag. Mit Hilfe eines zweiten ähnlich beschaffenen Negativs, unter dem man in einem zweiten Rahmen eine Kopie auf gewöhnlichem Zelloidinpapier macht, kann man die Beschaffenheit des Diapositivs im ersten Rahmen beurteilen; auch kann man ein Photometer benützen. Immerhin ist das Kopieren der Glasplatten eine ziemlich umständliche und unsichere Arbeit, auch gehen beim Tönen der auskopierten Bilder im Tonfixierbad, das hier meistens benützt wird, häufig die zarten Details in den Lichtern verloren, so daß dieses Verfahren wenig Anhänger hat. — Neuestens bringt die Firma Fr. Wilde & Sohn in Görlitz, Pr.-Schlesien, unter dem Namen „Cosmos-Diapositivplatte“ auskopierbare Platten in den Handel, die nach unseren Versuchen sehr gut zu sein scheinen; sie werden unter dem Negativ bei Tageslicht sehr stark überkopiert, bis das Bild deutlich auf der Rückseite sichtbar ist (das Kopieren dauert 5—6mal so lange als das von gewöhnlichen Zelloidinpapierbildern!); die kopierten Platten werden zuerst in Alaunlösung gebadet und dann nur in einer Fixiernatronlösung ausfixiert. Sie geben schöne warmbraune bis tiefpurpurrote Töne und zeigen vorzügliche Durchzeichnung der Schattenpartien sowie feinste Details in den Lichtern, stellen sich aber teurer als die gewöhnlichen Diapositivplatten.

Unter dem Namen „Diapositiv-Celluloid-Folien“ bringt Heinr. Sann in Radebeul-Dresden mit Chlorsilberemulsion versehene Zelluloidfilme auf den Markt; sie werden wie gewöhnliches Kopierpapier, jedoch weit tiefer kopiert und im Tonfixierbade oder mit getrennter Tönung und Fixage behandelt; schließlich müssen sie zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen werden.\*) Die Ergebnisse sind sehr befriedigend in bezug auf Klarheit und Brillanz der Bilder.

**Pigmentdiapositive**, durch Kopieren auf besonderen Diapositiv-Pigmentpapieren unter dem Negativ, Entwickeln mit warmem Wasser und Übertragen der Schichte auf Glasplatten hergestellt, ergeben schöne Laternbilder; ihre Vorteile bestehen in der großen Lichtbeständigkeit des Bildes, schönen gleichmäßigen Tönen (schwarze, grüne, schwarzblaue, oliv, braune u. a.), feinen Details in den Schatten und vollkommener Klarheit der Lichter; doch ist die Herstellung ziemlich umständlich und bedarf großer Übung, daher dürfte dieses Verfahren für Schulzwecke kaum häufig benützt werden.\*\*)

---

\*) Preis für ein Dutzend im Formate  $8.2 \times 8.2$  oder  $8.5 \times 10$  cm K 2.10.

\*\*) Das Verfahren wird eingehend in einem Aufsätze von Karl Petrasch (Photogr. Rundschau 1905, S. 129) geschildert. Gute Pigmentpapiere für diese Zwecke liefern die Firmen: Autotypie Co. in London; Braun & Co. in Dornach; Hanfstängl & Co. in



### 3. Tönen und Bemalen der Bilder.

Bei größeren Bilderserien ist es angezeigt, einzelne Bilder in verschiedenen Farbentönen herzustellen, besonders wenn derartige Bilder bei öffentlichen Vorträgen gezeigt werden sollen; wird eine lange Reihe von Bildern im gleichen schwarzen Farbenton vorgeführt, so wirkt dies eintönig, während einzelne farbig getonte oder gar bemalte Bilder eine angenehme Abwechslung für den Beschauer bewirken und mithin anregend sind.

Das **Tönen von Laternbildern** — insbesondere der auf Chlorbrombromplatten hergestellten — auf chemischem Wege ist ganz einfach und rasch durchzuführen, auch steht eine ziemlich große Anzahl von Farbentönen zur Verfügung; nur müssen derartig zu behandelnde Platten nach dem Fixieren höchst sorgfältig gewaschen werden. Der zu wählende Farbenton muß natürlich im Einklange mit dem Gegenstand des Bildes stehen, die Auswahl muß also mit Geschmack vorgenommen werden; für Sonneneffekte und hell beleuchtete Landschaftsbilder eignen sich warme braune Töne, für mondbeschienene Landschaften oder für manche architektonische Sujets blaue Färbungen, für Schnee- oder Gletscherbilder zart grünliche bis bläuliche, für Portraits, besonders für Frauen- und Kinderköpfe, rote oder violette Töne.

Warme braun-schwarze Töne erreicht man durch Verstärken von dünn entwickelten Platten mit dem Sublimatverstärker (Platten müssen sehr gut ausgewaschen sein!). Die in der Quecksilberchloridlösung mehr oder weniger stark ausgebleichten Bilder schwärze man nach halbstündigem Waschen mit einem alten Hydrochinon- oder Metolentwickler. Noch wärmere Töne bis zu rotem oder gelbem Ton erhält man durch Schwärzen der ausgebleichten Bilder mit Natriumsulfidlösung oder mit Ammoniak, doch sind derartig geschwärzte Bilder nicht lange haltbar und bleichen allmählich sehr häßlich aus. Teilweisen Schutz dagegen bietet das Lackieren der gut getrockneten Platten mit Zaponlack. Auch die unter dem Namen „*Edwards Intensifier*“ (*new formula*) in den Handel kommende Verstärkerlösung schafft schöne warme schwarze Töne (nach Beck).

Dunkelbraune Töne erhält man, wenn man die mit Hydrochinon entwickelten Platten gut auswäscht und dann in ein gewöhnliches Tonfixierbad (für Papierbilder) bringt, worin sie bis zur Erreichung einer passenden Farbe bleiben, was oft mehrere Stunden dauert; dann werden sie gut gewaschen. — Der Uranverstärker liefert je nach kürzerer oder längerer Dauer seiner Einwirkung warme braune, Sepia oder Röteltöne; je kräftiger die Tonung werden soll, desto zarter müssen die Bilder ursprünglich entwickelt sein, weil die Tonung gleichzeitig eine Verstärkung ist. Wir

---

München; Neue Photographische Gesellschaft in Berlin-Steglitz. — Nach einem Verfahren von E. Kaltenegger in Wien erzielt man hübsche Effekte durch leichtes Tönen der fertigen Pigmentbilder mit Lösungen verschiedener Anilinfarben.



verwenden als Standlösungen: *A*: 10 g Urannitrat in 100 g Wasser, *B*: 10 g rotes Blutlaugensalz in 100 g Wasser; zum Gebrauche werden zu 10 cm<sup>3</sup> Lösung *A* 10 cm<sup>3</sup> Lösung *B* und 200 cm<sup>3</sup> Wasser gefügt nebst 10—15 cm<sup>3</sup> Eisessig.\*) In der Flüssigkeit bade man die Platten bis zur Erreichung des gewünschten Tones und wasche sie dann ¼ Stunde in fließendem Wasser oder in einer Schale mit mehrfach gewechseltem Wasser, bis die Lichter vollkommen klar und farblos sind. Ist der Ton zu dunkel oder unschön ausgefallen, so läßt sich die ursprünglich schwarze Farbe durch Einlegen der Platten in eine Lösung von 1 g Soda in 100 g Wasser oder 2 cm<sup>3</sup> Ammoniak in 100 cm<sup>3</sup> Wasser wieder herstellen.

Grüne Töne gibt das Ausfärben der Platten im Uranverstärker bis zur rötlichbraunen Farbe und darauffolgendes Baden in einer Lösung von 1 g Eisenchlorid in 100 g Wasser oder direktes Baden der Diapositive in folgender Mischung: 40 cm<sup>3</sup> Urannitrat (1%ige Lösung), 20 cm<sup>3</sup> zitronensaures Eisenoxydammoniak (1%ig), 60 cm<sup>3</sup> rotes Blutlaugensalz (1%ig), dazu 15 cm<sup>3</sup> Zitronensäure, 5 : 100 (nach Prof. Lainer).

Für blaue Töne bade man die Platten in einer Lösung von 10 cm<sup>3</sup> rotem Blutlaugensalz (1 : 10), 10 cm<sup>3</sup> Eisenchlorid (1 : 10, oder Eisenvitriol) und 200—400 cm<sup>3</sup> Wasser, dazu 10—15 cm<sup>3</sup> Eisessig; kurzes Verweilen der Platten in sehr verdünnter Lösung gibt angenehme schwärzlichgrüne, langes Verweilen rein blaue Töne.\*\*). Darauf wird eine Viertelstunde gut ausgewässert. (Auch diese Tonung läßt sich durch Baden der Platten in verdünnter Soda- oder Ammoniaklösung wieder entfernen.)

Einige andere Methoden zum Färben von Diapositiven werden im „Apollo“ mitgeteilt: Läßt man ein normal belichtetes, aber dünn entwickeltes Diapositiv im Bleibade, bestehend aus 100 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser, 6 g rotem Blutlaugensalz und 4 g salpetersaurem Blei vollständig ausbleichen und bringt es nach gehörigem Auswaschen in 10%ige Lösungen von Metallsalzen, so erhält man folgende verschiedene Färbungen: in Eisenvitriol sofort tief dunkelblau, in Kaliumpermanganat gelblichbraun, in Kaliumbichromat zitronengelb, in Kaliumbichromat mit Zusatz von Ammoniak (bis die Lösung deutlich danach riecht) orange gelb, in Kupfervitriol rotbraun, in Kupferammoniumsulfat feurig granatrot, in Urannitrat braunrot, in Kobaltchlorid kupferrot; in Kobaltchlorid versetzt mit 2% Rhodan ammonium geht die Färbung rascher und gleichmäßiger vor sich und ändert sich allmählich aus kupferrot in grün; wurde die gebleichte Platte aber vorher in Natriumsulfit gebadet, so geht sie sofort in leuchtendes Grasgrün über.\*\*\*)

\*) Kosel (Lechners Mitteilungen 1900, Nr. 81—83) empfiehlt zum Tönen: Lösung *A*: 1 g Urannitrat in 125 g Wasser, Lösung *B*: 1 g rotes Blutlaugensalz in 125 g Wasser und 10 cm<sup>3</sup> Eisessig; für dunkelbraune Töne 30 *A* + 5 *B*; für warm-braune 30 *A* + 10 *B*; für rotbraune 30 *A* + 20 *B* + 1 cm<sup>3</sup> Eisessig; Rötel 30 *A* + 30 *B* + 5 cm<sup>3</sup> Eisessig; grellrot bis orange 20 *A* + 35 *B* + 10 cm<sup>3</sup> Eisessig.

\*\*) Prof. Lainer empfiehlt für blaue Töne: 50 cm<sup>3</sup> zitronensaures Eisenoxyd (1 : 100), 15 cm<sup>3</sup> Zitronensäure (5 : 100), 50 cm<sup>3</sup> rotes Blutlaugensalz (1 : 100).

\*\*\*) Außer den oben angegebenen Vorschriften, die wir selbst erprobt haben, sei noch erwähnt, daß in der Literatur zahlreiche andere Verfahren für das Tönen von Laternbildern angegeben werden; wir begnügen uns aber mit dem Hinweise darauf: C. W. Somerville (Photogr. Zentralblatt X, S. 300) empfiehlt Lösungen von Vanadiumchlorid und Eisensalzen für verschiedene Töne, John Bidgood (Photogr. Zentralblatt X, 1904, S. 73) empfiehlt



Alle mit Uran- oder Eisenverbindungen getonten Bilder sollen nach vollständigem Trocknen mit verdünntem Zaponlack oder dünnflüssigem Kollodium übergossen werden, teils damit sie haltbarer werden, teils um die Farben brillanter zu machen.

**Bemalen von Laternbildern.\*)** Für die Zwecke des Unterrichts ist ein Bemalen der Laternbilder im allgemeinen nicht notwendig, nur bei manchen Karten, Stadtplänen, Maschinenskizzen u. dgl. ist das Anlegen einzelner Partien mit Farbe sehr angezeigt, um gewisse Teile recht hervorzuhaben; dies bietet auch keinerlei Schwierigkeiten. Hingegen ist das Bemalen von Landschafts- oder Städtebildern eine oft mühevollere Aufgabe und erfordert beträchtliche Übung, vor allem auch guten Geschmack; in grellen Farben oder unnatürlich bemalte Bilder, wie sie vielfach in den Handel kommen, sind schlechter als ein gewöhnliches Schwarzbild, das meistens künstlerisch wirkungsvoller ist. Zum Bemalen ausgewählte Platten müssen zart entwickelt sein; besonders gut eignen sich für die Bemalung Laternbilder auf Chlorsilbergelatineplatten, da sie zarte graue Töne geben. Es ist gut, die Platten zuerst in einer 5%igen Formalinlösung zu härten, dann sorgfältig zu trocknen und hierauf mit filtrierter Eiweißlösung, welcher einige Tropfen Ammoniak zugesetzt sind, zu übergießen; so behandelte Platten nehmen Wasserfarben gut auf. Lösungen von Teerfarben (Anilinfarben), die sich ganz vorzüglich zum Bemalen eignen, werden mit einigen Tropfen einer dicken Lösung von arabischem Gummi und etwas Glycerin versetzt.\*\*\*) Beim Malen wird mit Vorteil das einfache S. 156 beschriebene und abgebildete Pult (Fig. 147) benützt, auf dem die Platten während der Arbeit horizontal liegen und von unten beleuchtet werden. Die Richtigkeit des Farbtones kann nur in der Durchsicht erkannt werden.

Über die geeigneten Farben und den Vorgang des Bemalens hat uns Herr Direktor Joh. Bolle in Görz, der seit Jahren das Bemalen seiner Laternbilder nach japanischem Vorbilde in ausgezeichneter Weise betreibt, in liebenswürdiger Weise folgendes mitgeteilt: Zuerst werden stets die

---

Nickel-, Kobalt- und Kupfer-tonungen; G. T. Harrig, (Photogr. Zentralblatt X, S. 108) verwendet für Chlorsilberplatten Gold-Platintonungen und für dünne Diapositivplatten den Lumièreschen Jodquecksilberverstärker; E. Baum (Eders Jahrbuch 1904, S. 199) empfiehlt die Methode von A. Stieglitz.

\*) Über dieses Thema hat unter anderem Hauberisser einiges mitgeteilt (Photogr. Rundschau 1901, S. 173; Eders Jahrbuch 1902, S. 288); auch in Photogr. Rundschau, Band VII, Heft 6.

\*\*) Nach Reed (Eders Jahrbuch 1901, S. 659) und nach Bull. du Photo-Club de Paris (Photograph. Zentralblatt IX, 179). — M. Petzold (Laterna magica 1900, XVI, S. 12) schildert in einem sehr guten Aufsatze sein Verfahren; er verwendet wasserlösliche Anilinfarben, und zwar: für den Himmel Methylenblau, für Wiesen und Blattwerk Säuregrün mit viel Naphtholgelb, für Baumstämme Bismarckbraun, für Gewässer Malachitgrün, für gewisse Luftstimmungen Methylviolett, für Fleischtöne Uranin mit Rhodanin und Naphtholgelb, für zinnoberrot Ponceau.



großen Partien der Bilder bemalt, und zwar nachdem die Platten in Wasser etwas aufgeweicht wurden; zum Verteilen bediene man sich großer Marderpinsel. Man nehme die Farben stets sehr verdünnt und übergehe zur Erzielung von dunkleren Tönen die Flächen mehrmals; überschüssige Farbe wird mit einem ausgequetschten Pinsel oder mit Fließpapier abgetupft. Kleine farbige Partien werden auf der trockenen Platte mit spitzem Pinsel bemalt. Glanzlichter für Edelsteine u. dgl. lassen sich durch Auflegen von Gummitropfen nach dem Bemalen erzielen; die Tröpfchen wirken wie Linsen. Als Farben empfiehlt Dir. Bolle: Für blau Indigokarmin oder Patentblau; für grün Malachitgrün (sehr hell), für Vegetation Mischungen von Tropaeolin O und Indigokarmin (läßt sich beliebig bis zur Farbe von trockenem Laub abstufen); für gelb Tropaeolin O, eventuell für dunklere Töne mit Orange gemischt; für Fleischton eine Mischung von Tropaeolin mit Eosin, für rot Eosin (sehr lebhaft), Erythrosin oder Mischungen von Eosin und Orange; für braun Bismarckbraun oder Vesuvin (für kalte Töne mit Indigokarmin gemischt); für Felsentöne Mikadobraun, manchmal in Mischung mit Indigokarmin (kalte Töne) oder Azorubin (warmrötliche Töne); für Sonnenuntergangeffekte Azorubin und Indigokarmin. Mischfarben können direkt in Mischungen aufgetragen werden oder besser ist es, zuerst mit der einen Farbe (z. B. für grün mit gelb) anzulegen und dann die zweite Farbe (z. B. blau) darüber aufzutragen.\*) Korrekturen lassen sich in größeren Flächen durch längeres Einlegen der bemalten Platten in Wasser vornehmen, wobei ein Teil der Farbe mehr oder weniger ausgezogen wird; von kleinen Partien läßt sich die Farbe mit Hilfe von Chlorwasser oder Jodtinktur und darauffolgendem Auswaschen wegnehmen. Lackieren der bemalten Laternbilder trägt zur Haltbarkeit und erhöhten Brillanz bei.

#### 4. Herstellung von Laternbildern durch Zeichnen.

Bei Strichzeichnungen von schematischen Figuren, physikalischen Apparaten, Blüten-Diagrammen und anderen einfachen Skizzen läßt sich mit Vorteil das photographische Negativ verwenden, das man wie ein Diapositiv mit einer Deckplatte bedeckt; nur muß nach dem Montieren die Bildbezeichnung auf der Glasseite des Negativs geschehen, von welcher gesehen das Bild in richtiger Stellung erscheint. Solche Negative wirken bei der Projektion wie Kreidezeichnungen auf der Tafel — weiße Linien auf schwarzem Grunde.

Kleine Zeichnungen lassen sich sehr gut und einfach mit Tusche oder Farbe auf Pauspapier herstellen oder auf gewöhnlichem dünnen Papier, das man schließlich durch Tränken in einem Lack oder in mit Weingeist

---

\*) Gute Farben zum Bemalen der Diapositive liefern unter anderem: Günther Wagner, Hannover und Wien, Hugo Schneider, Glauchau (Sachsen), Dorotheenstraße 5; gut sind auch Keilitz' Brillant-Photographiefarben (vollständiger Kasten samt Pinseln etc. K 12.—).



verdünntem Rizinusöl durscheinend macht; die fertige Zeichnung wird zwischen zwei Glasplatten in der Art der Diapositive eingeschlossen.

Weinhold\*) empfiehlt Zeichnungen in weißen Linien auf dunklem Grunde in folgender Weise anzufertigen: Eine Lösung von 100 g Blätter-schellack in 200 g Weingeist (92%) wird durch ein Faltenfilter filtriert; dazu fügt man eine gleichfalls filtrierte Lösung von 20 g Kolophonium in 15 g Terpentinöl und 50 g absolutem Alkohol, endlich mischt man eine gesättigte Lösung von Anilinblau (10 g in 150 g Weingeist) dazu im Verhältnis von einem Volumteil Farbstofflösung zu zwei Volumteilen des Lackgemisches. Die tiefdunkelblaue Mischung wird auf gut gereinigte Glasplatten (von der Größe der Laternbilderplatten) zu gleichmäßigen Schichten ausgegossen. Die begossenen Platten läßt man in steiler Stellung in einem staubfreien Raume gut trocknen. Wenn der Lack eben so weit erhärtet ist, daß er einen

kräftigen Druck der Innenfläche der Fingerspitze verträgt, ohne davon eine bleibende Spur zu behalten, so ist er zum Zeichnen mit der Nadel richtig (spröde gewordener Lack kann durch vorsichtiges Erwärmen wieder weich gemacht werden). Das Einzeichnen geschieht mit einer spitzen Nadel aus ungehärtetem Stahl oder man schärft sich mit der Feile einen 1.7 mm dicken Stahldraht nach Art einer Bleistiftspitze zu und klemmt ihn in einem sogenannten Künstlerstift (Crayon) fest. Die Nadel wird wie eine Reißfeder geführt. Gerade Linien können mit Hilfe eines Lineals, geschwungene mit einem Kurvenlineal gezogen werden; das Schreiben geschieht

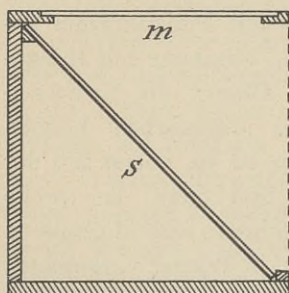


Fig. 147. Schnitt durch einen einfachen Retuschierkasten zum Bemalen von Laternbildern; *m* Milchglas, *s* Spiegel.

mit freier Hand. Für die Anfertigung von Tabellen empfiehlt es sich unter die Platten einen Raster zu legen. Das Zeichnen geschieht auf einem Retuschierpulte oder besser noch auf der Glasplatte der einfachen in Fig. 147 dargestellten Vorrichtung, die man sich leicht aus einem Zigarrenkistchen anfertigen kann. (Dieses einfache Pult ist auch vorzüglich beim Bemalen von Laternbildern zu gebrauchen.) Die fertige Zeichnung wird mit einer Maske aus starkem Zeichenpapier bedeckt und mit einer Glasplatte wie ein gewöhnliches Laternbild montiert.

Nach einem anderen Verfahren zur Herstellung von weißen Bildern auf schwarzem Grunde\*\*) beruht man eine Glasplatte über brennendem Terpentinöl möglichst gleichmäßig und kratzt in die Rußschichte die Zeichnung mit einer Nadel ein (sehr hübsch sind darauf mittels einer mit einer feinen Spitze versehenen Stimmgabel Schwingungskurven einzuzichnen, S. 266); um die Zeichnung zu fixieren, hält man die geschwärzte Seite

\*) Physikal. Demonstrationen, S. 47.

\*\*) Laterna magica 1900, XVI, S. 60.



1—2 Minuten lang über eine Schale mit heißem Alkohol und übergießt schließlich die Platte mit einem photographischen Negativlack.

Zeichnungen mit Tusche, roter und blauer Tinte u. s. w. lassen sich sehr gut auf fein doucierten Glasplatten herstellen,\*) wobei man unter die Platten das Original legt und einfach pausiert. Auch Bleistiftzeichnungen mit Schattierung lassen sich darauf gut anbringen. Schließlich wird die Zeichnung mit einem farblosen Lack übergossen, um die Platte möglichst durchscheinend zu machen. Auf gut gereinigten gewöhnlichen Glasplatten läßt sich auch zeichnen, wenn man käufliche flüssige Tusche mit dicker Leim- oder Gummilösung (Verhältnis 8 : 1) vermischt.

Ein anderes Verfahren zum Zeichnen auf Glas ist folgendes:\*\*) 5 g Mastix und 8 g Dammarharz werden in 30 cm<sup>3</sup> Alkohol in gut verschließbarer Flasche unter Erwärmen im Wasserbade gelöst. Mit diesem Lack übergießt man Glasplatten, die vorher auf etwa 50–60° C erwärmt worden sind; nach dem Erkalten ist der Überzug sehr hart und durchsichtig und es läßt sich darauf mit Tusch sehr gut zeichnen. Auch auf mit dicker Zuckerlösung übergossenen Platten läßt sich nach dem Trocknen ziemlich gut zeichnen. — Ausfixierte Diapositiv- oder gewöhnliche Negativplatten oder mit einer Gelatinelösung begossene Glasplatten gestatten nach vollständigem Trocknen gleichfalls sehr gutes Zeichnen mit Tusche und Farben.

Sehr gut eignen sich endlich zum Zeichnen von Laternbildern die dünnen Gelatinefolien, wie sie zum Einmachen und Bedecken von Bonbons benützt werden; sie nehmen Tusch und Farblinien gut auf und werden schließlich zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen.

## 5. Montieren und Bezeichnen der Laternbilder.

**Einschließen der Bilder.** Diapositive müssen vor dem Einschließen an einem ziemlich warmen Orte gut getrocknet werden, um das lästige Entstehen von Wassertröpfchen auf der Deckplatte zu vermeiden, das stets nach längerer Zeit eintritt, wenn die Schichte des Diapositivs nicht vollkommen trocken gewesen ist. Auf der Schichtseite der Laternplatten wird entweder eine Maske aus schwarzem Papier, wie solche mit verschiedenen geformten Ausschnitten käuflich zu haben sind, mit einigen Gummitröpfchen an den Ecken aufgeklebt oder man klebt rings um das Bild, die weiße Randpartie der Platte bedeckend, schwarze Papierstreifen, die man sich mit einem scharfen Messer (auf einer Glasplatte als Unterlage) zugeschnitten hat. Nun wird die Bildseite der Platte mit einem weichen Pinsel gut abgestaubt und mit einem sorgfältig gereinigten, dünnen, farblosen und möglichst

---

\*) René Leblanc, *Les Projections lumineuses*, Paris, Cornely & Cie., 1904, Seite 101.

\*\*\*) *Laterna magica* 1900, S. 61.



fehlerfreien Solinglas, dem Deckglas,<sup>\*)</sup> zugedeckt. Schließlich werden die beiden Gläser durch Umkleben der Ränder mit schwarzen Papierstreifen gut aneinander befestigt; vorteilhaft, wengleich etwas teurer sind die im Handel erhältlichen Kautschukleinwandstreifen, die sehr gut auf den Platten kleben und weder die Gläser noch die Finger beim Arbeiten beschmutzen.<sup>\*\*</sup>) Es gibt im Handel auch Metallrähmchen (aus Messing oder Kupfer), mit denen man Laternbilder und Deckplatten sehr rasch und

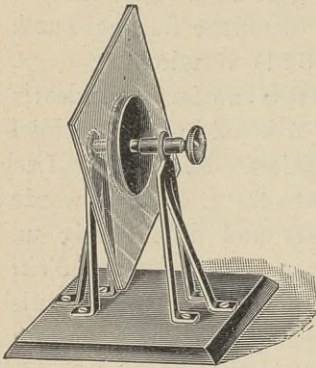


Fig. 148. Rändelapparat zum Montieren von Laternbildern.

sauber einschließen kann; sie sind jedoch teuer und verbiegen sich leicht im Gebrauche, sind daher für Schulzwecke weniger zu empfehlen.<sup>\*\*\*</sup>) Das Umkleben geschieht ohne Schwierigkeit, indem man die beiden Platten auf eine Kante stellt, gut aneinander drückt und zuerst die beiden gegenüberliegenden Ränder beklebt und erst nach dem Trocknen die beiden anderen Ränder gleichfalls mit den Verschluss-



Fig. 149. Klemmbügel zum Einschließen der Laternbilder.

streifen versieht. Bequemer und rascher geht die Arbeit, wenn man sich des in Fig. 148 abgebildeten Hälters „Rändelapparat“ bedient oder des einfachen „Klemmbügels“ (Fig. 149).†)

**Bildbezeichnung.** Die Etikette mit der Bildbezeichnung kann man entweder vor dem Einschließen mit dem Deckglase auf der Maske des Diapositivs anbringen (sie ist dann durch die Deckplatte gegen Beschmutzen geschützt!) oder man klebt sie auf dem fertigen Laternbilde nahe dem oberen Rande außen auf, und zwar auf dem Deckglase (also über der Schichtseite des Laternbildes), so daß der Beschauer das Bild in richtiger Stellung vor sich sieht und über ihm die Bezeichnung lesen kann

<sup>\*)</sup> Sorgfältig ausgesuchte Deckgläser liefern alle größeren Händler mit photographischen Utensilien; 100 Stück davon im Format 8·2 : 8·2 cm kosten (z. B. bei R. Lechner, Wien) K 8.50, im Format 8·5 : 10 cm K 10.—, im Format 9 : 12 cm K 14.—; 1 Schachtel Masken zu 100 Stück in 16 verschiedenen Ausschnitten kostet K 1.20 bis K 2.—.

<sup>\*\*</sup>) Einfassungstreifen aus schwarzem Papier, geleimt, kosten zu 100 Stück 80 h, Kautschukleinwandstreifen, die Rolle zu 15 m K 1.80. — Eine sehr praktische Neuheit für den in Rede stehenden Zweck bringt neuestens Dr. J. Neubronner in Cronberg i. T. als „U-form-Trocken-Klebestreifen“ in den Handel (100 Stk. für 50 Bilder Mk. 1.50 bis 1.75), dazu federnde „Plättzangen“, die in angewärmtem Zustande benützt werden.

<sup>\*\*\*</sup>) Preis der Metallrähmchen für Laternbilder im Format 8·5 × 8·5 cm Mk. 10.— für 100 Stück, für Formate 8·5 × 10 cm Mk. 11.50 (bei Unger & Hoffmann in Dresden).

†) Preis des „Klemmbügels“ bei Gebrd. Mittelstrass in Magdeburg, Mk. 1.50. — Der Rändelapparat kostet bei Unger & Hoffmann in Dresden, Mk. 2.50.



(Fig. 150).\*) Ähnlich sind auch die meisten käuflichen Laternbilder bezeichnet. Rechts und links kann man ferner kleine Etiketten für die Nummer des Bildes anbringen und eventuell unten eine kurze Etikette, — zum Unterschiede von der oberen Etikette mit der Bildbezeichnung am besten aus farbigem Papier — welche den Namen des Besitzers oder der Schule trägt. Laternbilder im Formate  $8,5 \times 10$  cm werden meistens, besonders wenn das Bild selbst nur etwa 7 cm lang ist, nahe dem rechten Schmalrand mit einer größeren Etikette versehen. Jedenfalls soll man bei Anlegung einer Schulsammlung darauf sehen, daß alle Laternbilder gleichartig montiert und etikettiert sind, wodurch die Orientierung der Bilder beim Einsetzen in das Skioptikon stets leicht und sicher ist; es ist nichts störender, sowohl bei öffentlichen Vorträgen, als noch mehr in der Schule, wenn infolge ungeschickter Vorbereitung und besonders ungleicher Montierung einzelne Bilder verkehrt in den Apparat eingesteckt werden und also auf den Kopf gestellt an der Projektionswand erscheinen.

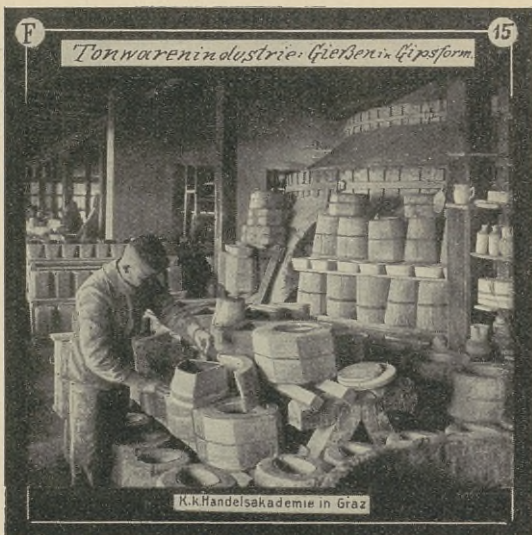


Fig. 150. Laternbild im Formate  $8,2 \times 8,2$  cm, fertig montiert.

**Aufbewahren der Laternbilder.** Die Laternbilder sollen stets an einem vollkommen trockenen und im Winter geheizten Raume aufbewahrt und vor Licht geschützt werden. Sie in alten Plattenschachteln, die nur 6—8 Stück davon fassen, zu verpacken, ist unpraktisch, weil dadurch schwer gute Ordnung zu halten ist und vor allem die Übersicht der Sammlung verloren geht. Es gibt im Handel eigene geschlossene Aufbewahrungskästen für Laternbilder (Fig. 151) aus Pappe oder aus Holz, die meist für 50 oder 100 Bilder eingerichtet und innen mit Holznuten versehen sind, in welche die Bilder gesteckt werden;\*\*) für eine einigermaßen

\*) In vielen photographischen Klubs, z. B. im Kameraklub, Wien, ist die Anbringung der Etikette unterhalb des Bildes üblich; für eine Unterrichtssammlung ist dies nicht zu empfehlen.

\*\*) Pappeschachteln mit Kalikoüberzug für 50 Bilder im Format  $8,2 \times 8,2$  oder  $8,5 \times 10$  cm kosten das Stück K 6.— bis 7.—. (Zu haben bei R. Lechner in Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien, Unger & Hoffmann in Dresden, Talbot in Berlin, Mittelstrass in Magdeburg u. a. Firmen). — R. Lechner in Wien bringt neuestens „Laternbildbewahrer“ in Form von Lexikonbänden in den Handel, welche in je



bedeutende Schulsammlung stellt sich aber ihre Anschaffung zu teuer und sie nehmen gewöhnlich viel Platz ein. Weit billiger und übersichtlicher ist es, die Laternbilder in offenen Kästchen aus starkem Papier, besser aus dünnem Holz (in der Stärke der Zigarrenkistchen) aufzubewahren; die Innenmaße für solche Kästchen sind: 15 cm Länge, 9 cm Breite und 7 cm Höhe für etwa 50 Bilder oder von doppelter Länge für 100 Bilder. Gut ist es, wenn die Kästchen durch Querwände so geteilt sind, daß in jeder Abteilung etwa 25 Bilder bequem Platz finden und wenn auf dem Boden und an den Seitenwänden der Kästchen innen Samt- oder Kautschukstreifen geklebt sind, um die Glasplatten gegen Schaden zu bewahren. Die Aufbewahrung der Kästchen kann am besten in

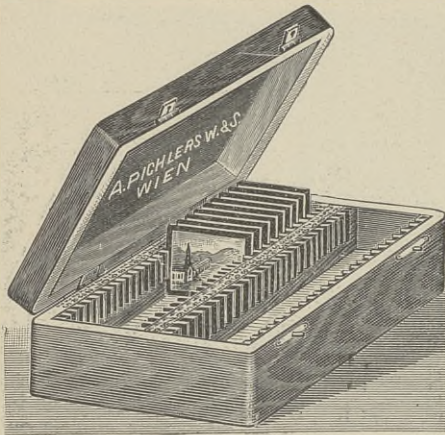


Fig. 151. Aufbewahrungskasten für Laternbilder mit Nuten.

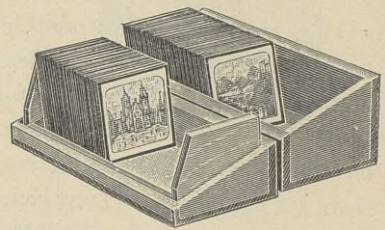


Fig. 152. Stülpkasten für Laternbilder (nach Eduard Liesegang in Düsseldorf).

gewöhnlichen geschlossenen Sammlungskästen geschehen, wobei die Reihen der Laternbilderkästchen mit Vorteil stufenförmig angeordnet werden; so sind die Bilder gegen Tageslicht und Staub möglichst geschützt. Die beste Übersicht und leichtes Auffinden der einzelnen Bilder für den Unterricht gewährt es, wenn die Bilder nach Materien in Gruppen geordnet in den Kästchen zusammengestellt werden, wobei vor jeder neuen Gruppe ein über die Bilder emporragender weißer Karton mit der Gruppenbezeichnung gesteckt wird. Hat man einzelne Bilder herauszusuchen, so läßt sich die ganze Gruppe in den empfohlenen offenen Kästchen leicht wie ein Zettelkatalog durchblättern; bei Benützung aller in einem Kästchen beisammenliegender Laternbilder wird man gleich das ganze Kästchen mit seinem Inhalte am Projektionsapparat benützen können. Überdies kann man sich noch einen besonderen Katalog für die Sammlung anlegen, mit Angaben über Herkunft der Bilder, Preis usw., also eine Art Inventarbuch.

zwei seichten Laden im ganzen 52 Stück Laternbilder in ganz schrägen Nuten aufnehmen; sie sehen sehr sauber aus, dürften aber ihres hohen Preises wegen (K 12.— das Stück) nur für Amateure in Betracht kommen. — Für das Zusammenstellen der Laternbilder für einen Vortrag sind auch die Stülpkästen von Liesegang in Düsseldorf, Fig. 152, recht bequem, in denen 70—80 Bilder Platz finden. (Preis für ein Stück im Format  $8\cdot5 \times 8\cdot5$  oder  $8\cdot5 \times 10$ , Mk. 8.—).



Zettelkataloge über die Laternbildsammlung sind bei der empfohlenen Aufbewahrungsweise in offenen Kästchen nicht unbedingt notwendig; wo die Sammlung aber für die Benützung durch mehrere Lehrer gut geeignet sein soll, ist ein Zettelkatalog, dessen Blätter außer der Nummer, der Bildbezeichnung und Herkunft noch Angaben über das Bild selbst, besondere Erklärungen, vielleicht Literaturhinweise etc. enthalten, von hohem Werte. Besonders instruktiv wird ein solcher Katalog dadurch, daß man auf jedem Zettel eine Papierkopie des zugehörigen Laternbildes anbringt, was besonders dort leicht möglich ist, wo man die Negative zu den Diapositiven besitzt; übrigens dürften sich, wenn sich die Anlegung derartiger illustrierter Zettelkataloge an Schulen einbürgern sollte, die Fabrikanten von Laternbildern bald dazu verstehen, einem jeden Diapositiv für Lehranstalten eine unaufgezogene Papierkopie des Bildes zu billigem Preise beizugeben.

**Schadhaftwerden von Laternbildern.** Sorgfältig hergestellte Diapositive auf Chlorbromplatten oder durch Woodburydruck erzeugte sind überaus beständig und zeigen auch nach Jahren trotz vielleicht recht häufiger Benützung zu Projektionen keine nennenswerte Veränderung, doch sollen sie, wie schon früher gesagt, bei der Aufbewahrung vor Licht geschützt werden. Vielleicht etwas weniger haltbar sind Diapositive auf auskopierbaren Platten, Folien oder abziehbaren Papieren, die infolge der gewöhnlich verwendeten Goldtonung bei häufiger Belichtung im Skioptikon etwas verblassen. Hingegen beobachteten wir bei selbstangefertigten Laternbildern (auf Diapositivplatten) manchmal zwei Arten von Veränderungen, die noch erwähnt sein mögen. Laternbilder, die mit Salmiaklösung und Ammoniak (als Schwärzungsmittel) verstärkt waren, zeigten nach mehreren Monaten, trotzdem die vorgeschriebenen Wässerungen bei allen Prozessen genau durchgeführt worden waren, ein allmähliches Verbleichen, gewöhnlich vom Rande gegen die Mitte zu fortschreitend und nach einiger Zeit war das ganze Bild in der Aufsicht weiß. Zur Projektion sind wohl solche ausgebleichte Bilder noch brauchbar, wenngleich das projizierte Bild nun einen erdigbraunen Farbenton aufweist; in manchen Fällen gelingt es, das Bild neuerlich zu schwärzen oder mindestens zu bräunen, wenn man die aus der Montierung genommene Platte in einer Natriumsulfidlösung badet, worauf sie wieder gut auswässert werden muß. — Eine nicht seltene Veränderung von Laternbildern besteht darin, daß nach längerer Zeit auf der Innenseite des Deckglases sich feinste Wassertröpfchen ansetzen, die bei der Projektion als dunkle Fleckchen im ganzen Bilde recht störend abgebildet werden. Die Ursache dieser Bildung liegt darin, daß die Diapositive vor dem Einschließen nicht genügend (an einem warmen Orte) getrocknet worden sind, so daß die Gelatineschicht noch eine gewisse Menge von Feuchtigkeit enthalten hat; im Laufe der Zeit traten diese kleinen Wassermengen infolge abwechselnder Verdunstung und Kondensation auf



die Innenseite der Deckplatte über. Der Fehler ist natürlich leicht zu beheben, indem man von solchen Laternbildern die Deckgläser abnimmt und innen sauber abputzt; vorsichtshalber lasse man die Diapositive vor dem Wiedereinschließen einige Stunden an einem warmen Orte stehen, damit sie völlig trocknen.

Schließlich sei hier noch empfohlen, alle Laternbilder nach ihrem Gebrauche sorgfältig zu putzen, ehe man sie wieder in die Sammlung einreihet, damit sie stets rein und gut benützlich zur Verfügung stehen. Gewöhnlich genügt das Abreiben der beiden Glasflächen mittels eines weichen Tuches oder mittels Rehleder, um die durch Berühren der Gläser beim Projizieren entstandenen Verunreinigungen und den Staub zu entfernen.

---



#### IV. Abschnitt.

## Die Verwendung des Projektionsapparates in einzelnen Lehrfächern

(mit Ausnahme von Physik und Chemie).

Wenn es auch nicht unsere Aufgabe ist und sein kann, über die methodische und didaktische Seite des Skioptikons als Unterrichtsmittel Ratschläge zu geben, so glauben wir doch vielen Lehrern, welche den Projektionsapparat in der Schule benützen wollen, mit ziemlich ausführlichen Angaben der Quellen zur Beschaffung des Demonstrationmaterials nützlich zu sein, wobei im allgemeinen das im Handel Erhältliche genügen muß. Jeder das Skioptikon benützende Lehrer wird sich dann, wo er es für nötig hält, Laternbilder und andere geeignete Objekte selbst anfertigen oder machen lassen. Wir gehen im folgenden nach Lehrfächern vor, wobei wir uns auf jene beschränken, in welchen das Skioptikon eine häufige und ziemlich regelmäßige Anwendung zu finden pflegt oder finden sollte, während wir vom Unterricht in alten und modernen Sprachen, vom Unterricht der Geometrie und des Zeichnens u. s. w. absehen, wenn auch in diesen Fächern von einem oder dem anderen Lehrer die Benützung des Skioptikons für bestimmte Zwecke mit Erfolg versucht worden ist. Im Sprachunterricht, besonders bei der Lektüre kann bei geschickter Auswahl der Bilder das Skioptikon manchmal zur Belebung des Unterrichts recht gut beitragen. Für den deutschen Literaturunterricht möchten wir auf die betreffenden Laternbilder bei A. Pichlers Witwe & Sohn hinweisen. Die dem Folgenden beigegebenen Abbildungen Fig. 153 bis 165, ferner 172 und 173 sind Reproduktionen von Laternbildern dieser Firma.

### I. Religion.

Der Unterricht der Religion, besonders auf der Unterstufe, wird von manchen Lehrern in neuerer Zeit gerne durch Vorführung von Laternbildern anregender gestaltet; es stehen dafür reichlich Laternbilder zur Verfügung. So sind zu haben:



**Bilder aus der biblischen Geschichte** bei den Firmen A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien\*) und R. Lechner in Wien (eine Serie von Dr. Neveril und Dr. Deimel im Auftrage des Vereines katholischer Religionslehrer an den österreichischen Mittelschulen zusammengestellt). Die erstgenannte Firma gibt auch Laternbilder von **kirchlichen Baudenkmalern** und **Gemälden** heraus.



Fig. 153. Laternbild: Der Sturm auf dem Meere.

Reproduktionen der meisten Bilder aus der berühmten **Bibel** von G. Doré führen Krüss in Hamburg und Unger & Hoffmann in Dresden, auch Newton in London; letzterer und Wood in London\*\*) haben auch zahlreiche biblische Bilder nach Schnorr, nach F. Hanfstängel und nach Tissot.

**Bilder aus dem Leben Jesu**, zu den fünf Büchern Mosis, aus dem Leben des Papstes Leo XIII., religiöse Darstellungen moderner Meister, aus dem Leben Dr. M. Luthers, über Heidentum und Missionen in Indien hat Liesegang in Düsseldorf in großer Auswahl, von den letztgenannten beiden Stoffen auch Mittelstrass, Magdeburg.

## II. Geographie.

Dem Unterricht in Geographie liegt die Verwendung des Skioptikons besonders nahe und er sollte nach unserer Überzeugung am meisten davon Gebrauch machen. Hier wird die Sache auch am einfachsten, da aus allen Teilen der Erde ein überaus reiches Material, auch in der Form von Laternbildern vorliegt, das nach vielen Tausenden zählt. Im allgemeinen wird man bei allen Lieferanten Ansichten von Landschaften, Städten, Häfen u. s. w. in genügender Auswahl vorrätig finden, von denen sehr viele für den geographischen Unterricht auf allen Stufen vorzüglich brauchbar sind. Einzelne Erzeuger von Laternbildern pflegen gewisse Gebiete in so hervorragendem Maße, daß wir durch eine übersichtliche Zusammenstellung des einschlägigen Bildmaterials nach den zahlreichen Katalogen manchem Lehrer für die Anlage und Ausgestaltung der geographischen Laternbildersammlung wertvolle Winke zu geben glauben.

Bilder zur **Völkerkunde** führen besonders A. Pichlers Witwe & Sohn und Liesegang, solche für die Erläuterung der allgemeinen **geographischen**

\*) Die Adressen der einzelnen Firmen sind beim Kapitel „käufliche Laternbilder“ S. 135 u. f. angegeben.

\*\*) Eine Eigentümlichkeit der englischen Firmen sind die Bilder zu bekannten Hymnen (Wood hat über 600 Stück davon), die sich in England großer Beliebtheit erfreuen. Hier sei auch bemerkt, daß diese größten Erzeuger von Laternbildern sehr viele Serien zu verbreiteten englischen Erzählungen und Geschichten angefertigt haben.



**Grundbegriffe**, über Ozeano- und Hydrographie und über die Küstengliederung von Europa R. Lechner (nach einer sorgfältigen Zusammenstellung von Dr. R. Trampler), Bilder zur **physikalischen Geographie**, z. B. Karten der Isothermen, der Isobaren und der Meeresströmungen liefert Otto Wigand in Seitz. Eine ganze Serie von Professor Dr. Sieger („sechs Vorträge aus der allgem. physikalischen Geographie“) ist bei R. Lerchner in Wien erschienen.

Die beiden genannten bedeutenden Wiener Firmen haben ferner zahlreiche vorzügliche Laternbilder aus **Österreich**, insbesondere von den österreichischen Alpengebieten, vorrätig; in der Liste von A. Pichlers Witwe & Sohn ist außer vielen Bildern aus Wien besonders reich Niederösterreich vertreten (die einzelnen Gruppen umfassen das Donaultal, das südliche Wiener Becken, die Uralpen, die nördlichen Kalkalpen, die niederösterreichische Sandsteinzone, das Gebiet des Manhartsgebirges und das Marchfeld); R. Lechner führt eine vollständige Donaureise, eine Zusammenstellung von Bildern der Hauptstädte der österreichisch-ungarischen Monarchie und etwa 500 Bilder der österreichischen Alpenländer. Würthle & Sohn in Wien-Salzburg, hat die reichlichste Auswahl von Bildern aus den Ostalpen (etwa 3500 Stück), auch aus der Wachau, von Istrien und Dalmatien, während Alois Beer in Klagenfurt eine große Auswahl von sehr guten Laternbildern aus Kärnten, Steiermark, von der österreichischen Riviera, aus Bosnien und der Herzegowina hat, auch Bilder der österreichisch-ungarischen Kriegsmarine. Zahlreiche Bilder aus der Hohen Tatra führen Unger & Hoffmann; andere Bilder aus **Ungarn** sind bei den Wiener Firmen und bei A. Beer in Klagenfurt zu haben.

Das **Deutsche Reich** ist ausgiebig vertreten bei R. Hüttig & Sohn, bei Krüss und bei Liesegang, am reichlichsten bei R. Talbot (etwa 2200) und bei Unger & Hoffmann (rund 1100 Bilder), nebst Bilderserien über die deutsche Handelsflotte und Passagierdampfer). Ausgezeichnete Städtebilder aus Deutschland, wohl hauptsächlich mit Betonung des Kunstgeschichtlichen, führt Dr. Stödtner, Berlin (ausführliches darüber noch S. 168), bei dem auch eine Sammlung von Marinebildern zu haben ist. Die **Schweiz** wird durch zahlreiche Bilder der Firma Ganz & Co. in Zürich, repräsentiert, auch die beiden bedeutenden Wiener Firmen sowie Unger & Hoffmann haben viele einschlägige Bilder zur Wahl. Bilder aus **Frankreich** sind naturgemäß in größter Auswahl bei Lévy & ses fils in Paris und Lachenal in Paris, sowie bei R. Talbot in Berlin (über 5000 Stück) zu finden, letztere Firma hat ferner zahlreiche Bilder aus **Spanien** und **Portugal** (etwa 1800), ebenso Wilson Brothers (700 Stück, darunter viele aus Gibraltar) und aus **Italien** (über 1700), überhaupt ist der letztgenannte Staat bei fast allen Lieferanten ziemlich reich vertreten, freilich vorwiegend durch kunsthistorische Bilder; die reichste Auswahl von sehr guten Diapositiven italienischer Städte- und Landschaftsbilder bieten G. Sommer & figlio



in Neapel. Von der **Balkanhalbinsel** (abgesehen von Griechenland, das durch viele archäologische Bilder, unter anderem bei Lechner, gut vertreten ist) und von **Rußland** sind bei allen Firmen mit Ausnahme der englischen im ganzen wenige gute Bilder zu haben. Diapositive von Land- und Städtebildern aus **Schweden** und **Norwegen** führen unter anderem Unger & Hoffmann und besonders reichlich die englischen Fabrikanten Wood, Newton

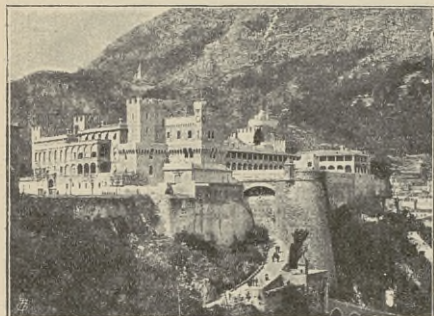


Fig. 154. Laternbild: Fürstliches Schloß in Monaco.

und Wilson Brothers, die beiden letzteren auch solche aus **Belgien** und **Holland**. **England** ist naturgemäß am ausgiebigsten in Bildern bei allen großen englischen Firmen zu haben (Newton führt allein 700 Bilder aus London); Bilder aus **Schottland**, von den Orkney- und Shetlandsinseln sowie von den Hebriden und von Island führen in großartiger Auswahl Wilson Brothers (etwa 7500 Stück). Anschließend hieran sei noch auf die Bilder von

Nansens Nordpolreise bei Lechner und bei Newton aufmerksam gemacht sowie auf jene von Grönland (von Dr. E. v. Drygalski) im Verlage von Krüss.

Vom **afrikanischen Kontinent** sind die Bilder aus Nordafrika bei Liesegang, von Deutsch-Südwestafrika und Ostafrika bei Krüss, von Zentral- und Südafrika bei Newton und bei Wood hervorzuheben. **Asien** ist in gewissen Teilen überall ziemlich reich vertreten, besonders Ost- und Südasiens bei A. Pichlers Witwe & Sohn, Indien, der Sunda-Archipel und das Gebiet der transsibirischen Bahnen bei Wood, China und Japan namentlich bei Newton sowie bei Unger & Hoffmann, die auch eine größere Auswahl von Bildern aus Vorderasien führen.

Bilder aus **Nordamerika** sind in ziemlicher Anzahl überall zu haben, die größte Auswahl haben darin Wood (auch viele Ansichten aus Kanada) und Th. M. Allister ebenso von Bildern aus Mittel- und Südamerika, endlich auch von **Australien** und **Neuseeland** (von letzteren Gebieten führt Wood allein etwa 600). Schließlich seien noch die Laternbilder vom Karolinen-Archipel (Aufnahmen von Dr. Neuhauss), von den Sandwich- und Fijinseln und von Samoa der Firma Krüss hervorgehoben sowie auf Bilder von der jüngsten Weltausstellung in St. Louis bei Liesegang aufmerksam gemacht.

In charakteristischen Bildern zur **Handelsgeographie** herrscht noch ein ziemlicher Mangel und Spezialkarten oder Stadtpläne in Form von Laternbildern gibt es bisher überhaupt nicht im Handel, obgleich gerade die letzteren für den Unterricht sehr wertvoll wären, insbesondere Hafenpläne



und Karten von gewissen Eisenbahnnetzen und von Dampferlinien. Auf diesem Gebiete muß zur Beschaffung von Laternbildern die Tätigkeit einzelner Lehrer an den Unterrichtsanstalten durch photographische Reproduktion von geeignetem Kartenmaterial einsetzen. Daß diese empfindliche Lücke an käuflichen Diapositiven noch nicht ausgefüllt wurde, hat wahrscheinlich in gesetzlichem Schutz gegen Reproduktionen seine Ursache, welcher Landkarten und Stadtplänen gewährt ist, während ein gleicher Schutz käuflichen Photographien nicht zu teil wird, so daß sie meist ohne weiteres von Laternbildererzeugern verwendet werden dürfen\*). — Bilder der österreichischen Häfen und der Kriegs- und Handelsflotte führt u. a. Photograph A. Beer in Klagenfurt.



Fig. 155. Laternbild: Freihafen und Lagerhäuser am Sandtorkai in Hamburg.

Die Gebiete, auf denen sich der geographische und physikalische Unterricht berühren, die **Astronomie** und **Meteorologie**, sind durch Laternbilder gut vertreten; hier sind die Bilderserien „Wunder der Sternenwelt“ von R. Lechner, „Durch den Weltenraum“, „Der Sternenhimmel“ und „Wettervorhersage“ von Ed. Liesegang (samt zugehörigem Texte) zu erwähnen, ferner die zahlreichen Bilder der Sonne, der Planeten, Kometen, Sterne und Sternspektren von Krüss (etwa 350) und von Wigand (ungefähr 200), ebenso die Photogramme nach Zeichnungen der Mondkrater (von Dr. Weinek in Prag); Krüss führt auch Laternbilder von verschiedenen Sternwarten und von astronomischen Instrumenten (etwa 300 Glasphotographien von Dr. R. Bernstein in Berlin). Endlich mögen hier die Serien von beweglichen Laternbildern zur Darstellung verschiedener Himmelsvorgänge u. s. w. genannt werden, welche A. Pichlers Witwe & Sohn, Krüss und andere führen.

### III. Geschichte.

Der historische Unterricht wird im allgemeinen seltener das Skioptikon benützen, doch ist auch für ihn eine öftere Verwendung zu seiner Belebung höchst wertvoll. **Archäologische Bilder**, die hier sowie auch vielleicht manchmal beim Unterricht der alten Sprachen mit Vorteil gezeigt werden können, sind unter anderem in guter Auswahl bei R. Lechner zu

\*) Beim Bezuge von geographischen und ganz besonders von handelsgeographischen Laternbildern überzeuge man sich, ob die Bilder nicht veraltet sind, was heute mit Hilfe von leicht zu beschaffenden Ansichtskarten oder von Bildern in illustrierten Zeitschriften möglich ist.



haben (etwa 450 Stück, besonders von der Akropolis und dem alten Rom, von Pompeji u. s. w.) und bei Liesegang. Bilder zur **österreichischen Geschichte** und „Aus dem Leben Kaiser Franz Josef I“ (Vortrag von Schulrat Dr. Smolle) sind bei der genannten Wiener Firma vorrätig; **Porträts berühmter Männer** der Geschichte führen besonders A. Pichlers Witwe & Sohn (auch zahlreiche Bilder hervorragender Naturforscher) und Liesegang, der von größeren Bilderserien solche über Friedrich den Großen, Königin Louise und ihre Zeit, über die französische Revolution, über Napoleon I., über den deutsch-französischen Krieg und auch

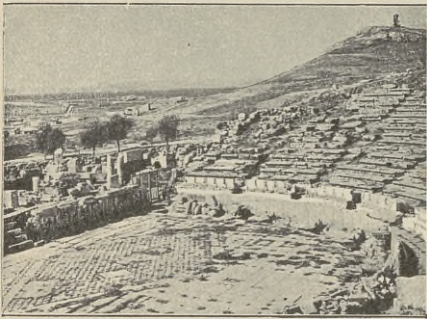


Fig. 156. Laternbild: Das Theater des Dionysos in Athen.



Fig. 157. Laternbild: Haus des Meleager in Pompeji.

Bilder zur babylonischen und assyrischen Geschichte führt. Bilder zur **englischen Geschichte** hat Newton in reicher Auswahl (etwa 2800), auch über den Transvaalkrieg 600 Stück). Auch auf die Laternbilder zur **Literaturgeschichte** (besonders nach alten Handschriften und Drucken) der Firma Pichlers Witwe & Sohn sei aufmerksam gemacht (ein Beispiel in Fig. 158). — Für militärische Unterrichtsanstalten dürften die von Ch. Skolik sen. in Wien VIII. zahlreich aufgenommenen Manöver- und Soldatenbilder (die auch als Laternbilder geliefert werden), die Bilder von der österr.-ung. Kriegsflotte, der Seemanöver und Kriegshäfen von Alois Beer in Klagenfurt und Laternbilder von Kriegsschiffen und anderen Marineaufnahmen von Unger & Hoffmann in Dresden und von Dr. Stoedtner in Berlin Interesse haben.

Weit reicher ist die Auswahl von Bildern zur **Kunstgeschichte**, von denen wohl gewiß auch manche im allgemeinen historischen Unterricht brauchbar sein dürften. Hier steht an erster Stelle Dr. Stoedtner in Berlin, welcher dieses Spezialgebiet in gründlichster Weise pflegt; so führt er zahlreiche Bilder zur italienischen Kunstgeschichte, über antike Kunst (etwa 2500) und über neue Kunstgeschichte aller Länder und vor allem deutsche Städtebilder, darunter auch viele Grundrisse und Schnitte von hervorragenden



Bauten; von Spezialkatalogen liegen uns vor: Bremen, Braunschweig, Hannover, Kassel, Magdeburg, Schwerin (mit je 200—600 Bildern), in Vorbereitung sind Bilderserien von Berlin, Köln, Augsburg, Leipzig und Nürnberg. Bedeutende Bilderserien zur Kunstgeschichte aller Zeiten führen A. Pichlers Witwe & Sohn (nach Zeitaltern geordnet, sehr reich vertreten sind Kunst der Gotik und Renaissance) und R. Lechner (darunter besonders Bilder zur österreichischen Kunstgeschichte), Bilder aus der antiken Kunst Krüss (im ganzen 1200, darunter von Kreta, Pergamon, Mykene und Troja, zusammengestellt von Dr. Novack, in Kiel). Die berühmten französischen Königsschlösser sind in guten Originalbildern bei A. Beer in Klagenfurt erhältlich. Bilder von englischen Kathedralen und Schlössern hat Newton in sehr großer Auswahl.

**Berühmte Gemälde** sind in sehr großer Zahl in Reproduktionen als Laternbilder zu haben: so enthält der bezügliche Spezialkatalog von E. Liesegang über 3000 Bilder nach Werken von alten und modernen Meistern nach Photographien von Braun, Clement & Comp. in Dornach-Paris und von Fr. Hanfstängl in München und nach den Gemälde- und Statuensammlungen des Louvre in Paris, des Vatikan und der Londoner Galerie (auch bei den großen englischen Firmen zu haben); die Dresdener Gemäldegalerie ist reichlich bei R. Hüttig & Sohn und bei Unger & Hoffmann vertreten (bei letzteren auch Bilder aus der Dresdner Skulpturensammlung und Reproduktionen nach Gemälden von Moriz v. Schwind). Reproduktionen der hervorragenden Bilder und Statuen der italienischen Kunstsammlungen sind am besten bei G. Sommer & figlio in Neapel zu beziehen. — Die Gemäldesammlungen des kunsthistorischen Museums in Wien, der Berliner und Münchner Galerien sind unseres Wissens noch nicht in vollständiger Ausgabe als Laternbilder in den Handel gebracht worden.

Schöne Diapositive berühmter **Statuen**, besonders griechischer und römischer Bildwerke sind bei den meisten der genannten Erzeuger in



der im der Gemeine der gerechten  
 Denn der D. R. R. ferner den  
 ang der allertren. Aber der got  
 tofen was verjaget

II  
 Anst. sehen dy  
 Eubor / Duf  
 du freie leben  
 lo vergeruht

Die Künge im lande lebens rich  
 auf / von die D. R. R. rath  
 ten miteinander / D. R. R.  
 D. R. R. von nicht geblat  
 ten.

Kufft man werten im lande / end  
 von man werten im lide  
 Aber der im D. R. R. manet / lacher  
 er / D. R. R. D. R. R. R. R. R. R.  
 Er wurd engh mit man leben im  
 freuen sere / D. R. R. R. R. R.  
 gum wurd er sie f. R. R. R. R.  
 Aber ut

Fig. 158. Laternbild: Blatt aus der ersten Bibelübersetzung Luthers.



Fig. 159. Laternbild: „Aurora“, Gemälde von Guido Reni.



reicher Auswahl vorrätig; am wirkungsvollsten sind solche Bilder, wenn der Hintergrund rings um das Bild der Skulptur tief schwarz abgedeckt ist. \*)

#### IV. Naturgeschichte.

Trotz der für alle Zweige der Naturgeschichte geschaffenen zahlreichen Wandtafeln und Bildwerke und der eifrigsten Benützung von Präparaten, Modellen und frischem Material, wie sie für den Unterricht dieses Gegenstands zu Gebote stehen und überall sachgemäß Verwendung finden, vermag auch hier die Projektion eine große Rolle zu spielen. Wir wollen, um zu zeigen, was auf diesem Gebiete an Lehrmitteln zur Verfügung steht, zunächst auf die im Handel erhältlichen Laternbilder, nach den drei Naturreichen geordnet, aufmerksam machen, dann weiter die Vorführung von kleinen und kleinsten Naturobjekten besprechen.

##### a) Laternbilder:

**Zoologie und Somatologie:** Von Naturaufnahmen von Tieren aus zoologischen Gärten liegen solche aus Schönbrunn bei Lechner, aus Hamburg bei Krüss, aus Dresden bei Unger & Hoffmann auf. Eine Auswahl von Tierbildern nach Naturaufnahmen führt auch A. Pichlers Witwe & Sohn. Lichtbilder für den zoologischen und anatomischen Unterricht haben Krüss (etwa 1000 Platten) und Liesegang (darunter etwa 300 Bilder nach Mikrophotographien zusammengestellt von Dr. W. Stempel in Greifswalde,

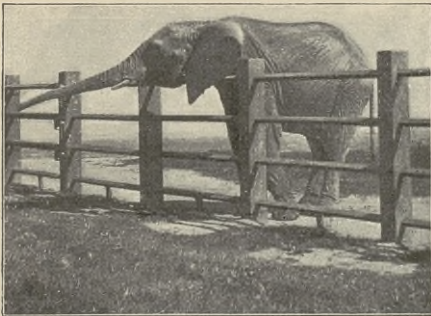


Fig. 160. Laternbild: Ein Elefant in der Menagerie zu Schönbrunn.



Fig. 161. Mikrophotogramm: Rüssel der Arbeiterbiene.

welche Sammlung auf 1000 Stück erweitert werden soll). Zoologische Bilder nach Zeichnungen und Gemälden sowie Originalphotographien von Schädeln und Skeletten führt O. Wigand, der auch eine interessante Aus-

\*) Die Firma James Bamforth (Station Road Holmfirth, Yorkshire) liefert Laternbilder nach künstlerisch gestellten Modellen als Illustrationen zu dichterischen Werken.



wahl von Bilder menschlicher und tierischer Parasiten (250 Stück) hat. Hier mögen auch noch die Bilder zur **Tierzucht** und **Landwirtschaft** im Verlage von A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien aufgeführt sein. Eine Spezialität der Firma Krüss, die auch im Unterricht der Geographie, besonders aber der Landwirtschaft wertvoll ist, sind die Bilder von Rinderrassen der österreichischen Alpenländer (nach Gemälden von Jul. v. Blaas). Die englischen Fabrikanten führen sehr viele zoologische und anatomische Bilder; erwähnt seien die Bilder über Mimikry, von Korallenriffen (nach guten Photographien) und Veterinärbilder bei Newton in London. — Ausgezeichnete **Mikrophotogramme** zur Somatologie und Tieranatomie brachte neustens die Firma A. Pichlers Witwe & Sohn auf den Markt.

Anschließend mögen hier noch die schönen Bilder zur Anatomie des Menschen, Embryologie und pathologischen Anatomie von Dümmler in Wien genannt sein (nach Originalaufnahmen mit der von Prof. Dr. Elschnig in Wien, konstruierten Stereoskopkamera, auch in trefflichen Stereoskop-Diapositiven zu haben) und die Spezialbilder zur Anatomie und Pathologie des menschlichen Auges bei Lechner (zum Teil auch nach Aufnahmen von Dr. Elschnig und von Prof. O. Zoth). Krüss bringt Bilder von chirurgischen Operationen. — Laternbilder aus dem Gebiete der Hygiene und über erste Hilfe bei Unfällen, die für viele Schulen sehr wertvoll wären, gibt es bisher nicht im Handel.

**Botanik:** Hier kommen zunächst die vorzüglichen Habitusbilder tropischer Kulturpflanzen in Betracht, die durch Wandtafeln nicht zu ersetzen sind; solche liefern A. Pichlers Witwe & Sohn sowie Krüss (eine besondere Sammlung nach Aufnahmen von Dr. Tschirch, Bern). Zur Wiederholung des Lehrstoffes und neben den vorhandenen zahlreichen Wandtafeln können mit Vorteil die Bilder zur systematischen Botanik und Morphologie, zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen im Verlage von Krüss (zusammengestellt von Dr. Wieler, Achen), von Wigand (etwa 700) und von R. Talbot verwendet werden; letztere Firma liefert auch Habitusbilder (nach *Traité général de botanique descriptive par Maout et Descaigne*). Ausgezeichnete **Mikrophotogramme**\*) zur Zellen-

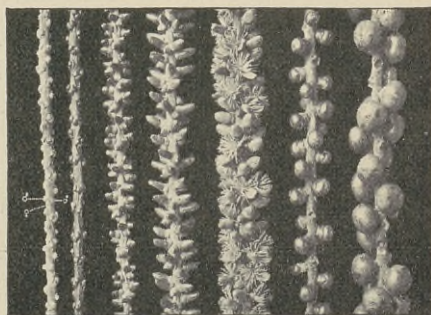


Fig. 162. Laternbild: Blüten- und Fruchtstände der Kitulpalme (*Caryota urens*).

\*) Bei Verwendung von Mikrophotogrammen empfiehlt es sich, um den Schülern eine ungefähre Vorstellung von der wirklichen Größe des natürlichen Objekts zu geben, ein Mikrophotogramm einer Mikrometerplatte vorzuführen, wie es die Firma A. Pichlers Witwe & Sohn, Wien, liefert (in zwei Ausführungen, eine mit dem Werte von 1,2 mm für einen Teilstrich, das andere mit 0,25 mm in der Originalvergrößerung des Diapositivs).



und Gewebelehre sowie von Hölzern hat die Firma Pichler in Wien für Laternbilder anfertigen lassen, die den vollkommensten Ersatz für die Verwendung des Mikroskops oder eines Mikroprojektionsapparates im Unterricht darstellen, worüber auch an anderer Stelle (S. 108) gesprochen ist.

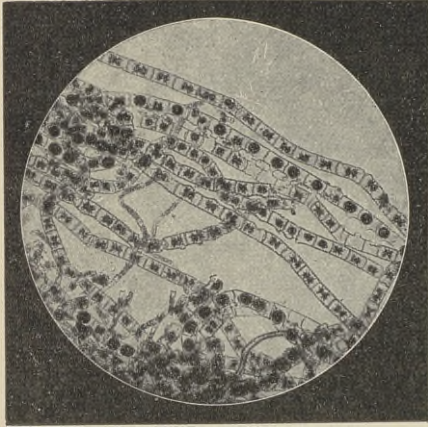


Fig. 163. Mikrophotogramm: Konjugation von Algen.

Mikrophotogramme von Pilzen und Diatomaceen liefert auch Krüss. Direkte Aufnahmen nach Bakterien in Laternbildern bringen auch Dümmler (Aufnahmen mit den Stereskopkamera von Dr. Elschmig in Wien), Lechner, Krüss (Aufnahmen von Dr. Weigmann in Kiel und Dr. Neuhauss in Berlin) und Newton (besonders Aufnahmen aus der Bakteriologie der Tropenkrankheiten) auf den Markt.

#### Mineralogie und Geologie:

Für erstere ist die Zahl der im Handel befindlichen Laternbilder klein, entsprechend dem geringen Bedürfnisse dafür;

bei Dümmler in Wien sind einige Aufnahmen von schönen Mineralien und Gesteinen, bei Fuess in Steglitz mehrere Mikrophotographien nach Kristallen und Dünnschliffen von Gesteinen, zum Teil im polarisierten Lichte aufgenommen (etwa 50 Bilder), erschienen; auch Lechner, Wien, führt Bilder von Gesteinsschliffen.

Hingegen ist für den Unterricht der Geologie, bei welchem ein Skioptikon von Zeit zu Zeit vorzügliche Dienste leisten wird, durch im Handel erhältliche Laternbilder gut gesorgt. Wir erwähnen zuerst die geologischen Landschaftsbilder im Verlage von Wigand in Seitz (etwa 270 Stück) darunter eine Reihe von Erosionsbildern aus der sächsischen Schweiz nach Originalaufnahmen und eine große Kollektion von Bildern zur Paläonto-

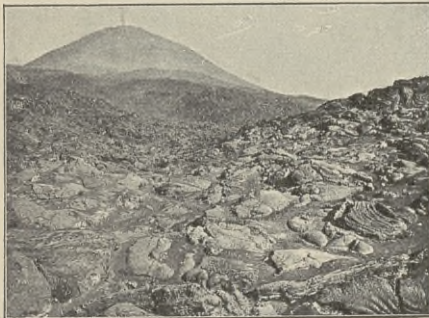


Fig. 164. Laternbild: Lavafeld am Vesuv.

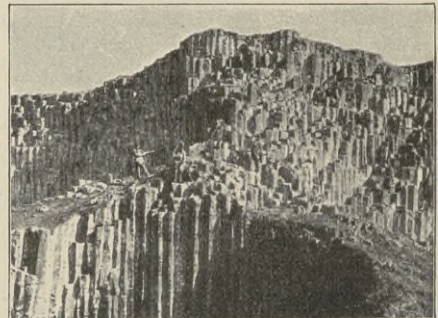


Fig. 165. Laternbild: Basaltsteinbruch „Dattenberg“.



**logie** von derselben Firma (etwa 400 Stück), zum Teil Reproduktionen von Zeichnungen, aber auch direkte, sehr gelungene Aufnahmen von Prachtstücken von Versteinerungen (aufgenommen von Geheimrat Dr. v. Fritsch, Halle, und den Herren Bender und Eisel in Gera). Die Firma Krüss in Hamburg führt Reproduktionen von geologischen Landschaften (nach Unger), ferner etwa 120 morphologisch interessante Ansichten (zusammengestellt von Prof. Dr. A. Penk), geologische Charakterbilder aus der Bretagne und aus Südfrankreich (von Dr. M. Friedrichsen, Hamburg) und Aufnahmen von Grönländischen Gletschern (von Dr. v. Drygalski, Berlin). Bilder der bekanntesten Vulkane und Geysir, sowie eine Serie von Bildern des großen Ausbruches des Mt. Pelée führt E. Liesegang, zum Teil auch Newton, letzterer liefert endlich prähistorische Bilder und solche von Korallenriffen. Endlich seien noch die Bilder von **Meteoriten** (nach Zeichnungen von G. Tschermak) bei Fuess erwähnt.

### b) *Naturobjekte.*

Für den naturhistorischen Unterricht kann sich der Lehrer ferner manche recht hübsche und lehrreiche Präparate für die unmittelbare Projektion in jedem Skioptikon selbst herstellen, entweder indem er kleine durchsichtige Naturobjekte oder durchscheinend gemachte direkt zwischen zwei Glasplatten von der üblichen Laternbildgröße einschließt oder von ihnen mit Zuhilfenahme von photographischen Platten oder gewissen Kopierpapieren ein zur Projektion brauchbares Lichtbild anfertigt.\*) So geben besonders die durchsichtigen **Flügel verschiedener Insekten**, z. B. von Haut- und Netzflüglern, auch ganze kleine Insekten, Krustentiere, Würmer u. s. w. sehr charakteristische Präparate. Die Objekte werden zuerst in warmem Wasser aufgeweicht, auch kann man, um braune Stellen durchscheinender zu machen oder ganz zu entfärben, sie für einige Zeit in eine konzentrierte Lösung von Chloralhydrat oder in Eau de Javelle einlegen, dann wieder gut auswässern; endlich werden sie, zwischen Fließpapier eingepreßt, vollkommen trocknen gelassen. Die Befestigung auf der Glasplatte von  $8.5 \times 8.2$  oder  $8.2 \times 10$  geschieht mittels eines Tröpfchens farbloser klarer Gummilösung, auch mit Kanadabalsam, oder besser noch, indem man die Glasplatte mit klarem Zaponlack\*\*) gleichmäßig übergießt und, solange

\*) Einige der hier gegebenen Winke sind entnommen aus: René Leblanc, *Les projections lumineuses à l'école aux cours du soir et en famille*; Paris Édouard Cornély et Cie., 1904, pag. 119.

\*\*) Zaponlack ist im Handel zu haben (nach Schmidt, Kompendium der Photographie, eine Lösung von 2 g Kollodiumwolle in 70 cm<sup>3</sup> Amylazetat, 70 cm<sup>3</sup> Benzol und 35 cm<sup>3</sup> Azeton); zum Verdünnen von eingedicktem Lack oder zum Auflösen eingetrockneter Schichten dient Amylazetat. — Hier sei bemerkt, was wenig bekannt ist, daß Zaponlack ausgezeichnet brauchbar ist, um Papier, z. B. Etiketten, auf Metall festzukleben; man muß jedoch auch die Metallfläche zuerst damit bestreichen. Schließlich kann auch die Etikette damit überstrichen werden, wodurch sie gegen Feuchtigkeit geschützt wird.



der Überzug noch klebrig ist, die trockenen Flügel darauflegt, wo sie vollkommen festkleben. Auch eine gewöhnliche Diapositivplatte,\*) die aus irgend einem Grunde, etwa durch zufällige Belichtung, unbrauchbar geworden ist, ist verwendbar; man legt sie in ein Fixierbad, bis sie völlig klar geworden, wäscht sie wie eine photographische Platte sorgfältig aus und legt dann nach dem Abtropfen des Wassers das Präparat auf die klebrige Schichte, wo es beim Trocknen gut anklebt. Schließlich umgibt man das aufgeklebte Objekt mit einer passenden Maske aus schwarzem Papier, klebt nahe dem Rande rings auf der Platte entsprechend dicke Streifen von Zeichenpapier oder Karton von der Dicke des Objekts, bedeckt das Ganze mit einem Deckglase für Laternbilder und montiert zuletzt das fertige Präparat wie ein gewöhnliches Laternbild (siehe S. 157).

In ähnlicher Weise lassen sich Präparate von **kleinen Pflanzenteilen**, wie zarteren Wurzeln, Blüten oder Blätter, ja selbst von **kleinen Pflanzen** anfertigen; sehr lehrreiche Präparate geben unter anderem die bekannten Wurzelknöllchen der Leguminosen. Um die Gegenstände genug durchscheinend zu machen, kann man sie mit Javellescher Lauge bleichen.

Grüne Pflanzen oder Pflanzenteile werden zuerst durch Auskochen mit Alkohol vom Chlorophyll teilweise oder ganz befreit, hierauf in lauwarmes Wasser gelegt, um sie wieder weich zu machen, und wie Herbarexemplare weiter behandelt; das Aufkleben und Einschließen geschieht in der oben geschilderter Weise.

Von **Blättern** oder **Blatteilen** mit charakteristischer Nervatur, Randbeschaffenheit u. s. w. kann man mit Zuhilfenahme von photographischen Verfahren lehrreiche Laternbilder fertigen. Man legt das noch grüne Blatt wie ein Negativ auf abziehbares lichtempfindliches Papier (siehe S. 150), macht durch einfaches Belichten (am besten im direkten Sonnenlichte) eine Kopie, wobei die durchscheinenderen Nerven fast allein kopieren und behandelt weiter das Papierbild wie ein Diapositiv (Fig. 116). In analoger Weise kann man eine Kopie direkt auf einer Diapositivplatte durch Belichtung der Platte unter dem Präparat und Entwickeln der Kopie herstellen.\*\*)

Weitere lehrreiche und sehr schöne Objekte für die unmittelbare Projektion geben **Algen**, besonders die



Fig. 166. Autophotogramm eines *Coca*-Blattes (nach Dr. Jos. Moeller).

\*) Alte oder unbrauchbare Diapositive lassen sich auch für obigen Zweck brauchbar machen; man legt die Platte so lange in den Farmerschen Abschwächer (siehe Fußnote S. 144), bis jede Spur des Bildes verschwunden ist und wässert sie gut aus.

\*\*) In ähnlicher Weise hergestellte „Autophotogramme“ hat in großer Zahl Herr Prof. Dr. Jos. Moeller in seiner „Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel“, II. Aufl., zu Illustrationen benützt.



prächtig gefärbten Laminariaceen, Fucoideen u. s. w.; sie werden ähnlich wie bei der üblichen Präparation für Herbarexemplare behandelt, indem man sie in Wasser schwimmen läßt und einfach auf einer entsprechender Glasplatte auffängt, auf der sie beim Trocknen festkleben.

Dünne Schnitte von **Hölzern**, besonders Querschnitte, auch von ganzen Stengeln oder Zweigen, eignen sich, in der bei den Insektenpräparaten beschriebenen Weise präpariert, wenn nötig aufgeheilt und auf Glas befestigt, sehr gut zum Projizieren mittels Skioptikons; die Strukturverhältnisse, besonders die Jahresringe, die Markstrahlen, große Poren u. s. w. treten bei 30- bis 40facher Vergrößerung, wie sie ein gutes Skioptikon liefert, an der Wand genügend deutlich hervor.

### *c) Pflanzenphysiologische Experimente.\*)*

Im folgenden soll aus der großen Anzahl der mittels eines Projektionsapparates vorführbaren pflanzenphysiologischen Experimente nur eine ganz kleine Serie hervorgehoben werden. Denn wenn auch so ziemlich alles, was an fertigen Objekten, an fertigen Reiz- oder Entwicklungszuständen für die Pflanzenphysiologie in didaktischer Hinsicht wichtig ist, zur Projektion gebracht werden kann, wenn insbesondere auch verschiedene Versuchsanordnungen durch entsprechende Anpassung der Apparate (meist in Größenreduktionen derselben bestehend) für die Skioptikonvorführung geeignet gemacht werden können, so sind doch vor allem jene Experimente besonders lehrreich und von anschaulicher überzeugender Kraft, deren Ergebnis vor den Augen des Zuschauers eintritt, namentlich wenn dabei die Pflanze unmittelbar als lebender Organismus, mitten in der Ausführung seiner Lebensfunktionen, erkannt werden kann. Freilich sind diese Demonstrationen gerade auch die heikelsten, da sehr häufig das lebende Objekt im entscheidenden Augenblicke nicht in der gewünschten Art oder Stärke reagiert. Es ist daher in solchen Fällen, von denen einige nachstehend besprochen werden sollen, dringend nötig, die Technik des betreffenden Versuches sorgfältigst durchprobiert und eingeübt zu haben und ferner von den zu projizierenden Objekten mindestens noch ein zweites Exemplar in Reserve zu halten. Jedenfalls muß man durch Vorversuche den günstigsten Entwicklungszustand und die reaktionsfähigsten Individuen zu ermitteln trachten.

Wir werden uns ferner auf die Vorführung solcher Experimente beschränken, welche keine besonders starken Vergrößerungen beanspruchen, und befolgen dabei die von Pfeffer\*\*) angegebenen Versuchsanordnungen und Winke.

\*) Der Abschnitt über pflanzenphysiologische Versuche samt den zugehörigen Abbildungen wurde uns von Herrn k. k. Professor Dr. Ludwig Linsbauer in Wien gütigst zur Verfügung gestellt.

\*\*) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. 35, Heft 4.



Zur Beleuchtung des Projektionsapparates, als die alle S. 73 beschriebenen mittleren Apparate sich eignen, ist elektrisches Bogenlicht vorausgesetzt. Es ist für gewöhnlich zu empfehlen, wenn es sich um Objekte mit größeren Tiefendimensionen oder um mehr als 20fache Vergrößerung handelt, nur mit durchfallendem Lichte, nicht mit dem Episkope zu arbeiten, was auch für alle im folgenden beschriebenen Versuche gilt. Zur beliebigen Veränderung der Vergrößerung benützt man am besten einen Objektivsatz mit Einsteckzylinder (siehe S. 34, Fig. 36 u. 37).

Bei der Projektion von pflanzenphysiologischen Versuchen werden die Küvetten, in denen sich die Vorgänge abspielen sollen, an die Stelle des Bildträgers des Skioptikons, dicht vor dem Kondensator aufgestellt, entweder auf einem entsprechenden Tischchen oder auf besonderen verstellbaren Trägern, wie sie von einigen Firmen ihren Projektionsapparaten beigegeben werden.\*) Ist der Apparat mit einem Balg zwischen Bildträger und Objektivbrett ausgestattet, so muß die hintere Balgwand gegen das Objektivbrett vorgeschoben werden, um genügenden Raum für die Küvetten zu schaffen. Zur Projektion der Versuche reicht man auch sehr gut mit der in Fig. 174, S. 188, abgebildeten Vorrichtung aus, bei welcher das Objektiv auf einem frei stehenden, beliebig verschiebbaren Träger montiert ist; nach Aufstellung der Küvette samt Inhalt vor dem Kondensator verschiebt man den Objektivträger so lange, bis sich das in der Küvette befindliche Objekt scharf auf dem Projektionsschirm abbildet.

Auf alle Fälle ist es — aus didaktischen Gründen — geraten, die Objekte und Apparate mittels eines großen, bildumkehrenden Prismas aufrecht zu projizieren (siehe darüber S. 250).

Da häufig das lebende Objekt durch die starke Wärmewirkung der Lichtstrahlen mindestens stark geschädigt wird, so schaltet Pfeffer zur Absorption der Wärmestrahlen in den Gang der Strahlen eine Küvette ein, welche eine 20 cm dicke Wasserschicht enthält, was für die meisten Fälle der Makroprojektion ausreicht. Ist der Projektionsapparat an sich mit einer Kühlkammer versehen (S. 13 u. f.), so ist dies am empfehlenswertesten.

Die in den folgenden Zeilen mehrfach erwähnten planparallelen Küvetten können aus Metallrahmen und Spiegelglasplatten nach Art von Aquarien hergestellt werden, oder man bedient sich der käuflichen Küvetten.\*\*)

## 1. Alkoholgärung der Hefe.

Ein Glasgefäß von etwa 6 cm innerem Durchmesser und etwa 8 cm Höhe wird mit einer das ganze Gefäß erfüllenden 10%igen Rohrzuckerlösung, der etwas Asparagin und frische Hefe zugesetzt ist, beschickt.

\*) Z. B. ist das „große Schulsioptikon“ (Fig. 2, Seite 4) der Firma A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien mit einem derartigen Küvettenträger ausgestattet.

\*\*) Über Bezugsquellen guter Küvetten und über die Selbstanfertigung passender Projektionsgefäße siehe S. 222 und 300.



In das Glas (Fig. 167 *b*) wird, mit der Mündung nach unten, ein Glastrichter eingeführt (*t*), dessen Weite so bemessen ist, daß er fast den ganzen Querschnitt des Gefäßes bedeckt. Er wird mit Hilfe einer durch Reibung festsitzenden Korkplatte *k* derart festgehalten, daß der Trichterhals, in einer zentralen Bohrung des Korkes eingeklemmt, über die Korkplatte und den Rand des Glasgefäßes etwas vorragt. Die ganze Vorrichtung wird jetzt in eine höhere planparallele Küvette *K* gestellt, welche mit etwa 20° C warmem Wasser vollgefüllt wird. Hierauf verschließt man ein über den Trichterhals passendes, etwa 6 cm langes Proberöhrchen *e* mit ebensolchem Wasser, verschließt die Mündung mit dem Daumen und stülpt es mit der Öffnung, von der man den Finger erst unter Wasser entfernt, über das Trichterende. Es ist gut, die Eprouvette hier zu fixieren (etwa mittels zweier Korkstücke, welche zwischen Eprouvette und Gefäßwand eingeklemmt werden, oder durch ein Stückchen Kautschukschlauch, welches über den Trichterhals geschoben ist und auf dem die Eprouvette mit Reibung festsitzt).

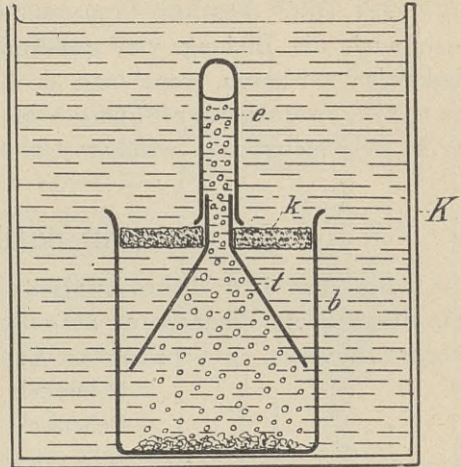


Fig. 167. Projektionseinrichtung für Alkoholgärung der Hefe; *K* Küvette, *b* Becherglas, *t* Trichter, *k* Korkplatte, *e* Eprouvette.

Man wird hiemit am besten so lange warten, bis die Gärung einige Zeit vor sich gegangen ist, damit nicht etwa einzelne mitemporgerissene Hefeklumpchen den Trichterhals verstopfen.

Man muß durch entsprechende Ableitung oder Wahl einer höheren Küvette dafür sorgen, daß das vom aufsteigenden Gase aus der Eprouvette verdrängte Wasser nicht auf den Tisch überfließe.

Bei 30—40facher Vergrößerung (wie sie das gewöhnliche Projektionsobjektiv liefert) kann man den kontinuierlichen Strom aufsteigender Gasblasen und ihre Ansammlung am oberen Ende der Eprouvette verfolgen. Bei gutem Ablauf des Versuches füllt sich das Proberöhr binnen einiger Minuten mit Kohlendioxyd, was in bekannter Weise durch das Verlöschen eines brennend eingeführten Spanes demonstriert werden kann. Man kann auch die Proberöhre, welche noch etwas Wasser enthalten muß, vom Trichterhalse abheben, mit dem Finger unter Wasser verschließen und in ein Schälchen mit Quecksilber überführen, in welches seine nunmehr freigegebene Öffnung eintaucht (kann gleichfalls projiziert werden); läßt man nun ein Stückchen festes Ätzkali im Proberöhr emporsteigen, so löst es sich schnell im Wasser, die Lösung absorbiert das Kohlendioxyd und die Flüssigkeit steigt im Rohre empor.



Soll das ausgeschiedene Gas nicht erst aufgefangen werden, dann benützt man als Gärungsgefäß eine gewöhnliche längere Eprouvette, welche in eine wassergefüllte Küvette eintaucht und mit der hefehaltigen Zuckerlösung gefüllt ist. Man kann sie durch ein kreisförmiges Loch eines Blechstreifens, der auf den Küvettenrändern aufliegt, in das Wasser derselben einhängen.

## 2. Stickstoffbildung durch Bodenbakterien.

Mit Hilfe derselben Apparate wie bei dem vorigen Versuche läßt sich auch die Bildung von gasförmigem Stickstoff durch die genannten Bakterien vorführen, wenn man als Kulturflüssigkeit eine nicht zu konzentrierte Salpeterlösung benützt, der man etwas frischen Pferdemist beigemischt hat, welcher stets solche Bakterienformen enthält.

## 3. Gasaustritt durch die Lentizellen.\*)

Ein etwa 1 cm dickes Zweigstück von *Sambucus nigra* (Fig. 168 a), das gut ausgebildete Rindenporen aufweist, wird mittels eines am unteren Ende übergeschobenen, gut passenden Kautschukschlauches (b) in den kürzeren Schenkel eines U-Rohres (c) eingepaßt. Der Schenkel, welcher natürlich auch über das Glasrohr zu schieben ist, kann mit Draht umwickelt und an das Rohr festgebunden werden. Die obere Schnittfläche des Zweiges wird mit Siegelack wohl verkittet. Die ganze Vorrichtung wird in eine höhere Küvette eingesenkt, welche bis über die obere Schnittfläche mit Wasser gefüllt ist.

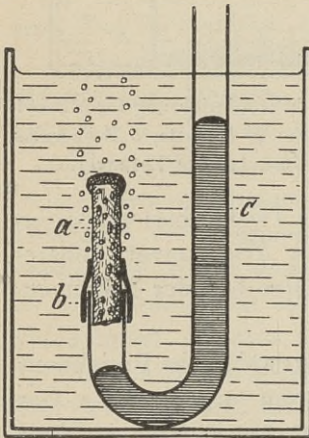


Fig. 168. Apparat zum Vorführen des Gasaustrittes durch die Lentizellen; a Zweigstück, b Kautschukschlauch, c U-Rohr mit Quecksilber.

In den längeren Schenkel des U-Rohres gießt man durch einen Trichter vorsichtig Quecksilber nach, welches die Luft unter dem Zweige zusammenpreßt. Wenn das Quecksilber im längeren Schenkel einen Überdruck von etwa 20 cm hat, so sieht man im umgebenden Wasser aus den Lentizellen Luftblasen austreten.

Die Dimensionen von Zweig und kürzerem Schenkel des U-Rohres sind so zu wählen, daß die Luftblasen auf eine größere Strecke im Wasser zu verfolgen sind. Eine schwache Vergrößerung ist genügend.

\*) Dieser Versuch und zahlreiche andere, die mit entsprechenden Abänderungen auch mit Zuhilfenahme eines Projektionsapparates im Unterrichte vorgeführt werden können, sind eingehend beschrieben in: „Vorschule der Pflanzenphysiologie“ von Dr. Karl und Dr. Ludwig Linsbauer; Wien, Konegen 1906. (Anmerkung der Herausgeber.)



#### 4. Assimilation des Kohlendioxyds.

Um die Ausscheidung von Sauerstoffblasen bei der Assimilation zu zeigen, benützt man einen kräftigen Sproß von *Elodea densa* (oder *El. canadensis*, *Ceratophyllum* etc.), den man an einen Glasstab aufrecht festbindet. Das untere Ende der Pflanze, welches die Schnittfläche trägt, wird eine kurze Strecke aufwärts gebogen und mit der Schnittfläche nach oben festgebunden, derart, daß die Blasen einen möglichst langen Weg im Wasser zurückzulegen haben (Fig. 169). Sollten aus derselben während der Assimilation zu wenig Gasblasen austreten, so kann man durch Einstiche mit einer Nadel das Gewebe etwas auflockern. Der Glasstab wird aufrecht in eine etwa 5 cm weite Küvette eingesenkt, indem man ihn etwa durch eine über den Küvettenrand reichende dickere Korkplatte hindurchsteckt und letztere etwas beschwert, oder indem man den Glasstab noch in einen durchlochten, auf den Boden der Küvette aufgekitteten Kork einsteckt. Wenn man den Sproß zusammenbiegt, so kann man mit niedrigeren Küvetten das Auslangen finden. Hierauf wird das Gefäß mit Leitungswasser gefüllt, welches vor der Projektion durch neues Wasser (von derselben Temperatur) ersetzt wird oder dem einige Blasen Kohlendioxyd zugeführt werden, damit die genügende Menge dieses Gases vorhanden sei. Durch passende Auswahl der Pflanze und entsprechende Beleuchtung vor der Projektion kann man es dahin bringen, einen konstanten Blasenstrom, etwa 20—50 Blasen in der Minute, zu erzielen.

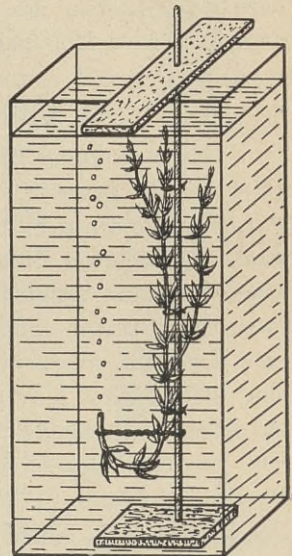


Fig. 169. Versuchsanordnung zum Zeigen der Assimilation des Kohlendioxyds.

Durch Vorschalten von engen Drahtnetzen, Transparentpapier oder farbigen Glasscheiben läßt sich der Einfluß der Lichtstärke und -farbe auf die Assimilation demonstrieren; auch kann man durch einen schwarzen Pappschirm partielle Verdunklung der Pflanze, an der nur das die Schnittfläche tragende Ende beleuchtet bleibt, vornehmen.

Um bei totaler Verdunklung der assimilierenden Partien Reflexlicht abzuhalten, ist es gut, auch die Vorderwand der Küvette abzublenden (am einfachsten durch einen zweimal rechtwinklig gebogenen Papp- oder Blechschirm, der seitlich über die Küvette geschoben wird) und die Seitenwände schwarz zu streichen.

Zur Projektion verwendet man 30fache Vergrößerung.

Will man den ausgeschiedenen Sauerstoff auffangen, so kann man eine Vorrichtung wie in Versuch 1 (Alkoholgärung) benützen, wobei man



unter den Trichter möglichst mehrere Pflänzchen mit nach oben gewendeten Schnittflächen bringt.

### 5. Atmung.

Zur Demonstration der Ausscheidung von Kohlendioxyd bei der Atmung füllt man eine vorteilhaft planparallele prismatische Flasche mit weitem Halse etwa zur Hälfte oder zu einem Drittel mit Erbsen- oder Bohnensamen, welche 12 Stunden in Wasser eingequollen waren, und verschließt die Mündung mit einem gut passenden Pfropfen. Nach sechs oder mehr Stunden hat sich so viel Kohlendioxyd entwickelt, daß ein an einem Drahte befestigtes, nach dem Lüften des Pfropfens rasch eingeführtes brennendes Wackkerzchen (oder Holzspan) in dieser Atmosphäre sofort verlischt.

### 6. Öffnen und Schließen von Blüten.

Abgeschnittene Blüten von *Tulipa* oder von *Crocus luteus* werden durch einen Kork gesteckt, welcher ein Pulverfläschchen, das mit etwa 5<sup>0</sup> C warmem Wasser gefüllt ist, verschließt. Der Aufbewahrungsort der verdunkelt gehaltenen Blüte muß ebenfalls kalt sein. Von einer im geschlossenen Zustande befindlichen Blüte entfernt man alle Perigonblätter bis auf zwei, die einander annähernd gegenüberstehen. Vor der Projektion ersetzt man das kalte durch etwa 30<sup>0</sup> C warmes Wasser, stellt das Fläschchen in eine kleine, leere Küvette, welche mit einem Deckel verschlossen wird und an deren Seitenwänden man einige Streifen nassen Filterpapiers befestigt hat, um einen feuchten Raum herzustellen. Diese Küvette wird in einer zweiten, größeren, mit warmem Wasser (30<sup>0</sup> C) gefüllten Küvette durch Beschweren mit einem entsprechenden Gewichte untergetaucht. Die Erwärmung der Blüte hat bald ein Öffnen derselben zur Folge, welches bei 20facher Vergrößerung an der Projektionswand gut zu verfolgen ist.

### 7. Reizbewegung an Mimosa.

Die bekannten Erscheinungen an der Sinnpflanze lassen sich vorteilhaft an einem kleineren Topfexemplare der *Mimosa Spegazzinii* oder *Mimosa pudica* bei etwa 20facher Vergrößerung vorführen, wobei ein Endblättchen z. B. durch Anbrennen gereizt wird, worauf sukzessive die Reizung in bekannter Weise weiter fortschreitet. Wenn man dann die Objekte beiseite stellt, so kann man nach 10—15 Minuten die Blättchen allmählich in die Ruhelage zurückkehren sehen. Notwendig ist, daß die Lufttemperatur während der Projektion nicht zu niedrig sei (mindestens etwa 20<sup>0</sup> C), sonst reagieren die Pflanzen schlecht oder nicht. Auf alle Fälle sind die Versuchspflanzen einige Stunden vor der Demonstration in das Vortragszimmer zu bringen und mit einem Glassturze bedeckt stehen zu lassen. Wenn sie dann ihre normale, ausgebreitete Stellung angenommen haben, können sie zum Versuche verwendet werden.



## 8. Reizbare Staubfäden.

Bei stärkerer Vergrößerung (100—200 fach)\*) kann man die Kontraktion der reizbaren Staubfäden verschiedener Kompositen demonstrieren, z. B. an *Centaurea*-Arten unserer Flora (*C. jacea*). Am geeignetsten jedoch ist schon wegen der Dimensionen die in Blumenhandlungen käufliche *Centaurea americana*. Man entnimmt eine eben erst entfaltete, unversehrte Blüte dem Köpfchen und befestigt sie mit einer das basale Ende durchbohrenden Nadel auf einem Korke. Wenn man nun mittels einer Borste oder einer dünnen Nadel, die von oben her in die Röhre versenkt wird, die Staubfäden durch leichtes Berühren gereizt hat, so biegt sich die ganze Röhre infolge Kontraktion der Staubfäden nach der gereizten Seite hin. Dabei wird die Antherenröhre (Fig. 170 *a*) verkürzt und der Griffel wird an der Spitze derselben sichtbar; seine Fegehaare bürsten den in der Röhre vorhandenen Blütenstaub heraus, welcher deutlich am oberen Ende der Antherenröhre zum Vorschein kommt.

Wird mit Hilfe einer kleinen Schere die Kronenröhre *r* zuerst aufgeschlitzt (Fig. 170), dann herabgebogen und endlich über der Ansatzstelle der Staubfäden *f* weggeschnitten, so läßt sich die Reizbewegung der Staubfäden deutlich erkennen. Man muß nur die Blüten nach der Operation etwa 5—10 Minuten ruhig stehen lassen, worauf die Staubfäden in die Ruhelage gekommen und reizbar geworden sind, was vermittels einer Borste, mit der man einen oder den anderen Staubfaden berührt, leicht gezeigt werden kann; es erfolgt eine auffallende Krümmung derselben, welche nach mehreren Minuten sich wieder ausgleicht, worauf der Versuch mit derselben Blüte wiederholt werden kann.

In der Fig. 170 ist die Blüte aufgeschlitzt gedacht, um den Ansatz der Staubfäden zu zeigen; der Deutlichkeit halber sind nur zwei derselben gezeichnet, auch der Griffel ist weggelassen worden.

In den Strahlengang ist mit größtem Vorteile zur Vermeidung zu starker Erwärmung eine planparallele Flasche einzuschalten, welche eine fast konzentrierte, etwa 4 cm dicke Lösung von Eisensulfat enthält. Entfernt man dieselbe und läßt das Licht nur das schon erwähnte Wassergefäß passieren, so kann man die Schädigung des lebenden Objektes durch die zu große Erhitzung an dem Unterbleiben oder an der Schwächung der Reizbarkeit demonstrieren.



Fig. 170. Aufgeschlitzte Blüte von *Centaurea americana*; *fr* Fruchtknoten mit Pappus *p*, *f* Staubfäden, *a* Staubbeutel, *r* Blumenkronenröhre mit Zipfel z.

\*) Hierzu verwendet man entweder ein Projektionsobjektiv mit sehr kurzer Brennweite oder einen Mikroskopansatz mit schwachem Objektiv (Fig. 126, 131 oder 216).



## 9. Die Reizbarkeit der Ranken.

Sie läßt sich entweder an Topfpflanzen von *Sicyos angulatus* zeigen, welche man aus Samen gezogen und in Töpfe verpflanzt hat, oder (nach Pfeffer) an den Ranken von *Passiflora coerulea*. Man projiziert bei etwa 20facher Vergrößerung, indem man ein kurzes Stengelstück, das eine bereits leicht bogenförmig gekrümmte, nicht mehr spiraling eingerollte Ranke trägt, mit dem unteren Ende in ein Fläschchen (Fig. 171) mit Wasser eintauchen

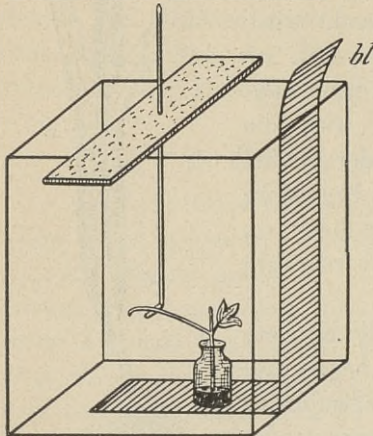


Fig. 171. Versuchsanordnung für die Projektion von reizbaren Ranken; *bl* Blechstreifen.

läßt und das ganze auf dem Boden einer mit Wasser von ungefähr 30° C gefüllten Küvette mit planparallelen Wänden fixiert, was sehr leicht dadurch zu erreichen ist, daß man in das Fläschchen etwas Quecksilber einfüllt und erst darüber Wasser gibt. Das Einführen bis auf den Boden geschieht höchst bequem mit einem rechtwinklig gebogenen starken Blechstreifen (*bl*). Das wagrechte Ende des Glasstabes hat man gleich anfangs rauh gemacht, indem man es mittels einer alkoholischen Schellacklösung mit feinstem Schmirgelpulver überzogen hat. Nach einiger Zeit beginnt sich die Ranke infolge haptotropischer Reizung einzukrümmen.

Man biegt nun einen etwa bleistift-dicken Glasstab von entsprechender Länge rechtwinklig um und reibt mit dem kurzen, wagrechten Ende die Unterseite der Ranke etwa 10—20mal kräftig; sodann befestigt man den Stab, der die Ranke unterseits berühren muß, dauernd in dieser Lage, indem man über den Rand der großen Küvette eine Korkplatte legt, durch welche der Stab hindurchgesteckt ist.

Hier läßt sich passend ein allerdings nur bei vorsichtiger Ausführung gut gelingender Versuch einschalten, der die außerordentlich schnell erfolgende Einkrümmung der *Passiflora*-Ranken nach Verletzung zeigt. Nach Fitting wird eine kräftige, wohl entwickelte Ranke von *Passiflora coerulea*, welche noch nicht gereizt worden ist, an der Basis mit einem scharfen Rasiermesser glatt abgeschnitten, wobei man sie nur ganz leicht zwischen den Fingern oberhalb der Schnittstelle festhält, ohne eine Reizung herbeizuführen. Mit dem abgeschnittenen Ende steckt man sie in ein mit Wasser gefülltes Fläschchen, in dessen Hals sie mittels eines Wattebüschchens aufrecht gehalten wird.

Die Ranke soll vorher einer Temperatur von 23—30° C ausgesetzt und sehr kräftig beleuchtet gewesen sein. Temperatur und Beleuchtung



sollen auch während der Projektion möglichst dieselben bleiben, wie vorhin. Erstere Bedingung kann dadurch erfüllt werden, daß man das Fläschchen mit entsprechend warmem Wasser füllt und die ganze Vorrichtung in eine mit ebensolchem Wasser gefüllte Küvette — wie oben beschrieben — einsetzt. Die ganze Manipulation ist möglichst rasch vorzunehmen, da die Spitze der Ranke meist bereits nach 2 Minuten sich einzukrümmen beginnt. Die Bewegung geschieht so schnell, daß man sie mit unbewaffnetem Auge, weit besser bei Projektion mit schwacher Vergrößerung wahrnehmen kann.

Es soll zum Schlusse nur kurz hingewiesen werden, daß eine ganz spezielle Form der Aufnahme und **Wiedergabe von fortlaufenden Bewegungserscheinungen der Pflanzen** teils wegen der technischen Schwierigkeiten, teils wegen der damit verbundenen hohen Kosten noch kaum Verwendung findet, nämlich die Kinematographie. Unseres Wissens hat nur Pfeffer (a. a. O.) derartige Aufnahmen gemacht, deren Bedeutung für die anschauliche Vorführung so mancher namentlich langsam ablaufender Lebensprozesse (Wachstumserscheinungen z. B.) ohne weiteres klar ist. Dieses Gebiet der Projektion zu pflegen, sei dringend empfohlen!\*) Es wird damit nicht nur für Lehrzwecke sehr Erspießliches geleistet werden können, sondern auch (z. B. durch die Erleichterung der Analyse von Bewegungserscheinungen) für die wissenschaftliche Untersuchung ein neues, nicht unwichtiges Forschungsmittel gewonnen werden.

#### *d) Tierphysiologische Versuche.*

Versuche an lebenden Tieren lassen sich auch, freilich nur in kleiner Auswahl projizieren, z. B. der Blutkreislauf in der Schwimmhaut eines Frosches, die Herzbewegung kleiner Fische, das Pulsieren der Vakuolen in Infusorien und dgl., jedoch meist nur unter Anwendung eines Projektionsmikroskops.\*\*\*) Zur Betäubung (Hypnose) kleiner Tiere für unseren Zweck empfiehlt A. H. Cole an der Universität in Chicago\*\*\*) eine 1%ige Lösung von Trichlorbutylalkohol, die man je nach der geringeren oder größeren Empfindlichkeit der Tiere wenig bis sehr stark mit Wasser verdünnt. Kleine lebende Wassertiere, Larven von Wasserinsekten u. s. w. hingegen können direkt im Skioptikon in der oben angegebenen Weise in Küvetten vorgeführt werden, wobei sich die oft charakteristischen Bewe-

\*) Die Schaffung derartiger Lehrmittel wurde auch schon S. 128 angeregt.

\*\*) Der Vorgang ist schon von Sig. Th. Stein, *Die optische Projektionskunst*, Halle a. S. 1887, besprochen und abgebildet.

\*\*\*) *Journal of applied Microscopy and Laboratory methods*, ausführlich mitgeteilt in „*Laterna Magica*“, XX, 1903, S. 49. — Die Wirkung des Trichlorbutylchlorids tritt bei Amöben und Infusorien nach 15—20 Sek., bei mittleren Krebsen nach 20—40 Min. ein. Die Tiere kommen in eine kleine Schale mit verdünnter Lösung, der man nach Bedarf von der ursprünglichen Lösung zuträufelt.



gungen sehr anziehend beobachten lassen; noch besser eignen sich für dieser Zweck flache, niedrige Schalen, deren lebender Inhalt mit Hilfe eines Apparates für Horizontalprojektion (S. 190) an der Wand wiedergegeben wird.

### e) *Minerale und Gesteine.*

Im mineralogischen oder im petrographischen Unterricht gestattet die Verwendung eines Mikroprojektionsapparates (S. 122) — schon bei einem ganz einfachen mit geringen objektiven Vergrößerungen von 200- bis 600-fach — die unmittelbare Darstellung der schönen und lehrreichen Polarisationsercheinungen an Dünnschliffen von Gesteinen. Durch Vorschalten eines geeigneten Kalkspatprismas, wie es im physikalischen Unterricht mittels Skioptikons benützt wird (siehe S. 239), läßt sich die Eigenschaft des Dichroismus gewisser Minerale sehr schön objektiv darstellen; auch einige Versuche über Doppellichtbrechung werden sich sehr lehrreich gestalten. Über die hierzu notwendigen Einrichtungen und die Ausführung der Versuche ist im II. und VI. Teile des Buches (S. 122 und 235 ff) Ausführlicheres mitgeteilt, worauf wir hier verweisen dürfen.

## V. Warenkunde und Technologie.

Für den Unterricht der Warenkunde ist das Skioptikon unentbehrlich und es sollte dieses wichtige Lehrmittel an jeder modern eingerichteten Handelsschule, besonders an den höheren Lehranstalten nicht fehlen; erfreulicherweise besitzen viele Fachschulen dieser Art, wenigstens in Österreich, heute schon Projektionsapparate. Dasselbe gilt auch für die gewerblichen Lehranstalten, in denen das Skioptikon berufen ist, eine große Rolle im Unterricht, vor allem des Maschinenbaues und der Technologie, zu spielen. Zunächst dient auch hier der Apparat zur Vorführung von Laternbildern; wo aber große Skioptikonapparate mit Einrichtungen für die Projektion von undurchsichtigen Objekten (Episkope oder Megadiaskope) zur Verfügung stehen, werden sie gerade bei den Vorträgen

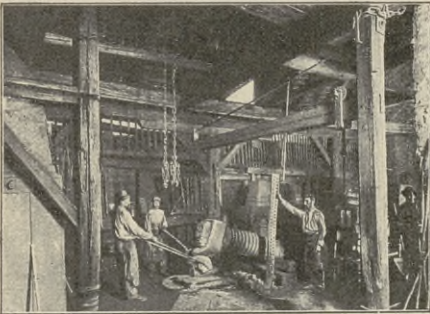


Fig. 172. Laternbild: Stahlfrischen nach alten steierischem Verfahren.

über Warenkunde und über Technologie außerordentlich wertvoll sein (über diese Einrichtung und ihre Benützung siehe S. 96 ff); ebenso ist auch die direkte Projektion von mikroskopischen Präparaten hier gut verwendbar, wengleich, wie an anderer Stelle (S. 108) auseinandergesetzt, der hohe Preis der Beschaffung einer guten derartigen Einrichtung hindernd im Wege steht und andererseits durch gute Mikrophotogramme, wie sie heute im Handel



zu haben sind, ein vollwertiger Ersatz für die direkte mikroskopische Projektion geschaffen ist.

Die größte Auswahl an einschlägigen **Laternbildern** auf dem Kontinent hat heute die Firma A. Pichlers Witwe & Sohn (etwa 1100 Bilder), durchwegs nach sehr guten Photographien oder nach Spezialaufnahmen hergestellt; darunter ist eine große Zahl von Bildern tropischer Kulturpflanzen, ferner sachkundig zusammengestellte Bilderserien zur Metall-, Stein-, Salz- und Tonwarenindustrie, von der Fabrikation der Öle und Fette, des Kautschuk und des Leders, über die Bereitung von Holz und über Textil- und Papierindustrie; eine Reihe von Bildern zeigt die Gewinnung und Zubereitung der Nahrungs- und Genußmittel, endlich ist in dem genannten Verlage eine Sammlung von ausgezeichneten Mikrophotogrammen von Hölzern, Nahrungs- und Genußmitteln, Faserstoffen u. s. w. erschienen (etwa 200 Stück), die noch allmählich erweitert werden wird, jedoch in ihrer heutigen Form schon ziemlich reichhaltig ist und für den Unterricht der Warenkunde sehr Ersprößliches zu leisten vermag (siehe Fig. 173).

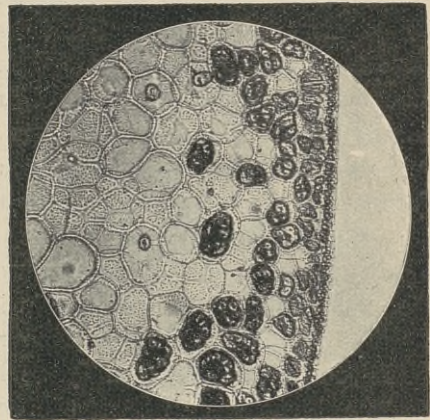


Fig. 173. Mikrophotogramm: Querschnitt durch Keimlappen der Bohne.

Diapositive zu einzelnen Kapiteln der Warenkunde und Technologie sind auch im Verlage von Krüss erschienen; darunter die tropischen Pflanzenbilder (120 Stück von Prof. Dr. Tschirch), Bilder zur Gastechnik (150 Stück) und eine Bilderserie „Die Fabrikation des Glühstrumpfes“; Liesegang führt einen geschlossenen Lichtbildervortrag „Krupp und sein Werk“. Gute Bergwerksbilder hat die Firma Unger & Hoffmann, auch Bilder der wichtigsten Dampfkesselsysteme und Dampfkesselarmaturen, von Dampfmaschinen und Dampfturbinen, die hier erwähnt werden mögen. Die Seite 137 genannten englischen Firmen führen sehr viel technologische Laternbilder, zum Teil ganz vorzügliche direkte Aufnahmen aus Fabriken (aber auch manche geringwertige Bilder nach Zeichnungen), besonders Wood in London (etwa 800 Bilder nach Industrien geordnet), von denen die Bilder des Kohlenbergbaues, der Holzschnitzerei, der Glasindustrie, der Leinen- und Schafwollspinnerei Beachtung verdienen.

**Besondere Demonstrationen und Versuche.** Die Oberflächenbeschaffenheit von Metallen und Legierungen läßt sich an kleinen geschliffenen, eventuell angeätzten Platten mit Hilfe des Projektionsmikroskopes für undurchsichtige Gegenstände (S. 121, Fig. 137) vorführen.



Beim Kapitel „Edelsteine“ kann man mit Hilfe zweier, in Fassungen drehbarer Turmalinplatten (siehe S. 239) den Unterschied zwischen einfach- und doppeltlichtbrechenden Mineralen objektiv zeigen (man benützt dazu Platten von Glas und von Bergkristall). -- Auch ein Versuch über Dichroismus, der für einige Edelsteine kennzeichnend ist, läßt sich unschwer durchführen. Man benötigt dazu ein größeres Doppelspaltspaltungsrhomboeder, das in einer Hülse befestigt und auf einem Stativ drehbar angebracht ist. Durch Abnehmen der Vorderlinse des Kondensors und Vorschalten einer Blende mit enger Öffnung erzeugt man ein Bündel paralleler Lichtstrahlen und projiziert zuerst mit einer geeignet aufgestellten Bikonvexlinse das Bild der Blendenöffnung als weiße Scheibe auf den Schirm. Bringt man nun zwischen Blende und Linse das Kalkspatrhomboeder, so werden naturgemäß zwei helle Scheibchen an der Wand sichtbar; schaltet man nun ein Plättchen eines dichromatischen Minerals, am besten von durchsichtigem Andalusit, zwischen Blende und Rhomboeder, so erscheint auch das Bild des Mineralplättchens doppelt, jedoch in zwei verschiedenen Farben (bei Andalusit gelb und grün).

Bei der Besprechung der handelsüblichen Wertbestimmung des Zuckers mittels „Polarisation“ läßt sich mit Hilfe der S. 240 in Fig. 233 abgebildeten Versuchseinrichtung die Prüfung einer Zuckerlösung objektiv vorführen. Empfehlenswert ist hierbei die Einschaltung einer aus rechts- und linksdrehendem Quarz bestehenden Platte (nach Art des Soleil-Ventzke-Scheiblerschen Saccharimeters).

**Mikroskopische Projektionen** sind beim Unterrichte der Warenkunde nur in wenigen Fällen noch mit billigen Mikroskopansätzen vorzuführen, so jene von Schnitten durch Hölzer. Schon die Vorführung der gewöhnlichen Stärkesorten, wenn ihre Struktur erkennbar werden soll, noch mehr der pflanzlichen Nahrungs- und Genußmittel oder von Drogen im gepulverten Zustande, sogar auch die Mikroprojektion der Faserstoffe, wenn die unterscheidenden Merkmale klar hervortreten sollen, verlangt objektive Vergrößerungen von 1200- bis 4000fach, also eine sehr gute und ziemlich kostspielige Apparatur (S. 119 ff.), um wirklich zu befriedigen. Hingegen lassen sich, schon unter Anwendung mäßiger Vergrößerung manche mikrochemische Reaktionen sehr schön zeigen, z. B. die Blaufärbung von Stärkekörnchen durch Jodlösung (das Reagens muß in sehr verdünntem Zustande dem Stärkepräparat zugeführt werden!), die Zellulosereaktion mit Jodjodkaliumlösung und Schwefelsäure an Schnittchen durch eine Kaffeebohne oder an Baumwolle, die Reaktionen auf Holzstoff mit schwefelsaurem Anilin oder mit Phlorogluzin und Salzsäure an Jute oder an dünnen Holzschnittchen. Sehr schön und lehrreich sind endlich die Erscheinungen der Quellung von Pflanzenfasern bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak mit dem Projektionsmikroskop vorzuführen, verlangen aber ziemlich starke Vergrößerung, um gut zu wirken.



## V. Abschnitt.

# Die Verwendung des Projektionsapparates im physikalischen Unterrichte.

## Einleitung.

Über den Wert und die Bedeutung des Skioptikons für den physikalischen Unterricht werden heutzutage die Ansichten wohl in dem einen Punkte übereinstimmen, daß das Hilfsmittel der optischen Projektion bei zahlreichen physikalischen Versuchen geradezu unentbehrlich geworden ist. Es mag ja zugegeben werden, daß auf diesem Gebiete, wie es oft auch anderweitig beim Auftauchen mancher neuen und guten Idee zu geschehen pflegt, so manche Übertreibung stattgefunden hat, daß mancher Lehrer sich darin gefallen haben mag, Erscheinungen zu projizieren, die in der einfachsten und sinnenfälligsten Weise direkt zur Beobachtung der Schüler gebracht werden können; trotzdem bleiben noch so zahlreiche Fälle übrig, in denen die objektive Darstellung des Versuches unschätzbare Vorteile bietet, daß es sich verlohnen dürfte, einmal in einer einheitlichen Darstellung dieses reichliche Material zu sammeln. Es dürfte damit auch der Nachweis gelingen, daß ein guter und möglichst vielseitig verwendbarer Projektionsapparat eines der wichtigsten Objekte jeder physikalischen Lehrmittelsammlung ist.

Wenngleich schon in den früheren Teilen dieses Buches über die verschiedenen Modelle von Projektionsapparaten eingehend gesprochen wurde, so dürfte es doch vielleicht nicht ganz überflüssig sein, an dieser Stelle einiges über die Anforderungen zu sagen, die der Physiker an den Bau und die Einrichtung des Skioptikons stellen muß.

## Der Projektionsapparat für physikalische Zwecke.

**Lichtquelle.** Ein Projektionsapparat wird nur dann die entsprechende Leistungsfähigkeit besitzen, wenn er mit einer hinlänglich starken Lichtquelle ausgerüstet ist. Für die Mehrzahl der im folgenden beschriebenen Versuche wird daher nur elektrisches Bogenlicht oder eine neuere Kalklichteinrichtung in Betracht kommen, wenngleich ein oder der andere Versuch auch mit Gasglühlicht oder selbst mit Petroleumlicht noch leidlich gelingen mag. Das elektrische Bogenlicht steht heutzutage an größeren und vielfach auch an kleineren Orten zur Verfügung und es bietet dem



Physiker ein Anschluß an eine Starkstromleitung so vielfältigen Nutzen, daß selbst ein größerer einmaliger Aufwand für die nötigen Einrichtungen sich später hinlänglich bezahlt macht. Wo aber kein Elektrizitätswerk besteht, wird man zum Kalklicht greifen müssen, dessen Herstellung, seitdem verdichteter Sauerstoff in Bomben zu beziehen ist, nicht mehr so umständlich und zeitraubend ist wie einstens.

Steht die Wahl frei, so wird man aus den allbekannten Gründen eine Gleichstromanlage (meist von 110, 150 oder 220 Volt Netzspannung) einer Wechselstrom- oder Drehstromanlage unbedingt vorziehen. Auch die mehrfach umstrittene Frage, ob für das Skioptikon eine selbstregulierende Lampe oder ein Handregulator zu bevorzugen sei, ist ziemlich endgültig zu Gunsten des letzteren entschieden. Schon der Vorteil, daß man beim Handregulator nach dem Einsetzen anderer Kohlen eine größere oder geringere Stromstärke anwenden kann, während die selbstregulierende Lampe stets eine bestimmte Stromstärke verlangt, fällt sehr in die Waagschale. Während man in vielen Fällen mit einer Stromstärke von 6—8 Ampère auslangt, wird man ab und zu wieder mit 12—20 Ampère arbeiten müssen. Zieht man dennoch eine selbstregulierende Lampe (Differentiallampe) vor, so dürfte eine Stromstärke von 15 Ampère bei 45 Volt Spannung am besten geeignet sein und völlig ausreichen. Die leichte Zentrierbarkeit und das rasche und zuverlässige Inbetriebsetzen eines guten Handregulators bieten weitere, nicht zu unterschätzende Vorteile, denen gegenüber man gerne die kleine Unbequemlichkeit mit in Kauf nimmt, daß man nach je einigen Minuten eine kleine Regulierung vornehmen muß; zudem dauern die meisten physikalischen Versuche nur wenige Minuten, während welcher Zeit der Lichtbogen hinlänglich konstant bleibt.

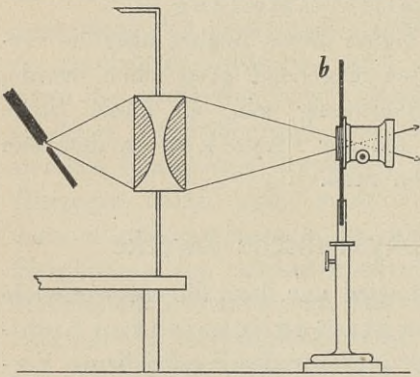


Fig. 174. Ständer für das Objektiv.

Als sehr wichtig ist die Schrägstellung der Kohlen und die allseitige und bequeme Verschiebbarkeit des Lichtpunktes zu bezeichnen (vgl. S. 44). Daneben ist bei Anschaffung eines Projektionsapparates für physikalische Zwecke darauf zu achten, daß derselbe nach Abnahme der zur Projektion von Diapositiven dienenden Teile die möglichst unbehinderte Aufstellung von Apparaten und Stativen zwischen Beleuchtungslinsen und Projektionsobjektiv gestattet.

Eine zu diesen Zwecken etwa vorhandene optische Bank muß sich möglichst leicht — nicht erst nach Lösung verschiedener Schrauben — vom Apparate entfernen lassen. Mag eine optische Bank ab und zu auch



recht bequem sein, so wird man sie, falls sie mit dem Apparate fix verbunden ist, doch fast häufiger als ein lästiges Hindernis empfinden. Man sollte daher auch die geringe Auslage nicht scheuen, für das Projektionsobjektiv noch einen einfachen **Ständer** (Fig. 174) machen zu lassen. Im Zentrum einer mattschwarzen Metallblende  $b$  läßt sich das Objektiv in einen Objektivring einschrauben; ein schwerer Metallfuß sichert hinlängliche Stabilität. In der Höhenrichtung läßt sich das Objektiv in dem Röhrenständer auf- und abschieben und durch eine Schraube fixieren. Die grobe Einstellung wird durch Verschieben des ganzen Ständers, die feine durch die Triebsschraube des Objektivs vorgenommen. Dabei ist der ganze Raum zwischen Kameravorderwand und Objektiv zum Aufstellen von Apparaten (auf Unterlagsklötzen, Tischchen, in Retortenhältern und Bunsenstativen) frei verfügbar. — Die Kondensorlinsen müssen ebensowohl konvergentes wie auch paralleles Licht liefern; für den letzteren Fall wird sowohl bei dreifachen wie bei doppelten Linsensystemen die vorderste Linse entfernt. Auch dies muß sich leicht und ohne Zeitverlust, am einfachsten durch Aufdrehen eines Bajonettverschlusses, Aushängen u. dgl. bewerkstelligen lassen (siehe S. 11). Ist nach Entfernung dieser Linse das Bündel nicht völlig parallel, so muß die Lichtquelle so lange vorwärts oder zurück geschoben werden, bis der angestrebte Zweck erreicht ist. Bei feststehender Lichtquelle (wie dies z. B. bei allen, mit den vorzüglichen Schuckertschen Differentiallampen ausgestatteten Laternen der Fall ist) müssen sich daher die Kondensorlinsen vor- und zurückschieben lassen, was bei vielen dieser Laternen durch Führung in einem Schneckengang geschieht.

Das Gewicht und das Volumen des Projektionsapparates sollen nicht zu groß sein; denn der Physiker wird ihn bald da, bald dort im Lehrsaal aufstellen wollen.\*) Sehr empfehlenswert ist daher für den Apparat ein starkes **Gaußsches Tischstativ**, womöglich mit Fußrollen, dessen Tischplatte noch etwas tiefer als die Fläche des Experimentiertisches stellbar ist, während sie sich im übrigen durch einen Kurbeltrieb leicht und präzise möglichst weit nach aufwärts bewegen läßt (Beispiel in Fig. 107, S. 83). Auch für eine geringe Neigbarkeit der Tischplatte sollte gesorgt sein, am besten dadurch, daß sie aus zwei aufeinanderliegenden, an einer Kante durch ein starkes Scharnier verbundenen Platten besteht; durch eine von unten nach oben am anderen Plattenende wirkende Schraube kann die obere Platte gegen die stets wagrecht bleibende untere Platte geneigt werden (Fig. 105). Durch die Verwendung eines solchen Stativs wird die Einstellung optischer Versuche, bei denen häufig ein Teil der Apparate auf der Fläche

---

\*) Vgl. W. Volkmann in Poskes Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht (später immer abgekürzt mit P. Z. bezeichnet), 19. Jahrg., 1906, S. 7.



des Experimentiertisches aufgestellt und verschoben werden muß, sehr erleichtert.\*)

**Einrichtung zur Projektion horizontaler Objekte.** Eine solche Einrichtung erweist sich als sehr wichtig und dankbar für zahlreiche, sehr schöne Versuche; sie kann jedem Projektionsapparate, bei welchem die

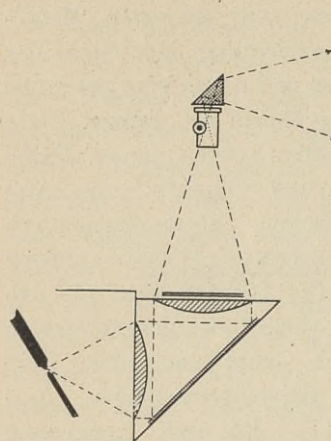


Fig. 175. Strahlengang beim Horizontalprojektionsapparate.

im vorigen besprochenen Gesichtspunkte beachtet erscheinen, leicht — auch nachträglich — beigefügt werden. Das Prinzip der Konstruktion erläutert Fig. 175. Vor dem auf paralleles Licht gestellten Kondensator ist unter  $45^\circ$  Neigung ein guter Glasspiegel angebracht, der den Lichtzylinder nach

oben wendet, worauf die in die Mitte eines wagrechten Tischchens eingesetzte Kondensatorlinse das Licht als konvergenten Kegel dem Objektiv zuführt. Dicht oberhalb desselben sendet ein auf dem Objektiv drehbar und neigbar aufgesetztes, total reflektierendes Prisma (eventuell auch ein freilich einigen Lichtverlust bewirkender Glasspiegel) den Lichtkegel in horizontaler Richtung gegen den Projektionsschirm. Das Objektiv wird dabei von einem, auch den unteren Spiegel tragenden Ständer\*\* gehalten, wobei es an dessen Stabe auf- und abgeschoben werden kann; die Feineinstellung erfolgt wieder durch die Triebsschraube des Objektivs oder durch eine Schneckengangvorrichtung (Fig. 176). Am bequemsten sind jene Formen des Horizontalprojektionsapparates,\*\*\* bei welchem alle seine Teile auf einem schweren Eisenfuß montiert

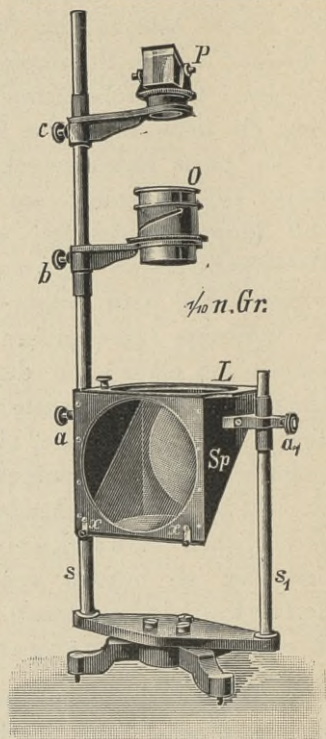


Fig. 176. Horizontalprojektionsapparat nach R. Fuess in Steglitz bei Berlin. *Sp* = Spiegelkasten, *L* = vordere Kondensatorlinse zugleich Objektstisch, *O* = Objektiv, *P* = Reflexionsprisma, *a*, *a*<sub>1</sub>, *b*, *c* = Befestigungsschrauben.

\*) Derartige Stativ liefern unter anderen Erneck (Kat.-Nr. 6854), Mk. 80.—; Leybolds Nachf. (Kat.-Nr. 2582—2585), mit 2—4 Verlängerungsplatten Mk. 100.— bis 135.— (sehr empfehlenswert, Fig. 106, auf S. 83), Neigebrett Mk. 14.—; M. Kohl (Kat.-Nr. 21139—21141), Mk. 80.— bis 115.—.

\*\*\*) In der Figur weggelassen. Vgl. Fig. 176 und Fig. 260.

\*\*\*) R. Fuess, Steglitz bei Berlin, zum Skioptikon Fig. 181, auf S. 195 zum Preise von Mk. 175.— (Fig. 176).



sind (Fig. 177); der betreffende Ansatz kann dann leicht zur Seite geschoben werden und der Apparat nach dem Befestigen der zweiten Kondensorlinse und mit Verwendung des Objektivständers (Fig. 174) ohne viel Zeitverlust wieder zur Projektion vertikalstehender Objekte verwendet werden. Besondere Vorteile bieten hier die im nächsten Absatze besprochenen auswechselbaren Busch'schen Projektionsobjektive.

Als **Projektionsobjektive** sind nicht verkittete achromatische Doppelobjektive mit Petzval'scher Anordnung vollkommen ausreichend, ja sogar den teureren und etwas heiklen, verkitteten photographischen Objektiven, die durch Hitze leicht leiden, vorzuziehen. Am empfehlenswertesten und

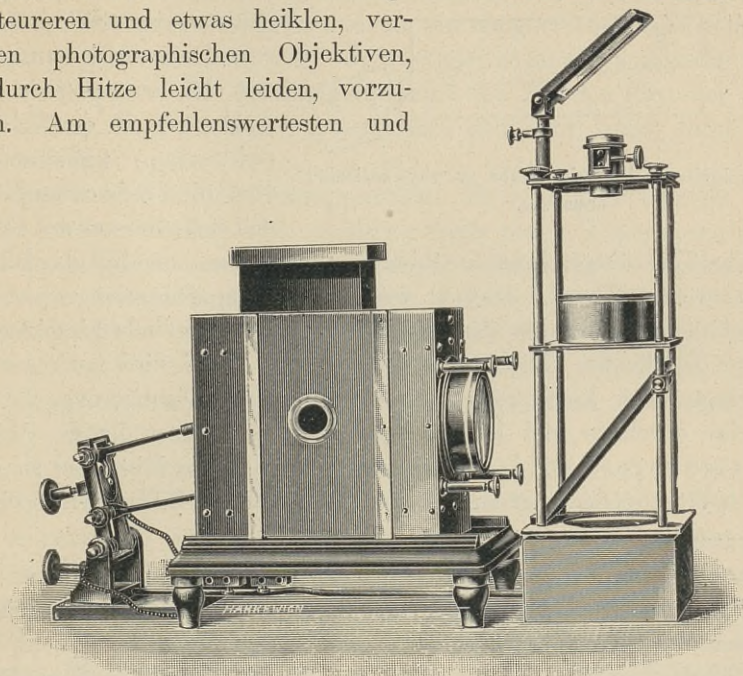


Fig. 177. Projektionsapparat mit vorgesetztem Horizontalprojektor nach F. Ebeling in Wien

preiswürdigsten erweisen sich die Fabrikate der Rathenower Opt. Industrieanstalt (vorm. Emil Busch) und von G. Rodenstock in München (siehe Fig. 35 und Fig. 36). Bei denselben sind die Linsen in Zylinderfassungen montiert, welche alle genau in eine Auswechselfassung passen und daher jederzeit schnell gewechselt werden können, ohne daß die Auswechselfassung vom Apparat losgeschraubt werden muß. Besitzt man einige solche Zylindereinsätze von verschiedener Brennweite, so kann man, ohne das Skioptikon und den Schirm von ihren Plätzen zu verschieben, Bildkreise von verschiedenem Durchmesser entwerfen. Dabei möge schon an dieser Stelle eine allgemeine, sehr wichtige Bemerkung über das Einstellen eines Versuches mit dem Skioptikon ihren Platz finden. Für die Mehrzahl der Versuche dürfte das Skioptikon am besten seinen Platz seitwärts vom Experimentiertische *E* (Fig. 178) bei *S* finden. Der unter etwa  $30^{\circ}$



gegen die Längswand des Demonstrationssaales geneigte Projektionsschirm *P* fängt das Bild auf, wobei eine nicht zu große Schrägstellung der Skioptikonachse gegen den Schirm zumeist bei Verwendung eines Objektivs von längerer Brennweite nicht sonderlich störend ist. Am Experimentiertische können dann im Wege des Lichtkegels noch verschiedene Hilfsapparate

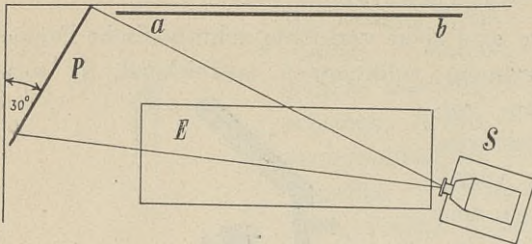


Fig. 178. Aufstellung des Skioptikons zu physikalischen Versuchen.

(insbesondere bei optischen Versuchen) aufgestellt werden. Ist nun die Entfernung des Schirmes vom Skioptikon gegeben, so bringe man zuerst den zu projizierenden Apparat (z. B. ein Goldblattelektroskop) tunlichst nahe vor die Beleuchtungslinsen und stelle hierauf das auf dem

Ständer (Fig. 174) festgeschraubte Objektiv zunächst so auf, daß das Bild auf dem Schirme scharf wird. Hierauf wird die Lichtquelle solange vor- oder zurückgeschoben, bis der aus den Kondensorlinsen austretende Lichtkegel die rückwärtige Fläche des Objektivs völlig bedeckt. Dann wird nach geringen Verschiebungen der Lichtquelle zum Zwecke ihrer Zentrierung auf dem Schirme eine durchaus und bis zu dem scharf schwarzen Rande gleichmäßig erleuchtete Bildfläche entstehen, in deren Mitte das zu projizierende Objekt abgebildet erscheint; nun erst wird die Bildscharfe nochmals genau eingestellt.

Zurückkehrend zu unserem früheren Ausgangspunkte nehmen wir nun an, daß die Distanz, auf welche projiziert wird, 5 *m* wäre und der Durchmesser der Kondensorlinsen 12 *cm* betragen würde. Wenn man über die Buschschen Projektionseinsätze von 20 *cm*, 25 *cm* und 35 *cm* Brennweite verfügt, so wird der Durchmesser des vollen Lichtkreises auf dem Schirme bezw. 3 *m*, 2,4 *m*, 1,7 *m* betragen. Während man daher auf einem Schirme von 2 *m* : 2 *m* normale Projektionsdiapositive (8½ : 10 oder 8½ : 8½ mit Maske 7½ : 7½) mit dem mittleren Objektiv projizieren kann, wird man für kleinere Objekte die kürzeste, für größere die längste Brennweite verwenden. Die letztere dürfte auch meistens ausreichen, um Bilder über die Köpfe des Auditoriums weg auf einen größeren, an der Stirnwand des Saales, den Zuhörern also gerade gegenüber befindlichen, aufrollbaren Schirm (*a*, *b* in Fig. 178) zu projizieren. Die Anwendung von Projektionsobjektivsätzen gewährt auch den weiteren Vorteil, daß man bei den geringen Kosten\*)

\*) Die Rathenower optische Anstalt liefert eine Auswechselfassung Mk. 16.50; Extraanschraubring Mk. 3.—; jedes Zylinderobjektiv (vorrätig mit 15, 20, 25, 31, 35,5, 40,5 *cm* Brennweite) Mk. 16.50; Kopf mit Deckel und Spalt zum Einsetzen farbiger Gläser Mk. 4.—; Satz von sechs Stück farbigen Gläsern M. 2.—. — Erneck e-Berlin hat für die neueste Type seines später (auf S. 193) zu beschreibenden, vorzüglichen Projektionsapparates Type NOR



leicht noch eine zweite Auswechselfassung für den Horizontalprojektionsapparat anschaffen kann und sich so statt des etwas umständlichen Ein- und Ausschraubens des Objektivs auf das bloße Umstecken der Zylindereinsätze einzulassen hat. — In manchen — übrigens seltenen — Fällen wird man statt der Projektionssysteme andere achromatische, in jeder größeren physikalischen Sammlung verfügbare Linsen oder Linsensysteme verwenden.

Von geringerem Werte dürfte es sein, wenn der Projektionsapparat auch die **Projektion undurchsichtiger Objekte** gestattet. Wie an anderer Stelle ausführlich auseinandergesetzt, benötigen solche als Megaskop oder Episkop bezeichnete Apparate, wenn sie einigermaßen befriedigen sollen, sehr große Stromstärken, sind auch sonst ziemlich kostspielig. In den wenigen Fällen, wo die episkopische Projektion für den Physiker von wirklichem Werte ist (vgl. S. 232), kann man sich sehr leicht durch Improvisationen helfen.

**Typen von Projektionsapparaten.** Es wird nun vielleicht manchem unserer Leser erwünscht sein, an dieser Stelle einige Typen von Projektionsapparaten in Kürze beschrieben zu finden, welche den im vorstehenden beschriebenen Anforderungen entsprechen. Freilich sollen damit nur einige Beispiele gegeben werden, ohne daß hier auf eine vollständige Aufzählung und eingehende Beschreibung der zahlreichen und vielfach recht verwendbaren Apparatkonstruktionen eingegangen werden kann, deren viele in einem früheren Teile des Buches beschrieben worden sind.

Unter dem Namen „Schulprojektionsapparat Type NOR 2“ bringt die bestens bekannte Firma Ferdinand Ernecke in Berlin\*) einen sehr bequem und sinnreich gebauten Apparat für die Bogenlampe (S. 48, Fig. 59) oder für Kalklicht, Preßgas-, Spiritus- und Gasglühlicht,\*\*) sowie für eine Projektions-Nernstlampe mit dreifachem gekreuzten Glühkörper\*\*\*) in den Handel. Der Apparat besteht aus einer mit Asbest gefütterten Stahlblechkammer (Fig. 179 und 180) und einer davon gesonderten, durch Anstecken mit der Kamera zu vereinigenden optischen Bank; der Bildrahmenträger läßt sich von den Kondensorlinsen durch bloßes Abheben trennen, die vordere Kondensorlinse leicht abnehmen, ein Horizontalprojektionsansatz an die Vorderwand der Kamera einfach aufhängen. Von besonderem Werte erscheint es, daß jeder der in großer Auswahl vorgesehenen Nebenapparate (Tischchen, Schiebestative, Spaltansätze, Wasserkühler, mikroskopischer Ansatz, Reflexionsprisma zur Bildumkehrung, Megaskop, Teile für Polari-

einfache, achromatische Spezialobjektive von 15, 20, 25, 30, 40, 50 cm Brennweite (Preis von Mk. 15.— bis Mk. 27.—) mit einem Linsendurchmesser von 5 cm geschaffen, welche zum Projizieren physikalischer Versuche vollkommen entsprechen, auch mäßigeren Ansprüchen bezüglich der Photogrammprojektion genügen.

\*) Hoflieferant Sr. Majestät des deutschen Kaisers, mechanische Werkstätte, Berlin, Tempelhof, Ringbahnstraße Nr. 4.

\*\*) Preis Mk. 58.—.

\*\*\*) Preis Mk. 40.—.



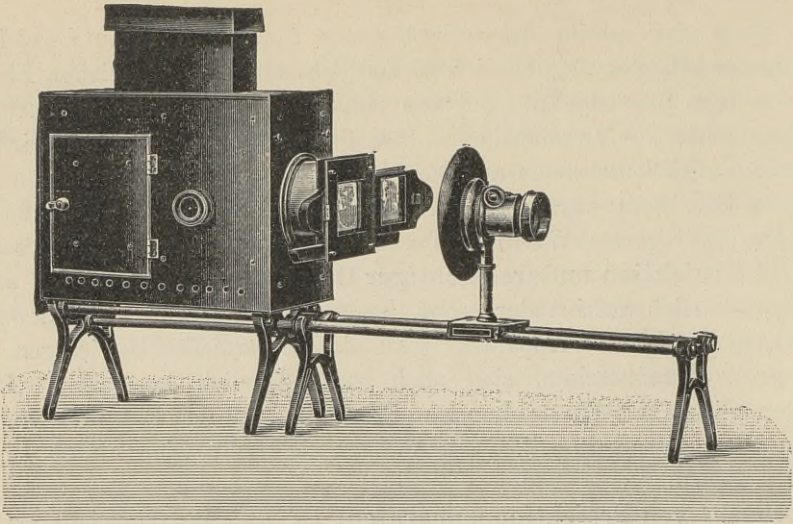


Fig. 179. Schulprojektionsapparat Type NOR 2 von F. Ernecke in Berlin, Tempelhof, mit optischer Bank, eingerichtet zur Projektion von Photogrammen. (Etwa  $\frac{1}{12}$  nat. Größe.)

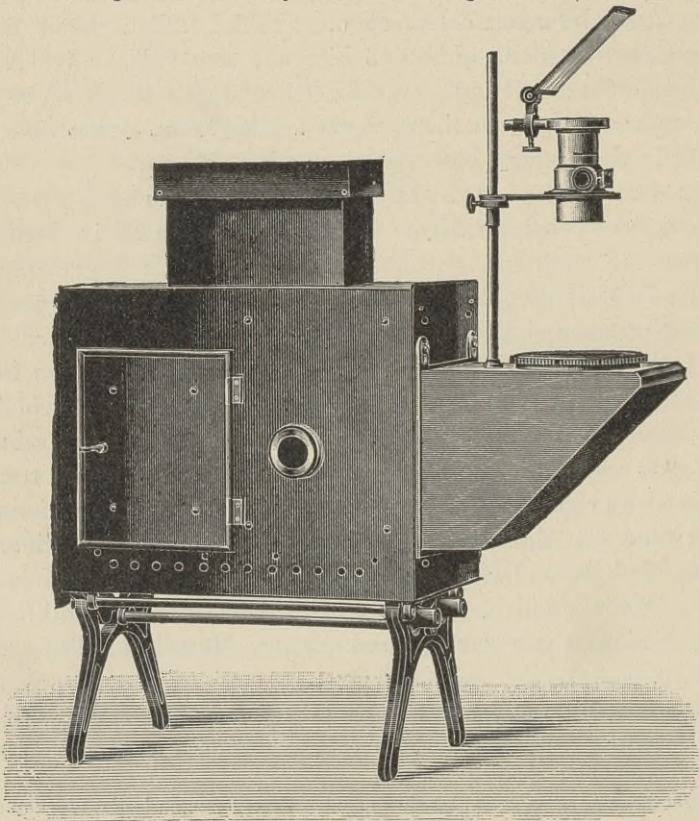


Fig. 180. Schulprojektionsapparat Type NOR 2 von F. Ernecke in Berlin, Tempelhof, mit abgenommener optischer Bank, eingerichtet zur Projektion von horizontal liegenden Photogrammen. (Etwa  $\frac{1}{8}$  nat. Größe.)



sationsversuche u. s. w.) einzeln nachbezogen und so die Einrichtung sukzessive immer weiter ergänzt werden kann.\*) (Vgl. auch S. 226 u. 230.)

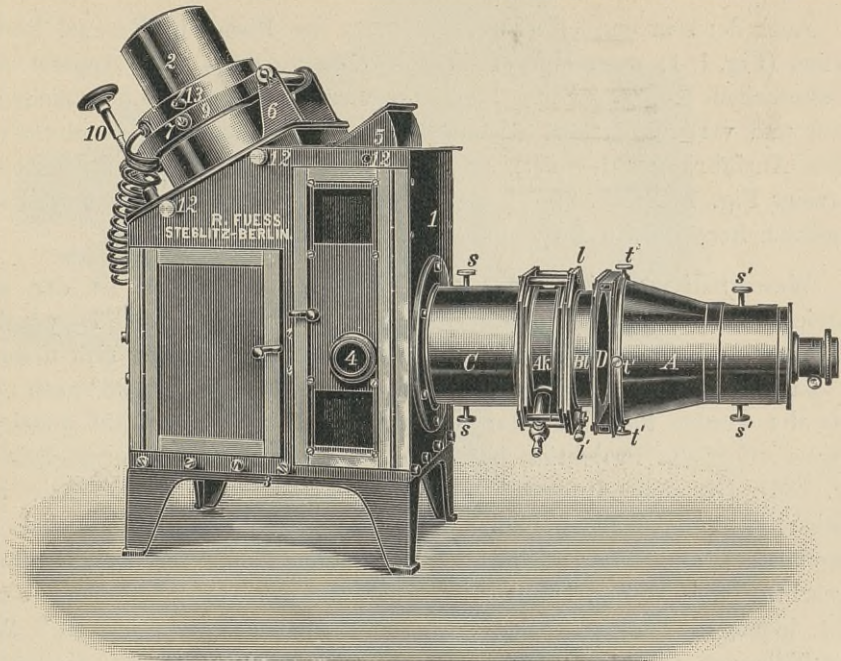


Fig. 181. Projektionsapparat von R. Fuess in Steglitz bei Berlin. ( $s$  = Schneckenführung der beiden rückwärtigen Kondensorlinsen,  $Ak$  = Wasserkammer,  $l$  vordere Kondensorlinse, abhebbar,  $D$  = Führung für den Bildschieber,  $A$  = Messingtubus für das Objektiv, abhebbar nach Lösung der Schrauben  $t'$ , mit roher Einstellung  $s's'$ .)

Ein dem vorstehenden ähnlicher, gleichfalls vorzüglich zusammengestellter „Neuer einfacher Projektionsapparat für den physikalischen und chemischen Unterricht in Schulen“ wird von der Firma Franz Schmidt & Haensch, Berlin S. 42,

\*) Preise: Kamera mit Kondensor, Bildrahmen und Träger hierfür, optischer Bank, Objektivhalter, einem Tischchenstativ, ohne Objektiv und Lichtquelle Mk. 218.—, verstellbarer Spalt Mk. 18.—, Kühlkasten Mk. 45.—, Horizontalprojektionsapparat Mk. 47.—, mit Prisma Mk. 77.—, Umkehrprisma Mk. 42.—, Megaskop Mk. 95.— u. s. w. — Die Firma gibt eine vorzüglich geschriebene Spezialpreisliste mit ausführlicher Beschreibung der Versuche aus.

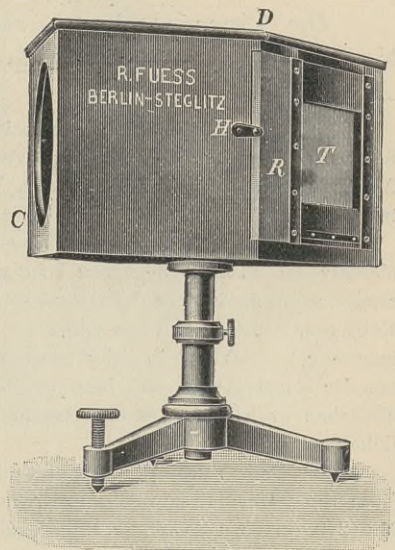


Fig. 182. Megaskopansatz zum Projektionsapparate von R. Fuess in Steglitz bei Berlin.



Prinzessinnenstraße 16, geliefert. Der Apparat erweist sich für alle Zwecke vorzüglich geeignet.\*)

Auch der sehr empfehlenswerte Apparat der Firma R. Fuess, Berlin-Steglitz, (Fig. 181) weist eine ähnliche Konstruktion auf. Der Apparat wird mit dreifachem Kondensator und Schuckertscher vorzüglicher Differentiallampe gebaut und vereinigt große Leistungsfähigkeit mit einer sehr eleganten und soliden Ausführung.\*\*\*) — Den zu diesem Apparate gehörigen Megaskopansatz zeigt Fig. 182 (Mk. 95.—, einschließlich eines einfachen aus zwei Panoramalinsen hergestellten Projektionsobjektivs).

Wesentlich verschieden von den genannten Apparaten ist der sehr sinnreiche „Universalprojektionsapparat“ der Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh. Der Apparat (Fig. 183) zeichnet sich dadurch aus, daß die vordere Kondensatorlinse mit ihrem Rahmen um  $90^{\circ}$  nach oben gedreht werden kann und durch Einschieben eines unter  $45^{\circ}$  geneigten Spiegels sofort die Projektion horizontal liegender Objekte ermöglicht ist (Fig. 184). Das dem Apparate beigegebene Prisma (auf das Objektiv aufsteckbar) dient dabei als Reflexionsprisma (Hypotenusenfläche parallel der Spiegelfläche), kann aber auch als Umkehrprisma dienen (Hypotenusenfläche wagrecht, Fig. 183). Fig. 185 läßt erkennen, wie der Apparat als Megaskop wirkt, indem die Projektion der Newtonschen Farbenringe (vgl. auch S. 233) im auffallenden Lichte gezeigt wird. Sehr reichhaltig ist die Kollektion einzeln beziehbarer optischer Nebenapparate (auch für Spektralanalyse, Beugung, Interferenz, Polarisation etc.). Der Apparat ist sehr preiswürdig und empfehlenswert.\*\*\*)

Die Firma C. Reichert in Wien hat einen „Universalprojektionsapparat“ für mikroskopische, episkopische und diaskopische Pro-

---

\*) Preise: Projektionsapparat mit Projektionsobjektiv von 125 cm Brennweite, sechs Stück Holzröhmchen und zwei Wasserkästen, ohne Lichtquelle Mk. 350.—; mikroskopischer Ansatz mit zwei Projektionssystemen Mk. 145.—; Spalt, verstellbar Mk. 25.—; Horizontaleinrichtung Mk. 80.—.

\*\*) Preise: Mit dreifachem Kondensator von 125 cm Durchmesser ohne Projektionsobjektiv Mk. 510.—. Die Firma baut auch einen sehr guten einfacheren Apparat mit Handregulator mit zweifachem Kondensator von 125 cm Durchmesser um Mk. 290.—, mit dreifachem Kondensator Mk. 350.—. (Ohne Objektiv). — Die Firma, deren Apparate von einem der Verfasser jahrelang benützt und in jeder Hinsicht als ganz ausgezeichnet befunden wurden, ist eben mit der Konstruktion eines besonders leistungsfähigen und dabei möglichst billigen neuen, einfachen Projektionsapparates beschäftigt, über den sie demnächst Prospekte veröffentlichen wird.

\*\*\*) Preise: Projektionsapparat mit Doppelkondensator, einfacher, achromatischer Objektivlinse von 20 cm Brennweite, totalreflektierendem Prisma und Spiegel, ohne Lichtquelle Mk. 240.—; dazu passender Handregulator Mk. 100.—. Für den Apparat können auch die Busch'schen Objektivsätze verwendet werden. Hinsichtlich der Preise der optischen Nebenapparate muß auf das Preisbuch der Firma Leybold verwiesen werden.



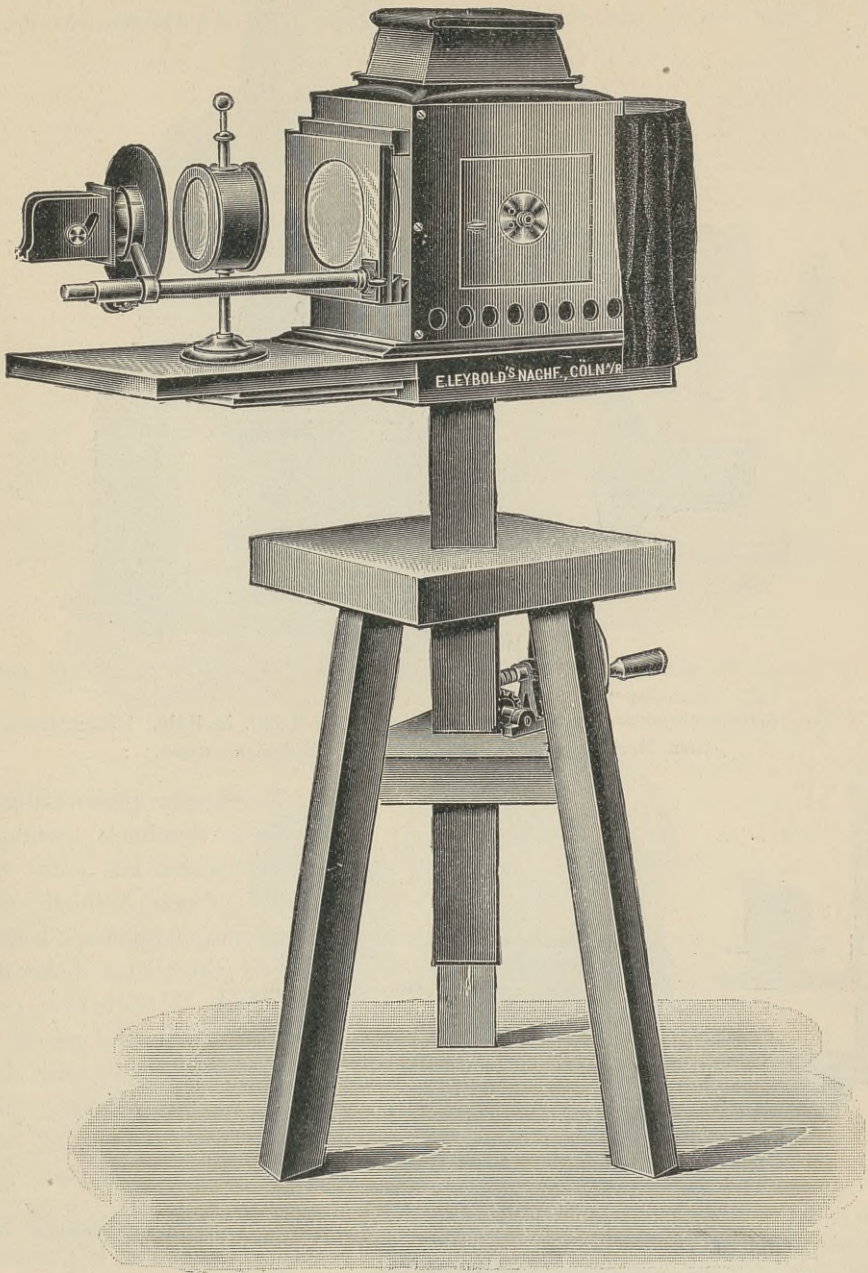


Fig. 183. Universalprojektionsapparat von E. Leybolds Nachf. in Köln, auf Gausschem Stativ, eingerichtet zur Projektion von physikalischen und chemischen Versuchen mit Prisma zur Bildumkehrung.



jektion konstruiert, welcher in Fig. 117 auf S. 100 abgebildet ist. Der Apparat ist sehr elegant und solid gebaut und kann bestens empfohlen werden.\*)

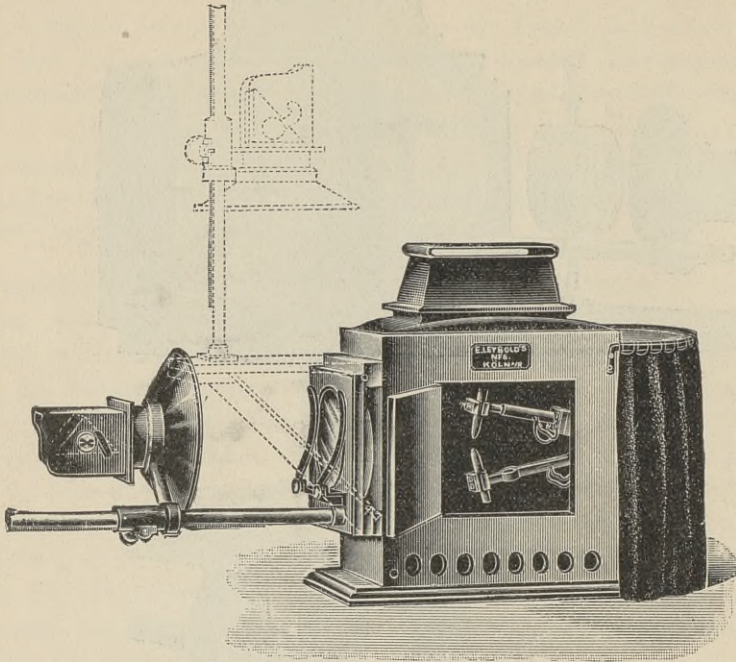


Fig. 184. Universalprojektionsapparat von E. Leybolds Nachf. in Köln. Umwandlung in einen Horizontalprojektionsapparat mit Reflexionsprisma.

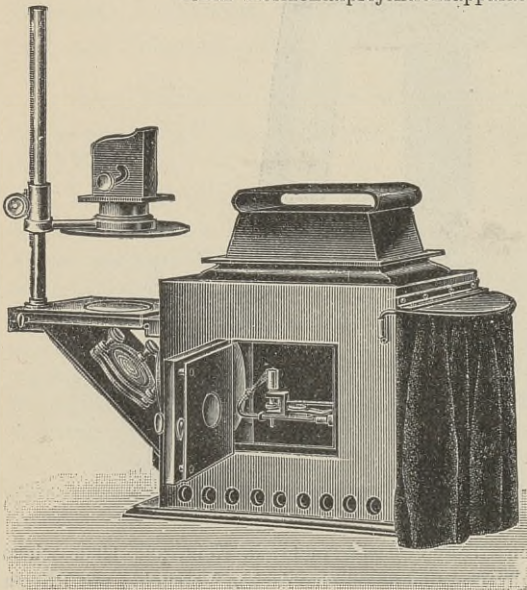


Fig. 185. Universalprojektionsapparat von E. Leybolds Nachf. in Köln, eingerichtet zur Projektion der Newtonschen Farbenringe in auffallendem Lichte.

Einen sehr preiswürdigen und dabei durchaus leistungsfähigen Apparat hat unter Nr. 170 die auf dem Gebiete von Projektionsapparaten seit langer Zeit her rühmlichst bekannte Firma Gebr. Mittelstrass in Magdeburg in Handel gebracht. Fig. 100 auf Seite 77 zeigt den Apparat zur Bildprojektion zusammengestellt, Fig. 186 die Benützung eines Ansatzes zur

\*) Preis des Apparates mit Projektionsobjektiv Solar F: 4, 300 mm Brennweite, Handbogenlampe und Eisengestell K 1100.—. Dazugehörige Nebenapparate: Einrichtung zu mikroskopischen Projektionen K 325.—, zu Spektralversuchen K 216.—, zu Polarisationsversuchen K 396.—.



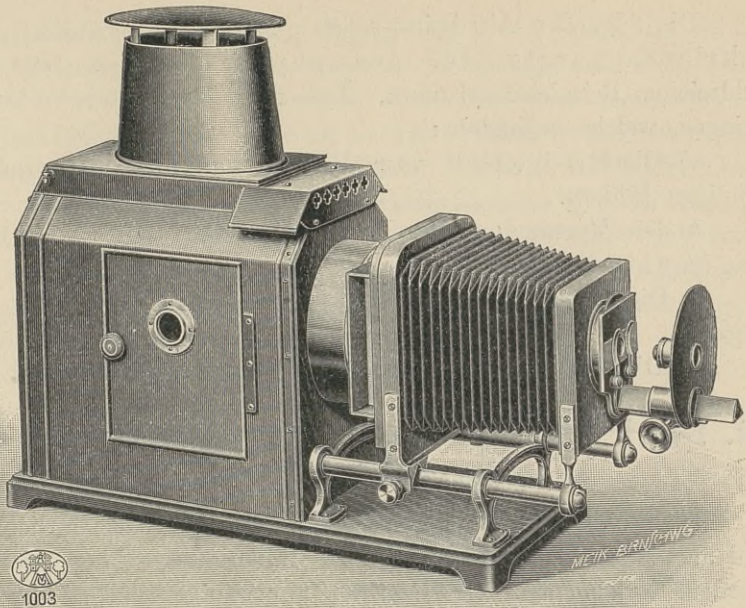


Fig. 186. Projektionsapparat von Gebr. Mittelstrass in Magdeburg mit Ansatz zur Projektion mikroskopischer Objekte. Vgl. auch Fig. 100 auf S 77.

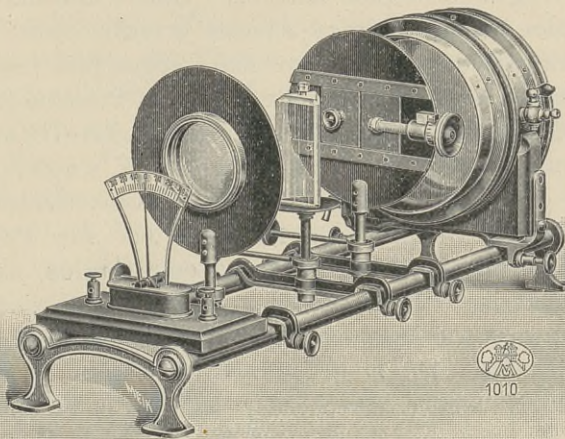


Fig. 187. Optische Bank zum Projektionsapparate von Gebr. Mittelstrass in Magdeburg mit diversen Nebenapparaten (Kühlkammer, Spalt mit Mikrometer auf  $0.1\text{ mm}$ , Tischchen mit Hohlprisma, Konkavlinse und Galvanoskop).

Mikroprojektion, Fig. 14 die zum Apparate auch nachträglich anbringbare optische Bank.\*)

\*) Preis mit Kondensorenlinse von  $120\text{ mm}$  Durchmesser, mit Überschorstein und Lichtschutzleder, Kondensator, Objektiv, aber ohne Lichtquelle Mk. 90.—



Die folgenden Abschnitte sollen nun die Verwendung des Projektionsapparates für den physikalischen Unterricht an zahlreichen Beispielen erläutern. Dieselben lassen sich in vier Gruppen bringen, welche behandeln:

a) Die Projektion von Photogrammen und anderen durchsichtigen Bildern.

b) Die Verwendung der Laterne des Skioptikons als Ersatz für das Sonnenlicht.

c) Die Erzeugung von Schattenbildern durch den Projektionsapparat.

d) Die Projektion physikalischer Versuche.

## I. Die Projektion von Photogrammen und anderen durchsichtigen Bildern.

Über diese ist an anderen Stellen des Buches ausführlich gesprochen und auch über Bilderanfertigung und Bilderbezugsquellen vieles mitgeteilt worden. Es sind dem dort Gesagten nur wenige Worte hinzuzufügen. Die Physik könnte aus dieser Verwendung ersprießliche Vorteile ziehen, wenn einerseits eine größere und bessere Auswahl von Photogrammen zur Verfügung stehen würde; andererseits sollte der Lehrsaal so eingerichtet sein, daß ohne viele besondere Zurüstungen und Handgriffe die Bildprojektion durchgeführt werden kann, der Lehrer sich also nicht vor daraus resultierenden Zeitverlusten zu scheuen braucht, selbst wenn er — was bisweilen vorkommen kann — nur ein einziges Bild projizieren will. Es müßten also, um dies im einzelnen zu erläutern, Projektionsapparat und Schirm im allgemeinen ihre feste, dauernde Aufstellung im Lehrsaale erhalten, ferner der Saal bequeme Verdunkelungsvorrichtungen (vgl. S. 88) und eine rasch in Gang zu setzende, elektrische Glühlampenbeleuchtung besitzen. Da für diese Art von Projektion am meisten das **Projizieren auf die Stirnwand des Saales** zu empfehlen ist, sollten die Bankreihen des Lehrsaales in der Mitte einen nicht zu schmalen Mittelgang frei lassen und sollte hinter der letzten Bank noch ein Raum von mindestens  $1\frac{1}{2}$  m Breite frei bleiben. Dasselbst findet auf einem Tischstativ von entsprechender Höhe das Skioptikon seinen ständigen Platz. Es wäre anzustreben, daß für die bloße Vorführung von Photogrammen ein eigener, nur diesem Zwecke\*) dienender Apparat, der im übrigen recht einfach und daher billig\*\*) sein kann, angeschafft würde.

---

\*) Dieser könnte dann auch von den Lehrern anderer Fächer (Geographie, Archäologie, Naturgeschichte u. s. w.) fleißig zur Bildprojektion verwendet werden, während ein dem Physiker meist zu anderen Zwecken dienender Apparat zu kompliziert ist, um von Nichtfachleuten benützt zu werden, ohne daß er Beschädigungen ausgesetzt wäre.

\*\*) Die Firma F. Ebeling in Wien liefert sehr preiswürdige und kompensiöse Apparate für solche Zwecke (vgl. S. 51).



Er wäre mit einem langbrennweitigen Objektiv (z. B. von Busch, vgl. S. 192) auszustatten; unterhalb des Tisches findet ein heutzutage sehr billig erhältlicher Vorschaltwiderstand\*) seinen Platz. Ein hierzu angepaßtes Anschlußkabel endet in einem Steckkontakte; durch bloßes Einstecken in eine Wanddose und Handhabung der betreffenden Schraube des Handregulators ist das Skioptikon in Betrieb gesetzt; der Strahlenkegel ist über die Köpfe des Auditoriums hinweg auf die Stirnfläche des Saales gerichtet und liefert hinlänglich viel Licht, daß nach dem Abdunkeln des Saales der Lehrer das Auditorium noch völlig überwachen und nun zum Projizieren übergehen kann. Ist der Saal genügend hoch, so wäre am meisten zu empfehlen, daß in der Mitte der Stirnwand des Saales über der meist dort befindlichen Tafel ein quadratisches Wandfeld weiß getüncht ist ( $ab$  in Fig. 178 auf S. 192) und dieses als Schirm dient. Es genügt dabei eine Bildgröße von  $1,2-2$  m Seite reichlich; wird durch gute Ausnützung der Lichtquelle ein kleineres, aber dafür lichtstärkeres Bild erzeugt, so wirkt es besser als ein riesiges, aber dafür weit lichtschwächeres Bild. Ist der Saal jedoch zu niedrig, um die Anbringung eines solchen „Wandschirmes“ zu gestatten, so müßte ein ganz einfacher abrollbarer Schirm (vgl. S. 85) angebracht werden.

Verfügt der Lehrer der Physik über eine solche Einrichtung, so bietet sich ihm reichlich Gelegenheit, sie auszunützen, besonders, wenn er selbst imstande ist, Bilder herzustellen. Die Anwendungen der Physik auf dem Gebiete der Technik könnten durch nach der Natur ausgeführte Photogramme in wirksamster Weise belebt werden. Sehr fesselnd wirken auch Bilder zur Geschichte der Physik, Bildnisse hervorragender Physiker und Erfinder, Originalabbildungen ihrer Versuchsanordnungen [man denke an die Illustrationen aus Guericke's „Neuen Magdeburgischen Versuchen über den leeren Raum“\*\*)] u. dgl. Ab und zu werden auch photographierte Tabellen, Wandkarten und Diagramme aller Art\*\*\*) Verwendung finden. Einiges bieten auch die von verschiedenen großen Firmen zusammengestellten Kollektionen von physikalischen Photogrammen, am reichlichsten aus dem Gebiete der Astronomie, Meteorologie, Elektrotechnik u. s. w.

Eine große Auswahl derartiger Photogramme führen unter anderen Leybolds Nachf. in Köln, Ernecke in Berlin, M. Kohl in Chemnitz, Otto Wiegand in Zeitz bei Leipzig (Astronomie, Meteorologie, physikalische Geographie, Physik, Elektrizität und Elektrotechnik). Normalpreis Mk. 1.50 per Stück. — Ferner hat Krüss in Hamburg 300 Bilder aus der theoretischen und angewandten Physik herausgegeben und liefern R. Fuess in Steglitz bei Berlin 51 Diapositive (zu Mk. 1.50) über Metallspektren, Unger und Hoffmann in Dresden Röntgenbilder u. s. w.

\*) Die Firma Gebr. Ruhstrat in Göttingen liefert ganz vorzügliche Widerstände für Experimentierzwecke (fixe Vorschaltwiderstände, regulierbare Schiebewiderstände — höchst empfehlenswert! — ferner ganze Schaltbrettanlagen) zu sehr mäßigen Preisen; hinsichtlich der letzteren muß auf die Spezialpreislisten dieser Firma verwiesen werden.

\*\*) Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, 59. Band; Leipzig, Engelmann.

\*\*\*) Über Herstellung von solchen vgl. S. 139 u. f.



## II. Die Verwendung der Laterne des Skioptikons als Ersatz für das Sonnenlicht.

Eine große Anzahl von optischen Versuchen wurde in früherer Zeit ausschließlich mit Sonnenlicht, das durch einen Heliostaten zugeführt wurde, angestellt. Die Unzuverlässigkeit des Sonnenlichtes, das meist in jenen Augenblicken, wo man es benötigte, dem Physiker nicht zur Verfügung stand, war eine Quelle steten Ärgers; oft trat die Notwendigkeit ein, diesen oder jenen Versuch aufzuschieben oder im vorhinein anzustellen und damit gegen einen wichtigen Grundsatz der Methodik des physikalischen Unterrichts zu verstoßen, welcher verlangt, daß jeder Versuch immer gerade dann gemacht werde, wo man ihn dem gewählten Lehrgange nach benötigt. Dieser Übelstand ist endgültig dort beseitigt, wo Starkstrom und eine zweckentsprechende elektrische Lampe zur Verfügung stehen; man ist dann von den Launen der Witterung, von Tages- und Jahreszeit unabhängig. Hat man dabei in der betreffenden Stunde mehrere derartige Versuche zu machen, so läßt man gleich im Anfange die Dunkelläden schließen und setzt in den Versuchspausen die Glühlampenbeleuchtung des Saales in Gang u. s. w.

Wenn nun auch dieser Teil von Versuchen mit dem Skioptikon eigentlich ausschließlich in die physikalische Experimentierkunde gehört, da hierbei das Skioptikon nur als Lichtquelle benützt wird und seine Bedeutung als Projektionsapparat mehr oder minder zurücktritt, so verlangt es doch die Vollständigkeit unseres Buches, daß auch diese Versuche — mindestens in Kürze — hier zusammengestellt werden, weil dadurch aufs neue gezeigt werden kann, wie vielseitig der Projektionsapparat im physikalischen Unterricht verwendbar ist, so daß seine Anschaffung, wenn sie auch ein einmaliges größeres Geldopfer verlangt, sich später geradezu glänzend bezahlt macht.

Der Umstand, daß bei den im folgenden beschriebenen Versuchen der Projektionsapparat nur die Rolle einer elektrischen Laterne spielt, veranlaßt an dieser Stelle zu dem Hinweise, daß in der Mehrzahl dieser Fälle auch eine **einfacher konstruierte Laterne** das Skioptikon ersetzen kann; ja man wird sogar bei manchen Versuchen, selbst wenn man ein passendes Skioptikon besitzt, eine solche einfache Laterne ihres geringeren Gewichtes und Volumens halber vorziehen, ab und zu eine solche sogar noch neben dem Skioptikon verwenden (vgl. S. 288). Mit sehr geringen Kosten läßt sich nach Dr. Friedrich C. G. Müller\*) eine solche „einfache Bogenlichtlaterne“ folgendermaßen herstellen. In ein quadra-

---

\*) Beschrieben in dessen sehr interessantem und lehrreichem Werke: Technik des physikalischen Unterrichts. Berlin W. Otto Salle. 1906 (S. 170). Wir folgen der Beschreibung mit einigen kleinen Abänderungen.



tisches, mit Blei beschwertes Fußbrett (Fig. 188) von 10 cm Seitenlänge ist von unten ein kurzer Eisenstiel *a* einzuschrauben, mit dessen Hilfe der ganze Apparat erforderlichen Falles auch in einem Bunsenstativ festgeklemmt und in jeder Stellung und Neigung erhalten werden, auch dicht an andere Apparate herangebracht werden kann. In dem Fußbrette sind geneigt zwei Rundeisenstäbe *b* von 8 mm Dicke und von 8 cm, bzw. 20 cm Länge befestigt, an denen sich zwei Streifen *cc* aus stärkerem Blech mit ziemlich starker Reibung verschieben lassen; an diesen Streifen ist das eine Ende federnd umgebogen und an den Führungsstäben *b* verschiebbar, während das andere Ende gleichfalls zu einer federnden Hülse gebogen ist, welche den Kohlenstab aufnimmt. Die Führungsstäbe *b* stehen in metallischer Verbindung mit den beiden Klemmen *kk*. Über das Ganze läßt sich ein — in der Figur punktiert angedeuteter — Kasten aus ziemlich dünnem Schwarzblech stülpen, welcher in der Höhenmitte der Vorwand eine kreisrunde Öffnung *d* von etwa 7 cm Durchmesser, in der Rückwand oben und unten mehrere Ventilationslöcher *e* und in einer Seitenwand in mittlerer Höhe ein kreisrundes Loch *f* von 3 cm Durchmesser besitzt; die letztere Öffnung ist durch eine Blechscheibe verschließbar, die sich auf einem Niet drehen läßt. Oberhalb und unterhalb der Öffnung *d* lassen sich zwischen zwei einfache Blechfalze Schieber mit verschiedenen Öffnungen, Spalten etc. nach Bedarf einschieben. Die Kohlen werden anfänglich in einen Abstand von etwa 4 mm gebracht; um den Lichtbogen einzuleiten, führt man durch eine der beiden Seitenwandöffnungen ein Kohlen- oder Metallstäbchen von entsprechender Dicke so ein, daß es in der Lücke zwischen beiden Kohlenstäben die letzteren gleichzeitig einen Augenblick berührt und zieht es darauf zurück. Dadurch ist der Bogen „angezündet“. Bei einer — durch einen entsprechenden, womöglich regulierbaren Vorschaltwiderstand\*) abgeglichenen — für die Mehrzahl der Versuche ausreichenden Stromstärke von 5 Ampère würde der Bogen etwa 8 Minuten ruhig brennen. Da man aber nach jedem einzelnen, oft nur Bruchteile einer Minute erforderndem Versuche sogleich ausschalten wird, braucht man längere Zeit die Kohlen überhaupt nicht zu verschieben und kann mehrere Versuche hintereinander anstellen, wobei man immer zuerst den Strom einschaltet und dann das oben beschriebene „Anzünden des Lichtbogens“ vornimmt.

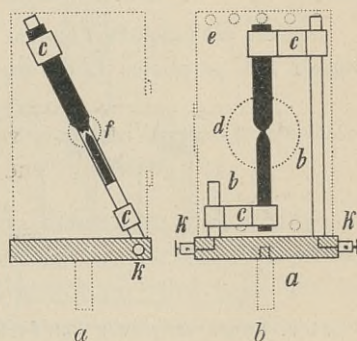


Fig. 188 a, b. Einfache Bogenlichtlaterne.

\*) Auch ein Glühlampenwiderstand im Vereine mit einem Ruhstratschen Schiebewiderstand würde völlig ausreichen (vgl. S. 41).



Mittels eines sehr billig erhältlichen Kondensors\*) und bei Verwendung einer achromatischen Linse oder eines photographischen Systems als Projektionsobjektiv (solche enthält wohl jede physikalische Sammlung zur Auswahl) wird die Laterne zu einem einfachen Projektionsapparate, der für manche Versuche auslangt und wegen seiner Übersichtlichkeit und des geringen Raumes, den er beansprucht,\*\*) für gewisse einfache Projektionen sogar bisweilen sehr willkommen sein dürfte; wir kommen später darauf zurück und gehen nun zu Versuchen der Optik über, die in diesem Abschnitte ihre Behandlung finden sollen.

## 1. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes.

Den einfachsten Versuch hierüber stellt man an, indem man den Kondensor auf paralleles Licht einstellt; der austretende gerade Lichtzylinder

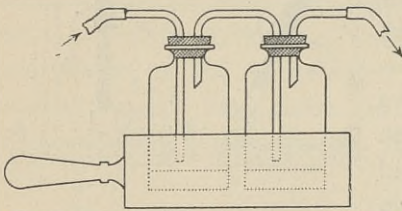


Fig. 189. Rauchvorrichtung von Arendt.

ist durch die in der Luft schwebenden Staubteilchen meist schon hinlänglich sichtbar; noch besser wird die Sichtbarkeit, wenn Tabak- oder Salmiakrauch in der Richtung des Lichteinfalles hingebblasen wird.\*\*\*) Durch Einsetzen von Diaphragmen vor die Kondensorlinsen kann man dem Lichtzylinder verschiedene Querschnitte geben.

Bei Verwendung der einfachen Bogenlichtlaterne (Fig. 188, auf S. 203) stellt man vor die Öffnung in der Vorderwand eine Sammellinse in der Entfernung der einfachen Brennweite auf, wobei man zwischen die Blechfalze der Vorwand ein kreisrundes Diaphragma von solcher Weite einsetzt, daß keine Strahlen neben der Linse vorbeigehen (Fig. 190). Aus methodischen Gründen (um die zuerst von W. Le Conte Stevens\*\*\*\*) verwendete Methode des „streifenden Licht-

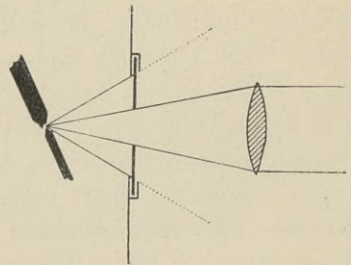


Fig. 190. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes.

\*) Doppelkondensoren mit abnehmbarer Vorderlinse von 10 cm Durchmesser liefert die Rathenower optische Industrieanstalt schon um Mk. 18.— (näheres siehe S. 10, Fußnote).

\*\*) Eine sehr kompendöse und bequeme Form einer elektrischen Laterne (ausgestattet mit einer kleinen „Liliputbogenlampe“), ausschließlich konstruiert zu optischen Versuchen beschreibt E. Grimsehl in P. Z. XIX, S. 139. Sie wird entweder mit in die Lampe eingebauten oder außerhalb befindlichem Verschaltwiderstand von A. Krüss in Hamburg und E. Leybolds Nachf. in Köln geliefert.

\*\*\*) In der Schule wird man meist Salmiakrauch verwenden, den man mit der bekannten Arendtschen Rauchvorrichtung (Fig. 189) erzeugt. In einem Holzklötzchen sind zwei Gläschen eingesetzt, von denen eines konzentrierte Salzsäure, das andere starke Ammoniakflüssigkeit enthält. In der Richtung der Pfeile wird ein Luftstrom mit dem Munde hindurchgeblasen.

\*\*\*\*) Wiedem. Beibl. XII, 1888.



auffalles“ später benützen zu können (vgl. S. 208, Absatz 6), wird man dabei auch folgenden Versuch anstellen. Man läßt das parallele Licht durch einen 1—2 *mm* breiten, horizontal gestellten, etwa 5 *cm* langen Spalt hindurchgehen und das austretende Lichtband über einen mit mäßig rauhem Zeichenpapier bespannten Schirm „streifen“, wobei der vertikal gestellte Schirm gegen die Strahlenrichtung ganz schwach geneigt wird; es erscheint auf dem Schirme die helle Lichtspur in geradlinigem Verlaufe. Für diesen Versuch sind die Kohlen möglichst nahe aneinander zu stellen.

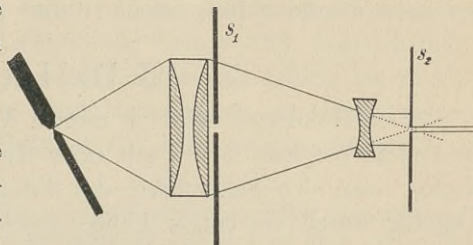


Fig. 191. Herstellung eines streifenden Lichtbandes.

Eine noch hellere und präziser Lichtspur erhält man auf folgende Art. Man bringt vor die auf konvergentes Licht eingestellten Kondensorlinsen (Fig. 191) einen Schirm  $s_1$  aus Pappe, der einen über die ganze Fläche der Linsen reichenden wagrechten

Spalt von einigen Millimetern Breite enthält. Nahe der Fokalebene der Kondensorlinsen wird nun ein zweiter Spaltschirm  $s_2$  mit einem 1—2 *mm* breiten wagrechten Spalte aufgestellt. Dieser Spaltschirm wird entweder aus Blech oder aus schwarzem, dünnem Bristolkarton gefertigt, in welchen man den Spalt mit einem recht scharfen Federmesser unter Zuhilfenahme einer Unterlage aus Zinkblech oder Glas geschnitten hat. Indem man den Lichtbogen höher oder tiefer rückt, kann man leicht erreichen, daß das Bild des hellen Lichtkraters der positiven Kohle gerade von dem Spalte auf  $s_2$  durchgeschnitten wird.\*) Man kann dabei auch vor  $s_2$  eine Konkavlinse von passender Zerstreungsweite\*\*) aufstellen, wodurch die konvergenten Strahlen parallel gemacht werden und als scharf begrenztes Lichtband durch den Spalt  $s_2$  austreten.

## 2. Ausbreitung des Lichtes.

Auf dem Experimentiertische wird mit Kreide eine gerade Linie gezogen und von 50 zu 50 *cm* Entfernung durch deutliche Teilstriche in gleiche Strecken geteilt. Oberhalb des mit „0“ bezeichneten Teilstriches wird in passender Höhe — etwa mit einem Retortenhalter — die Bogenlichtlaterne (der Lichtpunkt des Skioptikons) aufgestellt. In die Entfernung „1“ kommt ein schwarzer Schirm, aus welchem ein Quadrat von 1 *dm*<sup>2</sup> Größe

\*) Der Schirm  $s_1$  wäre entbehrlich; dann würde aber eine solche Menge von Licht- (und Wärme-)Strahlen auf den Schirm  $s_2$  fallen, daß dieser sich unnötig erhitzen (wenn er aus Pappe wäre, sogar verbrennen) würde.  $s_1$  hält eben die entbehrlichen Strahlen ab.

\*\*) Eine solche liefern die auf S. 193 ff. angeführten Firmen zum Preise von etwa Mk. 10.— bis Mk. 15.—. Sie dient auch in vielen anderen Fällen dazu, das ganze konvergente Lichtbündel der Kondensorlinsen in ein Parallelstrahlenbündel zu verwandeln.



ausgeschnitten ist. Der Mittelpunkt des Quadrates muß sich dabei in derselben Höhe oberhalb der Tischplatte befinden, in welcher der Lichtbogen angebracht wurde. Parallel zu diesem Schirme wird endlich ein zweiter aufgestellt, dessen mit weißem Papier bezogene Vorderfläche ein Quadratnetz von 1 *dm* Netzbreite enthält. Auf demselben erscheint eine quadratische Fläche von 4 *dm*<sup>2</sup> beleuchtet. Dieser Schirm wird dann später in die Entfernung von 3 × 50 *cm*, 4 × 50 *cm* u. s. w. geschoben und konstatiert, daß die beleuchtete Fläche 9 *dm*<sup>2</sup>, bezw. 16 *dm*<sup>2</sup> u. s. w. beträgt.

### 3. Die Lochkamera.

Der Kondensator wird zu diesem Versuche ganz entfernt oder — wenn dies nicht möglich ist — mit einer Kappe aus Pappe oder dergleichen bedeckt; eine der Seitentüren des Skioptikonkastens wird geöffnet und die Öffnung durch ein Stück Pappe geschlossen, das in entsprechender Höhe einen runden oder viereckigen Ausschnitt hat. Derselbe ist vorläufig mit einem Stanniolblatte überspannt. (Bei Anwendung der einfachen Bogenlichtlaterne wird zwischen die Falze in der vorderen Wand ein mit Stanniol überspanntes Rähmchen aus Holz oder Pappe geschoben; es empfiehlt sich jedoch, bei diesem Versuche die Blechkammer um 90° zu drehen, so daß die erwähnte vordere Wand nun an Stelle einer früheren Seitenwand kommt.) Der Apparat wird einige Meter vom Projektionsschirme so aufgestellt, daß die Stanniolfläche dem Schirme zugewendet ist, die Lampe darauf eingeschaltet und der Strom geschlossen. Mit einer Nähnadel, die man, um sie im Dunkeln leichter zu finden, mit dem Öhrende in ein als Griff dienendes Holzstäbchen eingesteckt hat, sticht man nun in die Mitte des Stanniols ein feines Loch; alsbald erhält man auf dem Schirme ein verkehrtes, vergrößertes Bild der glühenden Kohlenspitzen.\*) Man macht nun in einiger Entfernung vom ersten einen zweiten und dritten Nadelstich; man erhält ein zweites und drittes Bild der Kohlenspitzen. Hierauf bringt man dicht neben einer dieser Öffnungen eine zweite und dritte an und weist darauf hin, daß die entstehenden Bilder sich teilweise überdecken; dadurch ist das Verständnis dafür vorbereitet, daß man bei einem größeren Loche, das man nun mit der Nadel durch Ausweiten einer kleinen Öffnung (etwa auf 5 *mm* Durchmesser) herstellt, das Bild zwar immer heller, aber auch immer verschwommener wird, endlich bei einem Loche von 1 *cm*<sup>2</sup> Größe kein Bild mehr, sondern nur ein hell beleuchteter Lichtfleck entsteht.

### 4. Schatten.

Man schneidet aus weißem Karton zwei Kreisscheiben aus, von denen die erste einen kleineren, die zweite einen größeren Durchmesser hat als die

\*) Bei schrägen Kohlen, wie sie meist verwendet werden, wirkt das nach der Vorder- richtung entworfene Bild minder günstig, wie jenes, das nach einer der beiden Seiten ent- worfen wird; deshalb wurde oben die Drehung der Blechkammer um 90° empfohlen.



Öffnung für den Kondensoreinsatz (als die vordere Öffnung in die Blechlaterne, Fig. 188). Diese Scheiben befestigt man mit Picéin\*) an Holzstäbchen, Glasstreifen oder dergleichen, um sie in Retortenhältern vor der Laterne aufzustellen. Indem man zuerst ihren Schatten durch die punktförmige Lichtquelle\*\*) auf einen Schirm entwirft, erhält man tiefschwarze, fast ganz scharf begrenzte Schatten. Nun hält man dicht vor die Kondensoröffnung eine Platte grob mattierten Glases. Die Schatten hellen sich auf und werden verwaschen. Indem man nun jede der beiden schattenwerfenden Scheiben in verschiedene Entfernungen vor die Lichtöffnung bringt und den Schattenkegel an verschiedenen Stellen durch einen kleinen weißen Schirm schneidet, kann man die Querschnitte von Kern- und Halbschatten an verschiedenen Stellen beobachten und daraus die Richtigkeit der bekannten Konstruktionen bestätigen.

Ein anderer hierher gehöriger Versuch wäre so zu machen, daß wie früher die Kondensoröffnung durch eine lichtzerstreuende Mattglasplatte überdeckt wird und vor diese eine Pappscheibe kommt, in die übereinander in etwa 2 cm Entfernung zwei kreisrunde Löcher von etwa 1 cm Durchmesser mit einem Korkbohrer gemacht wurden. Fängt man auf einem Schirm den durch diese „Doppellichtquelle“ entworfenen Schatten eines horizontal gehaltenen Pappstreifens von bezw.  $1\frac{1}{2}$  cm, 2 cm, 4 cm Breite auf, so erhält man verschiedene Halbschatten- und Kernschattenbilder, die durch Zuhilfenahme von konstruktiven Betrachtungen leicht erklärt werden können.\*\*\*) Diese Versuche können natürlich viel brillanter mit zwei kleinen, leicht zu improvisierenden Bogenlichtlampen gemacht werden; die Lichtbogen bringt man in einige Zentimeter Entfernung nebeneinander und hält das schattenwerfende Lineal vertikal zwischen die Doppellichtquelle und den Schirm.†)

## 5. Diffuse und regelmäßige Reflexion des Lichtes.

Vom Kondensator tritt im verdunkelten Raume ein Parallelstrahlenbündel aus. Man fängt dasselbe nacheinander mit einer weißen, grauen und schwarzen, unter  $45^\circ$  Neigung zum Lichteinfalle gehaltenen Pappscheibe auf und macht auf die dabei eintretende (im ersten Falle sehr intensive, im letzten Falle fast unmerkliche) Aufhellung des Zimmers aufmerksam. Dann werden zu demselben Versuche farbige Schirme benützt. Zum Unterschiede wird dann auch eine unbelegte Spiegelglasplatte und ein Amalgamspiegel zu diesem Versuche verwendet und die nunmehrige regelmäßige Zurückwerfung

\*) Ein neues, von Walter in den Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. 18, 4. Heft (323. Band) beschriebenes, von der New-York-Hamburger Gummiwarenkompanie (Hamburg) erzeugtes Harz-Kautschukklebemittel, welches wie Siegelack verwendet wird, aber einen niedrigeren Schmelzpunkt und eine viel geringere Sprödigkeit besitzt, auch in der Mehrzahl der Flüssigkeiten völlig unlöslich ist. Glas an Glas oder Metall an Glas zu kitten, ist damit eine sehr leichte Arbeit geworden.

\*\*) Die Kondensorenlinsen müssen dazu ganz entfernt werden oder es muß ebenso wie beim vorigen Versuche eine Seitentür geöffnet und dicht vor die Öffnung eine Wand aus Pappe mit einem runden Ausschnitte vorgestellt werden.

\*\*\*) Vgl. Müller, Technik d. phys. Unterrichts, S. 174.

†) Vorzüglich geeignet sind übrigens auch zwei Auerbrenner; die Versuche erinnern an das Schattenphotometer von Rumford.



des Lichtzylinders gezeigt. Indem man die spiegelnde Fläche in verschiedene Neigungen zum Lichtzylinder bringt, wird zunächst nur nach Schätzung mit dem Augenmaße das Reflexionsgesetz roh bestätigt. Für einen letzten Versuch verwendet man eine Spiegelglasplatte, auf die aus weißem Papier ein kleiner Stern aufgeklebt ist und weist auf das durch Reflexion erzeugte Bild — schwarzer Stern in hellem Felde — hin.

## 6. Reflexionsgesetz; Planspiegel.

Die Richtigkeit des Reflexionsgesetzes wird mit einer für Unterrichtszwecke völlig ausreichenden Genauigkeit mittels der optischen Scheibe gezeigt. Dieser Apparat, welcher die von Le Conte Stevens zuerst verwendete Methode des „streifenden Lichtaufalles“ verwendet (vgl. S. 204), ist durch J. Dechant, P. Szymański, V. L. Rosenberg, B. Kolbe, endlich durch H. Hartl sehr erfolgreich vervollständigt worden; insbesondere bedeutet die

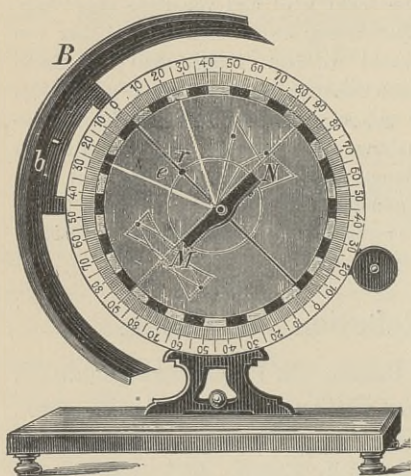


Fig. 192. Optische Scheibe nach H. Hartl, eingerichtet zum Nachweise des Reflexionsgesetzes.

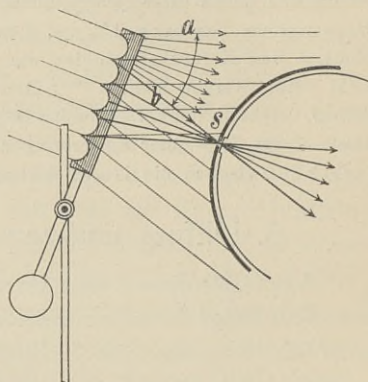


Fig. 193. Zusatz zur optischen Scheibe von H. Hartl.

**Hartl'sche optische Scheibe** (Fig. 192) einen wahren Universalapparat für die Optik. Auf die detaillierte Beschreibung aller damit anzustellenden Versuche einzugehen, ist unmöglich, da dies allein den Umfang eines ziemlich ausgedehnten Aufsatzes bedeuten würde; es wäre aber auch überflüssig, da dieser Apparat bereits sehr bekannt ist, auch von Seite der Erzeuger eingehende Prospekte veröffentlicht wurden.\*) Man benützt bei der optischen Scheibe in der Regel paralleles Licht, und zwar entweder nur einen oder mehrere Lichtstreifen, wozu ein Diaphragma mit mehreren parallelen Spalten verwendet wird, worüber das Nötige bereits auf S. 205 gesagt ist. Ein

\*) U. a. v. W. J. Rohrbecks Nachf., Wien, I., Kärntnerstraße 59, in der Broschüre: „Beiträge zur Experimentalphysik“ sowie in Separatprospekten; daselbst ist auch eine Übersicht über die mit diesem Apparate ausführbaren Versuche mitgeteilt.



sinnreicher Nebenapparat gestattet aber auch die Herstellung eines oder mehrerer zentraler Strahlenbündel. Der Apparat besteht aus einer Glasplatte, in welche fünf Kreisrinnen eingeschliffen sind, die somit eigentlich fünf Konkavzylinderlinsen vorstellen (Fig. 193). Da jede dieser Linsen ein divergentes Büschel liefert ( $a-l$ ), tritt von jedem dieser fünf divergenten Büschel je ein Strahl durch die Spaltblende  $s$  der optischen Scheibe, so daß von dem Spalte  $s$  auf der Scheibe fünf divergente Strahlen ausgehen. Ist daher an der optischen Scheibe ein Diaphragma mit zwei Spalten befestigt, von denen einer mit hellrotem, der andere mit hellgrünem Glase überdeckt ist, so zeigen sich auf der Scheibe zwei divergente Büschel mit je fünf verschieden gefärbten Strahlen; insbesondere bei den Linsen führt dies auf sehr instruktive und effektvolle Versuche.

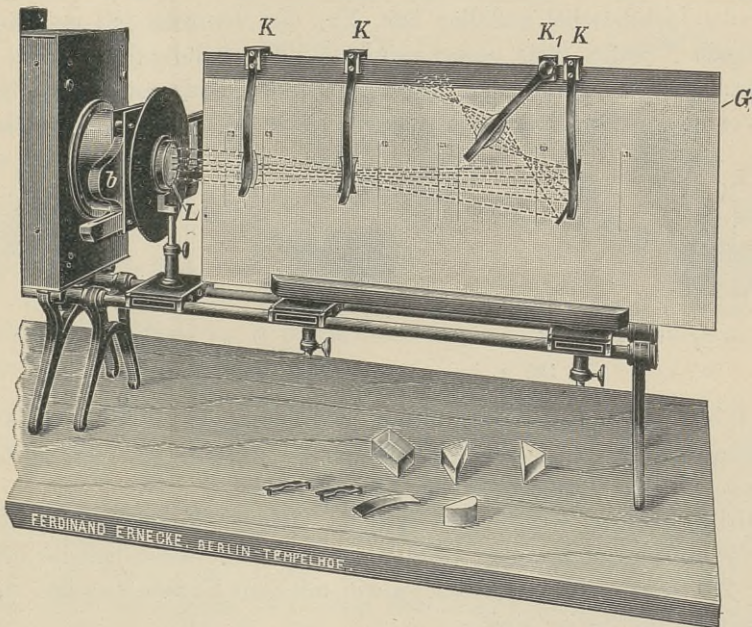


Fig. 194. Strahlengangapparat von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof in Verbindung mit dem Schulprojektionsapparat, Type NOR 2 und einer Konkavlinse  $L$ .

Diesen Apparaten ähnlich ist ein neuer, von Ernecke in Berlin-Tempelhof nach dem Prinzip des V. L. Rosenbergschen Apparates konstruierter und von dort zu beziehender **Strahlengangapparat**, den Fig. 194 zeigt, und zwar in Verbindung mit dem Skioptikon, Type NOR (S. 194). Der sinnreiche Apparat gestattet unter anderem auch den Strahlengang in allen einfachen optischen Instrumenten zu demonstrieren.\*)

\*) Zu beziehen von der Firma F. Ernecke in Berlin-Tempelhof. Preis mit 4 Klemm-  
vorrichtungen, 3 Zylinderbikonvexlinsen, 1 Bikonkavlinse, 1 Konkavspiegel, 1 gleichschen-  
kliges Prisma, rechtwinkliges Prisma, 1 Glaswürfel, mehreren Blenden und 2 Schiebestativen  
Mk. 154.— Dazu ein Hilfsapparat mit optischer Scheibe und halbzyllindrischem Glastrog



Wir kommen auf diese Apparate später noch zurück, bemerken nur an dieser Stelle noch, daß die Ausführung dieser Versuche in mehrfacher Hinsicht erleichtert wird, wenn das Stativ, auf welchem das Skioptikon steht, eine bequeme und präzisere Verstellung in der Höhenrichtung zuläßt (S. 189).

## 7. Sphärische Spiegel.

Hier handelt es sich in erster Linie darum, in recht eindringlicher Weise zu demonstrieren, daß ein Parallelstrahlenbündel bei Konkavspiegeln in ein nach einem Brennpunkte konvergierendes, bei Konvexspiegeln in ein von einem Zerstreungspunkte aus divergierendes Büschel verwandelt wird, ferner darum, die verschiedenen Fälle zu zeigen, welche eintreten, wenn man auf diese Spiegel divergierende oder konvergierende Lichtbüschel auffallen läßt. Für die Versuche gilt manches, was bei Versuch 1 (auf S. 204) gesagt wurde. Zur Herstellung divergenten Lichtes kann man entweder das parallele Lichtbündel des Kondensors mittels Sammellinsen von passender Brennweite sammeln oder man schiebt statt des Bild-

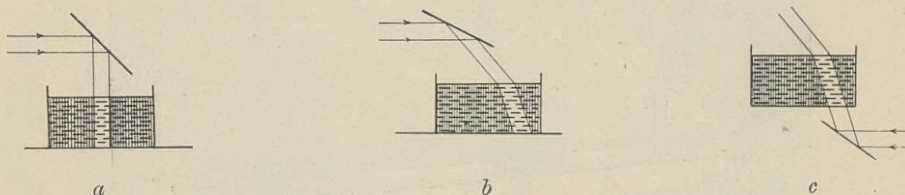


Fig. 195 a, b, c. Zur Brechung des Lichtes.

rahmens ein kreisrundes Diaphragma von passender Weite ein; aus dem Projektionsobjektive tritt dann ein divergentes Büschel aus, dessen Zentrum fast genau an der Vorderfläche des Objektives liegt.

Hierher gehören weiters verschiedene einfache Versuche mit den Ansätzen für sphärische Spiegel, welche mit der Hartlschen Scheibe (auch mit dem S. 208 beschriebenen Zusatze) sowie mit dem Erneckeschen Strahlengangapparate ausführbar sind.

## 8. Die Grunderscheinungen der Lichtbrechung.

Für den fundamentalsten Versuch verwendet man eine parallelepipedische Wanne aus Spiegelglasplatten,\*) welche mit Wasser gefüllt wird, das durch eine Spur von Fluoreszeinnatron oder von Uranin einen leichten Schiller erhält. Zur Ausführung der in Fig. 195 a, b, c angedeuteten Versuche wird ein Spiegel zum Zuwerfen des Lichtes in entsprechender Neigung verwendet.

für die Brechung Mk. 35.—. — Daß man manche dieser Versuche auch mit einem mit rauhem Zeichenpapier überspannten Zeichenbrette und mit den Nebenapparaten der Hartlschen Scheibe improvisieren kann, ist wohl selbstverständlich.

\*) Als Dimensionen wären ungefähr zu empfehlen: 25 cm Länge, 8 cm Breite, 16 cm Höhe. M. Kohl in Chemnitz liefert solche von Mk. 20.— bis 50.—.



Statt der Wanne würde ein größerer parallelepipedischer Glasblock mit plangeschliffenen Wänden aus Uranglas (Dimensionen etwa 20 : 12 : 5 cm) vorzügliche Dienste leisten. Man würde dann nur nach den Angaben des zweiten Versuches im Absatze 1 auf S. 205 ein Lichtband über einen Schirm streifen lassen und den Glasblock auf den Schirm in verschiedener Stellung in den Weg des Lichtes bringen. Leider bilden solche Glaskörper keinen Handelsartikel, sondern müßten erst bestellt werden.

## 9. Brechungsgesetz.

Es gibt zum Nachweise des Snelliusschen Brechungsgesetzes für Schulzwecke kaum einen geeigneteren Apparat als die optische Scheibe mit Verwendung eines Halbzylinders aus Crownglas (Fig. 196) oder halbzylindrischer Gefäße zur Füllung mit lichtbrechenden Flüssigkeiten. Indem man nach der Methode des „streifenden Lichtbündels“ mehrere Paare zu-

sammengehöriger Werte des Einfalls- und Brechungswinkels, womöglich durch Schätzung auf halbe Grade genau bestimmt, kann man zeigen, daß der Quotient der Sinus konstant ist und bei Crownglas rund  $\frac{3}{2}$  gibt, daher die Differenz der Logarithmen

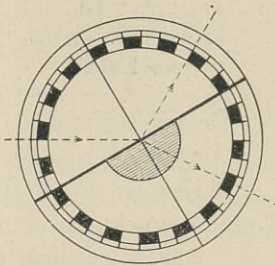


Fig. 196. Optische Scheibe von H. Hartl. Brechung.

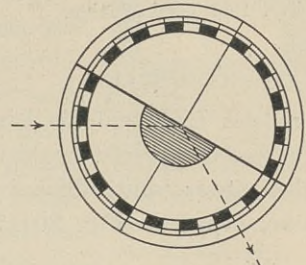


Fig. 197. Optische Scheibe nach H. Hartl. Totalreflexion.

dieser Sinus in diesem Falle annähernd 0·176 gleichkommt. Wichtig ist es auch, bei jedem Versuche die Scheibe durch Drehung in eine solche Lage zu bringen, daß das einfallende Licht nun jenen Weg in umgekehrter Richtung zu machen hat, den früher das gebrochene Licht ging; die frühere Einfallsrichtung bildet nun umgekehrt den Weg des gebrochenen Lichtes, so daß das „Gesetz der Reziprozität“ dadurch erkannt wird. — Indem man bei diesen Versuchen den Einfallswinkel nahe gegen  $90^0$  werden läßt, ergibt sich die erste rohe Bestimmung des Grenzwinkels.

## 10. Totalreflexion.

Der im vorigen Versuche an der optischen Scheibe erhaltene Wert des Grenzwinkels wird nun als Einfallswinkel im stärker brechenden Mittel überschritten; das Licht kann in das schwächer brechende Mittel nicht austreten und wird daher ausschließlic h reflektiert (Fig. 197). — Auch mit der früher erwähnten prismatischen Wanne wird ein Versuch nach Fig. 198 an gestellt.

Ernecke gibt dem „Strahlengangsapparate“ zwei rechtwinklige und gleichschenklige Prismen bei, auf welche so, wie Fig. 199 andeutet, aus zwei Spalten parallele Lichtbänder auftreffen; während bei I nur Reflexion ein-



tritt, findet bei II auch ein Eintritt in das Glas statt und kann der Weg dieses Teiles weiter verfolgt werden.

Ein sehr schöner Versuch ist die Totalreflexion im Wasserstrahle. Hierzu benötigt man ein Blechgefäß (Fig. 200), das bei *a* eine Ausflußöffnung, bei *b* ein Glasfenster oder eine Linse enthält.\*) Im ersten Falle rückt man das Gefäß dicht vor die Kondensorlinsen, im zweiten Falle leitet man

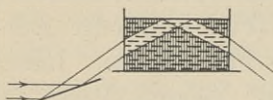


Fig. 198. Totalreflexion.

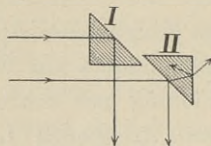


Fig. 199. Totale und partielle Reflexion des Lichtes.

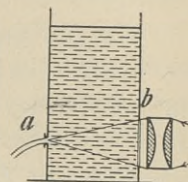


Fig. 200. Totalreflexion in einem Wasserstrahle.

paralleles Licht auf die Linse. Das Wasser des Gefäßes kann mit etwas Fluoreszein versetzt werden. — Da die Zu- und Ableitung des Wassers dabei etwas umständlich ist, erscheint ein nach H. Hartls Angaben gebauter Apparat (Fig. 201)\*\*) sehr empfehlenswert, der entweder als Zusatz

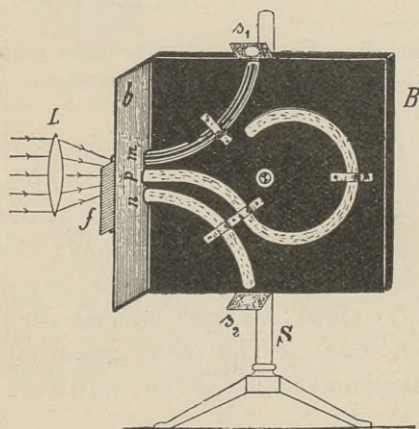


Fig. 201. Apparat zur Totalreflexion des Lichtes in Glasstäben nach H. Hartl, ausgeführt von J. Umann in Tiefenbach a. D.

zur optischen Scheibe oder auch zum Befestigen an einem beliebigen Stativständer geliefert wird. An demselben sind drei verschieden gebogene Glasstäbe, davon zwei mit rissigen Wänden auf einem mit schwarzen Samt überklebten Brettchen entsprechend befestigt. Auf die drei Stäben *m*, *p*, *n* kann hintereinander die Spitze des aus den Kondensorlinsen austretenden Lichtkegels — eventuell nach Vorschaltung farbiger Gläser — geleitet werden, wozu einfach der Apparat um seine zentrale Befestigungsschraube zu drehen ist. Der glatte Stab leitet alles Licht auf den Schirm *s*<sub>1</sub>, während der rissige

weniger Licht auf *s*<sub>2</sub> leitet, dafür aber (ebenso wie der mittlere Stab) Licht seitwärts austreten läßt und daher hell leuchtet. Bei Vorschaltung einer roten Glasplatte gleicht er einem lebhaft glühenden Metallstabe.

\*) Mk. 9—50.—

\*\*\*) Von Joh. Umann, Glasraffinerie in Tiefenbach a. d. Desse, Böhmen, erzeugt zum Preise von Mk. 14'50, bezw. Mk. 16'20 geliefert.



## 11. Planparallele Platte.

Nach der Methode des „streifenden Lichtstrahles“ mit dem auf S. 211 erwähnten Glaskörper — eventuell auch mit dem in jeder Sammlung vorhandenen Uranglaswürfel — kann der Lichtweg objektiv sehr gut demonstriert werden. Zu der Hartlschen Scheibe ist dazu ein eigener trapezförmiger Glaskörper beigegeben.

Ein anderer Versuch ist folgender: Vor den Kondensorlinsen wird ein Schirm mit einem vertikalen Spalte aufgestellt und von diesem Spalte durch eine Linse von ziemlich großer Brennweite auf einem entfernten Schirm ein scharfes helles Licht entworfen. Sodann wird eine rechteckige Spiegelglastafel von 5 bis 8 mm Dicke vertikal und normal zur Projektionsrichtung so zwischen Linse und Schirm gestellt, daß etwa die eine Hälfte der Lichtstrahlen die Platte durchsetzt, die andere frei darüber hinweggeht. Dreht man nun die Spiegelglastafel allmählich um eine vertikale Achse, so daß sie zur Richtung des Lichteinfalles immer mehr geneigt wird, so verschiebt sich die untere Hälfte

des Spaltbildes gegen die obere immer stärker.

Einen ähnlichen

Zweck erreicht man durch die in Fig. 202 und Fig. 203 dargestellten Apparate.\*) Ist der kleine Glasbalken bei dem ersten Apparate parallel zur Rahmenebene gelegt und entwirft man das Bild des Pfeiles mit dem Skioptikon, so erscheint dasselbe ununterbrochen; dreht man aber den planparallelen Glaskörper aus dieser Ebene heraus, so wird der mittlere Teil des Pfeilbildes nach der betreffenden Seite verschoben. — Der zweite ähnlich zu benutzende Apparat ist wohl aus der Figur von selbst verständlich.

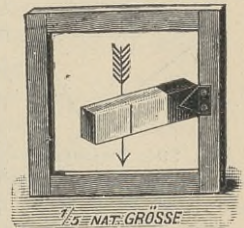


Fig. 202. Apparat zur Projektion der Erscheinung der Totalreflexion des Lichtes, ausgeführt von F. Erneck e in Berlin-Tempelhof.

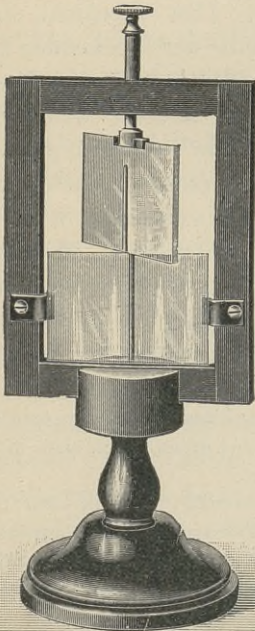


Fig. 203. Apparat zur Projektion der Erscheinung der Totalreflexion des Lichtes, ausgeführt von F. Erneck e in Berlin-Tempelhof.

## 12. Prisma.

Auch für den Strahlengang im Prisma ist die optische Scheibe eingerichtet. Bei aller Wertschätzung des Apparates ziehen wir aber hiezu folgende Methode vor. Ein

\*) Preis bei F. Erneck e, Berlin-Tempelhof, Mk. 5.50 und Mk. 15.—.



mit mäßig rauhem Zeichenpapiere bespanntes, recht ebenes Zeichenbrett wird vertikal aufgestellt und ein scharfes Lichtband (vgl. S. 205) darüber in halber Höhe wagrecht streifen gelassen. Das Lichtband wird durch ein vor die Linsen gestelltes hellrotes Glas\*) rot gefärbt. Darauf stellt man ein Prisma in dem üblichen verstellbaren Messinghalter so, daß seine Längskanten wagrecht liegen und schiebt es derartig an den Schirm, daß die freie Grundfläche des Prismas die Schirmfläche recht genau berührt und das Lichtband auf eine der Seitenflächen des Prismas auffällt, und zwar so,

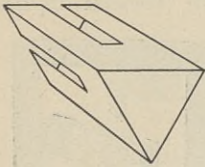


Fig. 204. Prismenmantel.

daß es von der untersten Kante, welche die brechende Kante bilden soll, etwa um ein Drittel der Breite einer Seitenfläche entfernt ist und der eindringende Strahl mit jener Prismenfläche, welche der brechenden Kante gegenüberliegt, parallel läuft. Es treten dann aus jeder Fläche des Prismas zwei Lichtbänder aus.\*\*\*) (Entfernt man das rote Lichtfilter, so ist je eines dieser aus einer und derselben Prismenfläche austretenden Lichtbänder weiß, während das andere die Spektralfarben zeigt.) In dieser Form ist der schöne Versuch für eine höhere Stufe des Unterrichts sehr instruktiv, da seine Erklärung zu einer lehrreichen konstruktiven Betrachtung führt.\*\*\*) Für die Unterstufe muß das Experiment freilich etwas vereinfacht werden. Dies geschieht, indem man entweder ein Prisma verwendet, an welchem die der brechenden Kante gegenüberliegende Prismenfläche fein mattiert ist, oder indem man über das Prisma einen Mantel aus dünnem schwarzen Karton schiebt, welcher nur an den beiden lichtbrechenden Prismenflächen schmale (natürlich gegen den Schirm nicht begrenzte) Schlitze für das ein- und austretende Lichtbündel frei läßt (Fig. 204). Indem zunächst nur homogenes Licht verwendet wird, kann durch Drehung des Prismas um seine Achse der Satz vom Minimum der Deviation des Lichtes sehr schön experimentell nachgewiesen und auch gezeigt werden, daß blau-violettes Licht unter gleichen Umständen stärker abgelenkt wird als rotes.†) Es wird so die später eingehender zu behan-

\*) Farbige Gelatinefolien sind als viel lichtdurchlässiger sehr zu empfehlen; man erhält solche in jeder größeren Papierhandlung. Rote und grüne Folien nach Miethes führen auch die Geschäfte für photographische Bedarfsartikel.

\*\*) Für das Gelingen des Versuches ist es sehr notwendig, daß die den Schirm berührende Basisfläche des Prismas genau normal zu den Kanten abgeschliffen ist; falls dies nicht der Fall wäre, wird man doch das Prisma so zu stellen haben, daß seine Kanten normal zur Schirmebene stehen. Man erreicht diese Stellung und damit den gewünschten Effekt bei einiger Übung sehr rasch.

\*\*) Die betreffende Figur findet sich in verschiedenen physikalischen Lehrbüchern, unter anderen auch in der bekannten Sammlung physikalischer Aufgaben von Fliedner (Abschnitt XIX, Nr. 3).

†) Hierzu verwendet man als Lichtfilter rotes Glas (nicht zu dunkel, vgl. Fußnote 1) und eine Kuvette (S. 222) mit einer mäßig dunklen Lösung von Kupferoxydammoniak (in  $\text{Cu SO}_4$ -Lösung langsam  $\text{NH}_3$  im Überschuße zusetzen und eventuell mit Wasser verdünnen).



delnde farbige Dispersion des Lichtes (S. 216) schon vorbereitet. Entfernt man die Lichtfilter, so zeigt sich am Schirme ein spektraler Farbenfächer und eben darin erscheint diese Versuchsanordnung derjenigen mit der optischen Scheibe überlegen, da hier der Farbenfächer auf einem längeren Wege über den Schirm hinstreift, sich daher mehr verbreitert und folglich aus der Entfernung besser sichtbar wird.

In etwas abgeänderter Form empfehlen wir auch einen sinnreichen Versuch von Dr. Friedrich C. A. Müller über das Minimum der Deviation. Vor dem mit einer roten Glastafel überdeckten, auf paralleles Licht gestellten Kondensator kommt ein schwarzer Karton mit zwei 15 mm voneinander entfernten wagrechten Spalten. Ein Prisma wird, wie Fig. 205 erkennen läßt, gestellt, und zwar so, daß ein Lichtbündel von einer Prismenfläche reflektiert wird, das andere das Prisma aber durchsetzt. Man erhält bei passender Stellung an der Zimmerdecke oder einer Zimmerwand zwei rote Spaltstreifen, die sich bei geringer Drehung des Prismas um seine Achse nur bei einer einzigen Stellung einander sehr nahe bringen lassen, bei Vor- oder Zurückdrehung gegen diese Stellung sich aber jedesmal voneinander immer weiter entfernen. In der erwähnten ausgezeichneten Stellung muß aber nach dem Reflexionsgesetz die reflektierende Basis eine symmetrische Lage einnehmen.

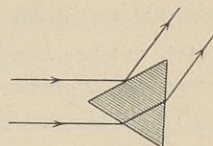


Fig. 205. Minimum der Deviation.

### 13. Linsen.

Für Linsen sind alle jene Versuche sinngemäß abgeändert vorzuführen, auf welche unter Absatz 7, S. 210, bei den sphärischen Spiegeln hingewiesen wurde. Wieder bieten hier die der Hartl'schen Scheibe wie die dem Erneckeschen Strahlengangapparate beigegebenen Zylinderlinsen das Material zu zahlreichen instruktiven Versuchen. Besonders sei auf die schönen Versuche hingewiesen, die sich an der optischen Scheibe mit dem auf S. 208 erwähnten „Zusatze“ ausführen lassen. — Erwähnt seien ferner die prächtigen Versuche mit dem Mach'schen Linsenkasten.)\*

### 14. Sphärische Abweichung bei Linsen.

Hier wäre zunächst die bekannte Einziehung des Lichtkegels nach der diakaustischen Linie vorzuführen. Diese wird hinlänglich deutlich mit einer größeren und dickeren Linse von kurzer Brennweite (Kondensorlinse), auf welche paralleles Licht fällt, gezeigt. Noch deutlicher ist diese Erscheinung an der Hartl'schen Scheibe und dem Strahlengangapparate von Erneckes zu demonstrieren.

Ein schöner, hieher gehöriger und dabei sehr einfacher Versuch ist der folgende. Dicht vor die auf paralleles Licht gestellten Kondensorlinsen bringt man einen Kartonschirm, aus dem ein Quadrat von etwa 4 cm Seitenlänge herausgeschnitten ist und entwirft mit einer gewöhnlichen Linse von etwa 10 cm Durchmesser und von ziemlich kurzer Brennweite davon auf

\*) M. Kohl, Chemnitz, Preis Mk. 200.—.



einem ziemlich nahe am Skioptikon stehenden Schirme ein Bild; man erhält ein Quadrat, dessen Seiten nach innen konkav eingebogen sind. Der Versuch erläutert auch recht sinnfällig, warum einfache (wenn auch achromatische) photographische Objektive, sogenannte Landschaftslinsen, zu Architekturaufnahmen nicht gut geeignet sind.

## 15. Farbige Dispersion des Lichtes.

Wenn dieses Kapitel, das fast die schönsten aller optischen Versuche bietet, entsprechend wirkungsvolle Behandlung finden soll, bedarf man in erster Linie guter Prismen. Es sei daher gestattet, darüber einige Ratschläge voranzuschicken. Zieht man — der Einfachheit der Erklärung wegen — ein einfaches Prisma vor, so wäre ein solches aus schwerem Flint-

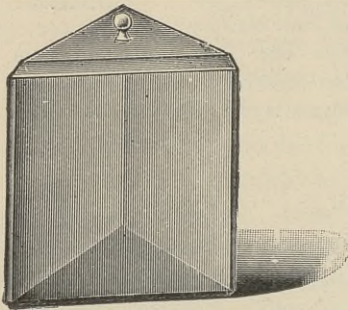


Fig. 206. Hohlprisma von E. Leybolds Nachf. in Köln für Schwefelkohlenstoff, Benzol u. dgl.

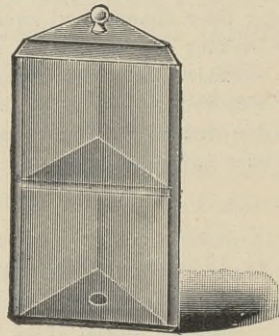


Fig. 207. Hohlprisma von E. Leybolds Nachf. in Köln für zwei Flüssigkeiten von verschiedenen Brechungsvermögen.

glase von 40/40 mm Seitenfläche (eine Seite mattiert und geschwärzt, an die beiden anderen kreisrund begrenzte Flächen angeschliffen, wärmstens zu empfehlen.\*) Auch Hohlprismen, die mit Schwefelkohlenstoff oder mit Benzol gefüllt werden, sind ganz vorzüglich. Die Firma Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh., deren aus reinsten Spiegelglasplatten mit einem Feuerkitt gekittete Glasgefäße als eine Spezialität der Firma sich einer sehr großen und wohlverdienten Verbreitung erfreuen, liefert solche Hohlprismen in vorzüglichster Ausführung und großer Auswahl zu mäßigen Preisen (Fig. 206 u. Fig. 207).\*\*) Dieselben sind mit sehr genau eingeschliffenen Glasstöpsel versehen und können, ohne daß ein Undichtwerden zu besorgen wäre, mit jeder Flüssig-

\*) R. Fuess in Steglitz-Berlin, liefert solche in ausgezeichnete Qualität zu Mk. 40.— Dispersion  $C - F = 3^\circ$ ;  $n_D = 1.7463$ ; Ablenkung  $61^\circ 30'$ . — Ein derartiges Prisma muß sehr sorgsam behandelt werden und wird am besten bei Nichtgebrauch in einer mit Watte ausgefüllten Schachtel aufbewahrt. Zum Gebrauche wird es auf ein gutes Tischchenstativ gestellt, wobei man sich vor dem Umwerfen im verdunkelten Zimmer wohl in acht nehmen muß.

\*\*) Die Preise der in den Fig. 206 dargestellten Prismen sind Mk. 8.— bis 18.— je nach Größe, bezw. (Fig. 207) Mk 20.—



keit verwendet werden. Bei Verwendung von Schwefelkohlenstoff empfiehlt es sich, das Prisma nicht längere Zeit gefüllt stehen zu lassen, sondern immer auszuleeren und mit Alkohol auszuwaschen. Das Austrocknen wird am besten durch Hindurchsaugen von Luft mittels einer Wasserluftpumpe bewerkstelligt.

Von den Prismenkombinationen wäre zunächst das von Brown in g angegebene, meist aber als Rutherford'sches Prisma\*) bezeichnete (ein Prisma aus schwerstem Flintglas von  $90^\circ$  zwischen zwei Crownglasprismen eingekittet) wegen seiner sehr großen Dispersion  $C - F = 5^\circ$  hervorzuheben. Die Ablenkung beträgt  $69^\circ$ .

Für die Versuche über Farbenzerstreuung ist gerade bei Verwendung des Skioptikons die seitliche Ablenkung minder von Belang als bei Sonnenlicht; denn bei letzterem ist man fast immer an einen Einfall des Lichtes parallel zu jener Wand, die dem Auditorium gerade gegenüber liegt, gebunden, während man die Projektionslaterne auch so stellen kann, daß die Lichteinfallrichtung anfänglich etwas schräg gegen das Auditorium gerichtet wird, der das Spektrum auffangende Schirm also ungefähr in jene Lage vor die Schultafel kommt, wo er gewöhnlich benützt wird (vgl. Fig. 178 auf S. 192). Trotzdem wird für manche Zwecke die Anschaffung eines Geradsichtprismas ins Auge zu fassen sein; denn zur objektiven Analyse der Interferenzfarben ist wohl kein anderes Prisma so gut geeignet. Am billigsten ist das Wernickesche Geradsicht-Flüssigkeitsprisma\*\*)  $C - F = 3^\circ 40'$ . Viel wirkungsvoller, aber auch teurer sind die Prismen nach Amici (dreiteilig  $C - F = 4^\circ 45'$ , fünfteilig  $C - F = 5^\circ 40'$ \*\*\*).

Zum Entwerfen des Spektrums mit Hilfe der Projektionslampe wird meist folgender Weg empfohlen. Vor den Kondensor wird der durch eine Mikrometerschraube regulierbare, nicht zu eng gestellte Spalt angebracht und von demselben mittels des Objectives (es müßte entschieden eines von ziemlich langer Brennweite gewählt werden) ein scharfes Bild auf dem Schirme entworfen. Dicht vor das Objectiv kommt das Prisma; es erscheint bei Geradsichtprismen das Spektrum auf dem unverrückt stehbleibenden Schirme, bei ablenkenden Prismen aber auf einem in entsprechender Entfernung seitwärts befindlichen Schirme. — Vor dieser Methode scheint uns die folgende manche Vorteile zu bieten, vor allem ein lichtkräftigeres Spektrum zu liefern. Man trachtet, dem aus den Kondensorlinsen austretenden

\*) R. Fuess in Steglitz-Berlin liefert Rutherford'sche Prismen  
 von Öffnung der quadratischen Seitenfläche 25 mm zum Preise von Mk. 42.—,  
 " " " " " 35 mm " " " " 60.—,  
 " " " " " 50 mm " " " " 150.—.

\*\*) R. Fuess in Steglitz-Berlin, liefert eine leicht zu reinigende Form ohne Kittung, Durchmesser der runden Endöffnungen 30 mm um Mk. 85.—, F. Erneck e eine ähnliche Konstruktion, Öffnung 20/20 mm um Mk. 60.—.

\*\*\*) R. Fuess in Steglitz-Berlin, mit 25/35 mm Öffnung, dreiteilig Mk. 65.—, fünfteilig Mk. 100.—, mit 28/40 mm Öffnung, dreiteilig Mk. 70.—, fünfteilig Mk. 110.—.



Lichtkegel eine größere Länge zu geben, als er gewöhnlich hat (Näherücken der Lichtquelle an das Beleuchtungssystem, bei dreifachem Kondensor Abnahme der vordersten Linse). Nahe dem Fokus dieses Kegels (Fig. 208) stellt man den regulierbaren Spalt  $s$  auf. Ein solcher steht in der Sammlung meist zur Verfügung, beispielsweise als Bestandteil der Heliostateneinrichtung; er wird in eine Pappscheibe montiert und diese mit Retortenhälter in vertikaler Stellung fixiert. Dieser Spalt darf aber nicht zu lang sein; 2—3  $cm$  genügen reichlich, die übrigen Teile werden mit Streifen aus schwarzem Papiere überklebt.\*\*) Von diesem Spalte wird durch eine gute achromatische Linse  $l$  von 60—100  $cm$  Brennweite ein recht scharfes und helles, aber nicht übermäßig vergrößertes (12—20  $cm$  langes) Bild auf einem Schirme in der Richtung des punktierten Pfeiles entworfen, wobei anzustreben ist, daß alle vom Spalte  $s$  divergierend ausgehenden

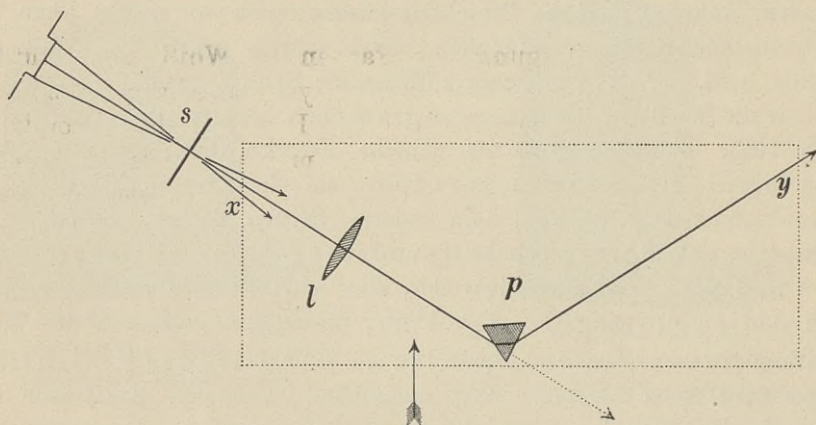


Fig. 208. Versuchsanordnung für die farbige Dispersion des Lichtes.

Strahlen von der Linse ausgenommen werden.\*\*\*) In dem die Linse  $l$  verlassenden Lichtbündel zeigt sich nun — innerhalb der einfachen Brennweite — eine Stelle, wo das Lichtbündel am engsten eingeschnürt erscheint. Dorthin ist das Prisma (ein gewöhnliches oder auch ein geradsichtiges) zu bringen, damit es wieder möglichst alle bilderzeugenden Strahlen passieren läßt. Bei einem ablenkenden Prisma ist hierauf das erzeugte Spektrum durch Drehen des Prismas um eine Vertikalachse auf das Minimum der Deviation einzustellen und der Schirm, damit das Spektrum auf ihn falle, seitwärts zu verschieben, so daß seine Entfernung vom Prisma dieselbe bleibe wie zuvor. Ob dies richtig getroffen ist, sieht man am besten, wenn man das Prisma so verschiebt, daß durch Reflexion von einer Fläche ein scharfes weißes Spaltbild auf dem verschobenen Schirme entsteht. Trifft dies zu, so

\*) Bei zu langem Spalte tritt auch infolge der sphärischen Abweichung eine Krümmung der Spaltbilder und somit eine Verziehung des ganzen Spektrums ein.

\*\*) Deshalb soll der Lichtkegel aus dem Kondensor möglichst verlängert werden.



erhält man, nachdem man das Prisma wieder in die frühere Lage zurückbringt, auf dem Schirme ein „reines Spektrum“.\*)

Von grundlegender Bedeutung sind nun die Versuche zum Nachweise, daß das Licht der einzelnen Farbensorten homogen ist und daß die Vereinigung aller Spektralfarben wieder weiß gibt. Für den ersten Nachweis der **Homogenität jeder Spektralfarbe** kann man entweder eine Lichtsorte durch einen Spalt (Schlitz in einem Pappeschirm) hindurchgehen und auf ein zweites Prisma auffallen lassen\*\*) oder man stellt hinter dem ersten Prisma ein zweites Prisma so auf, daß seine brechende Kante wagrecht liegt, also jene des ersten Prismas unter einem rechten Winkel kreuzt. Dadurch wird das früher rechteckige Spektrum in ein schiefwinkliges Parallelogramm verzerrt, dessen violettes Ende am stärksten abgelenkt wird; aber auch in diesem neuen Spektrum ist die Anordnung und Ausdehnung der Farben dieselbe wie im ursprünglichen.

Die **Wiedervereinigung der Farben zu Weiß** kann mittels des rotierenden Spiegelprismas, welches zur Analyse von schwingenden Flammen in der Akustik Verwendung findet, erfolgen. Dies geschieht, indem das ganze Spektrum auf einer Seitenfläche des Spiegelprismas aufgefangen wird. Das Spektrum kann nun bei langsamer Drehung an alle Flächen der Zimmerwände geworfen werden, wobei es farbig erscheint. Bei rascher Drehung des Spiegels erhält man ein rein weißes (begrifflicherweise aber etwas lichtschwaches) ringsum auf den Zimmerwänden verlaufendes Band.\*\*\*)

Der großen Wichtigkeit dieser Tatsache willen wird man aber unbedingt auch den folgenden Versuch machen. Zwischen Prisma und Schirm verschiebt man eine Sammellinse von ziemlich kurzer Brennweite — es genügt eine unachromatische Linse — so lange, bis man auf dem Schirme ein scharfes Bild der vorderen Prismenfläche erhält. Wieder muß dabei die Linse hinlängliche Öffnung besitzen, um das ganze farbige Lichtbündel aufzunehmen. Der Spalt wird dazu etwas erweitert, damit möglichst die ganze Vorderfläche des Prismas beleuchtet ist. Bei Prismen mit kreisrund angeschliffenen Flächen erhält man auf dem Schirme eine elliptisch begrenzte gleichmäßig weiße Lichtscheibe.

\*) Fig. 208 deutet auch an, wie die Apparatzusammenstellung hinsichtlich des Experimentiertisches (punktiertes Rechteck) zu gruppieren ist. Der Pfeil gibt die Richtung an, in welcher das Auditorium gegen den Experimentiertisch blickt. Das Prisma soll demnach möglichst an den Vorderrand des Tisches kommen, so daß zwischen  $xp$  und  $py$  Apparate aller Art (z. B. die auf S. 222 angeführten absorbierenden Lichtfilter) aufgestellt werden können.

\*\*) Für diesen und den folgenden Versuch ist es nötig, die Vergrößerung des Spektrums noch viel geringer zu wählen (Länge des Spaltbildes vielleicht nur 3—4 cm); denn der Schirm, welcher eine Farbe durchlassen soll, ist an Stelle des früher verwendeten Aufschirmes zu bringen, nämlich dorthin, wo das „reine“ Spektrum entsteht.

\*\*\*)) Begrifflicherweise kann man dieses Lichtband auch auf einem oder auf mehreren näher am Apparate stehenden Schirmen auffangen, wodurch es etwas lichtstärker wird.



Dieser Versuch gestattet nun auch eine ungemein prächtige **Darstellung der Komplementärfarben**. Durch die das Licht vereinigende Linse wird nämlich das „reine Spektrum“ vom Schirme näher an diese Linse gerückt. Man erkennt diese Stelle wieder durch eine Einschnürung des farbigen Lichtbündels.\*) An diese Stelle schiebt man ein Prisma mit kleinem brechenden Winkel (eines der Prismen des sogenannten „achromatischen Prismas“ der Sammlung) bei vertikaler Lage der brechenden Kante so ein, daß es das rote Ende des Spektrums auffängt; dadurch entsteht neben dem früheren Bilde der Vorderfläche des Prismas noch ein zweites abgelenktes Bild. Wurden dabei aus dem Spektrum die roten Strahlen herausgeworfen, so ist das abgelenkte Bild rot, das ursprüngliche grünblau. Bei weiterem Verschieben des ablenkenden Prismas erhält man die Farbenpaare „orange und blau“ bis „gelb und violett“. Entfernt man das ablenkende Prisma und fängt dafür das spektrale Grün durch einen ganz schmalen Kartonkeil auf, so zeigt das Bild am Schirme den zu Grün komplementären Purpur. Bei den früher beschriebenen Versuchen mit dem ablenkenden Prisma kann man, indem man bei der ganzen Versuchsanordnung den auffangenden Schirm der Linse

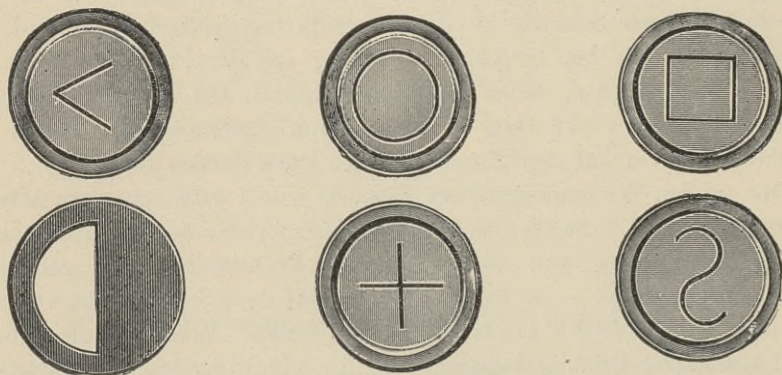


Fig. 209. Verschieden geformte Spaltsysteme zur Darstellung der Reliefspektren, passend zum Universalprojektionsapparate von E. Leybolds Nachf. in Köln.

eventuell nähert und durch Verschieben der Linse neuerlich scharf einstellt, sehr leicht erreichen, daß die beiden komplementär gefärbten Lichtscheiben sich teilweise überdecken; der den beiden Scheiben gemeinsam angehörende Teil des Schirmes erscheint dann rein weiß.\*\*)

Zu den Versuchen zur Mischung von Spektralfarben gehören auch die schönen Versuche über „**Reliefspektren**“. Man verwendet zu denselben an Stelle des geraden Spaltes Spaltsysteme von den in Fig. 209 angedeuteten Formen. Am bekanntesten ist das durch den  $\wedge$ förmigen Spalt gelieferte Doppelspektrum, welches das Bild eines leuchtenden Daches gewährt und alle möglichen Mischungen von je zwei Spektralfarben enthält.

\*) Die Erklärung an der Hand einer Figur findet sich in Dr. Karl Rosenberg, Lehrbuch der Physik f. d. oberen Klassen der Mittelschulen, 3. Aufl. Wien, A. Hölder, 1906. S. 410, Fig. 562.

\*\*\*) Ernecke konstruiert zur Wiedervereinigung der Spektralfarben zu weiß und zur Demonstration der Komplementärfarben einen besonderen Apparat mit Zylinderlinse und schmalen Ablenkungsprisma mit kleinem brechenden Winkel (Mk. 85.—).



## 16. Chromatische Abweichung der Linsen.

Der einfachste hierher gehörige Versuch dürfte wohl jener sein, bei dem man paralleles Licht durch eine nicht achromatische Sammellinse sammelt (Fig. 210), den divergenten Kegel auf einen etwas weiter entfernten Schirm auffallen läßt und nun einmal vor dem Fokus der roten Strahlen (bei *a*), das anderemal hinter dem Fokus der violetten Strahlen (bei *b*) einen ganz kleinen kreisrunden Schirm einführt; man stellt sich einen solchen durch Anlöten einer kleinen Kupfermünze (Pfennig, Heller) an einen flach geklopften etwas dickeren Kupferdraht her. Die den Schatten der Münze am Schirme umgebenden Farbenringe sind das eine Mal blauviolett, das andere Mal rot-orange gefärbt.

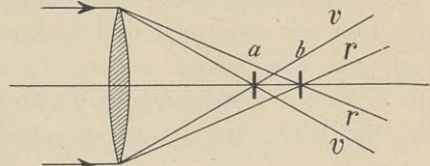


Fig. 210. Chromatische Abweichung bei Sammellinsen.

## 17. Versuche über Emissions- und Absorptionsspektren.

Die unter Absatz 15 beschriebene Methode der Darstellung liefert das kontinuierliche Emissionsspektrum der weißglühenden Kohlen spitzen. Entfernt man letztere so weit von einander, daß der Lichtbogen eben noch nicht abreißt, so sieht man in dem vielleicht etwas matter werdenden Spektrum hellere Linien und dunklere Bänder auftreten: es lagert sich über das erstere Spektrum das Emissionsspektrum des durch Verunreinigung der Kohlen mit verschiedenen Metallsalzen stets mehr oder weniger gefärbten Lichtbogens. Derartige Linien treten daher weit stärker hervor, wenn man die Kohlen mit Salzen imprägniert. Am besten ist es, bei den positiven Dochtkohlen den weicheren Kohlensatz herauszubohren und die Höhlung mit den möglichst entwässerten Salzen (Chloriden und Nitraten) vollzustopfen. Sehr bequem ist hiezu an Stelle der unteren Kohle die bekannte Revolver-scheibe (Fig. 211),\*) die sich in den unteren Halter der Lampe (Fig. 179, S. 194) einsetzen läßt. Die Kohlenstäbe sind hiezu vertikal zu stecken, was bei der in Fig. 59 auf S. 48 dargestellten Lampe sehr einfach zu bewerkstelligen ist. Da die mit den Salzen beladene positive Dochtkohle dabei nach unten kommt, ist darauf zu achten, daß die Lampe umgekehrt in die Stromrichtung einzuschalten ist. Offen gestanden werden aber diese Versuche den Physiker nicht sehr

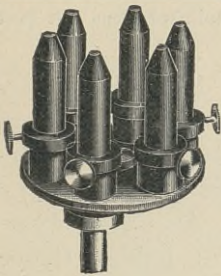


Fig. 211. Revolver-scheibe zur Bogenlampe Fig. 59, S. 48, zur objektiven Demonstration von Emissionsspektren. Ausgeführt von F. Ernemann, Berlin-Tempelhof.

\*) Preis etwa Mk. 16.— bis 18.—.



befriedigen. Die erhaltenen Linienspektren sind nicht sonderlich rein, da die Kohlen alle möglichen Verunreinigungen zeigen. Auch ist, wenn man ein Spektrum vorgeführt hat, soviel vom verwendeten Metallsalz auch auf die negative Kohle übertragen, daß ein nächstes Spektrum immer vom ersten beeinflußt ist; insbesondere muß der Versuch mit Natrium zuletzt angestellt werden, da sonst seine Linie immer sehr störend auftritt. Deshalb wird man sich mit zwei oder drei Spektren (z. B. Strontium, Kupfer und Natrium) begnügen und einige andere Emissionsspektren denn doch nur subjektiv mit einfachen geradsichtigen Spektroskopen, die ja heutzutage so billig sind, daß man leicht einige Apparate anschaffen kann, von den Schülern beobachten lassen.

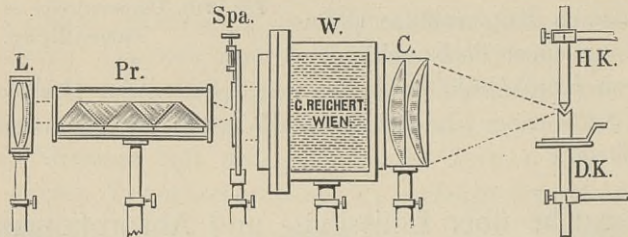


Fig. 212. Apparatenzusammenstellung für Emissionsspektren mit C. Reicherts Universalprojektionsapparat (S. 196) *L* = Projektionslinse, *Pr* = geradsichtiger Prismensatz, *Spa* = Spaltschirm, *W* = Wasserkammer, *C* = Kondensator, *HK* = Kohlenhalter für die Homogenkohle, *D.K.* = Metalltischchen mit hand-leuchterartigem Halter für die Dochtkohle.

C. Reichert in Wien benützt statt des vorerwähnten Revolverapparates für die positive Dochtkohle Halter von der Form eines kleinen Handleuchters, welche auf ein Metalltischchen gestellt werden, das in den vertikal gestellten unteren Kohlenträger der Bogenlampe eingeklemmt wird (*D.K.* in Fig. 212). — Preis des Metalltischchens mit fünf leuchterartigen Haltern K 20.—

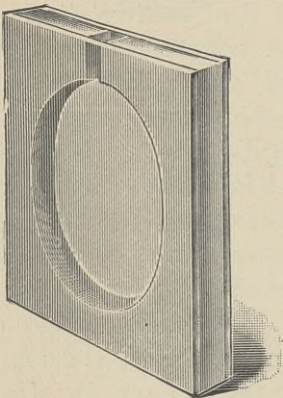


Fig. 213. Kuvette von E. Leybolds Nachf. in Köln für Projektionsversuche. Vgl. auch Fig. 295 auf S. 300.

Unübertrefflich bequem ist die objektive Darstellung des Spektrums für die Vorführung von Absorptionsspektren. Die absorbierenden Körper werden dabei am besten dicht vor den Spalt *s* (Fig. 208 auf S. 218) aufgestellt. Als solche absorbierende Körper verwendet man: farbige Gläser und Gelatinefolien, letztere zwischen Schutzgläsern eingeklebt; Farbstoffe, Salzlösungen und farbige Gase in Kuvetten,\*) eventuell auch in gewöhn-

\*) Bei Leybolds Nachf. in Köln kosten Kuvetten mit U-förmigem Ausschnitte je nach Größe Mk. 1.65 bis 4.50, (Fig. 295 auf S. 300) mit viereckigem Ausschnitte Mk. 3.— bis 5.50, mit runder Bohrung (Fig. 213) Mk. 1.70 bis 3.80 u. s. w. — Eine Farbentafel mit acht verschiedenfarbigen Gelatineblättchen, jedes in zwei Helligkeitsstufen, zu Absorptionsversuchen liefert M. Kohl zu Mk. 14.50.



lichen Proberöhren, welche letztere in vertikaler Lage dicht vor dem Spalt so angehalten werden, daß das Licht einen Achsenschnitt durchsetzt; die Krümmung des Glases stört dann nicht. Wir zählen nur einzelne brauchbare Stoffe kurz auf: Doppelchromsaures Kalium, Kupferoxydammoniak, Kupfervitriol, Kaliumpermanganat in verschiedener Konzentration, weingeistige Chlorophylllösung, Didymnitrat, Fuchsin, Brillantgrün, Methylviolett, Joddämpfe, Stickstoffdioxyd\*) u. s. w.

## 18. Umkehrung der Natriumlinie.

Die folgende einfache Methode führt bei genauer Beachtung aller Angaben unfehlbar zum Ziele. Man entwirft mit Hilfe der in Absatz 15 beschriebenen Methode ein vollkommen „reines Spektrum“ und setzt dann vor den Spalt *s* einen recht kräftig brennenden Bunsenbrenner (der sogenannte „Teclubrenner“ ist am meisten zu empfehlen), so daß der Lichtkegel den Körper der Flamme passieren muß. In die Bunsenflamme\*\*) bringt man einen Platindraht mit reichlich bemessener Kochsalzperle; nach unseren Erfahrungen genügt dies immer; noch besser wirkt aber ein erbsengroßes Stück vollkommen gereinigten und getrockneten Natriums in einem kleinen eisernen Löffelchen. Bei reichlicher Gelbfärbung der Flamme, die nach kurzer Zeit eintritt, erscheint die scharf schwarze *D*-Linie im orangegelben Teile des Spektrums. Bleibt sie aus, so liegt der Fehler nur darin, daß der Schirm nicht an der Stelle des reinen Spektrums steht; durch Vor- oder Zurückschieben ist bald die richtige Stelle gefunden. Bei diesem Versuche empfiehlt es sich, zu beiden Seiten der Natriumflamme Schirme aus Pappe aufzustellen; den einen nach dem Auditorium zu, um zu verhindern, daß die Augen der Beobachter durch das grelle Natriumlicht geblendet werden, den zweiten auf der anderen Seite der Flamme, um zu verhindern, daß das Licht der Natriumflamme direkt auf den Projektionsschirm falle.\*\*\*) Die Stelle des Schirmes, wo die schwarze Natriumlinie erscheint, wird dadurch für später festgehalten, daß die Spitze eines schwarzen Kartonpfeiles, den man mit einem Reißnagel am Schirme fixiert, genau unterhalb des Spektrums auf das eine Linienende hinweist. Nun nimmt man einen ziemlich dünnen Glasstab (aus gewöhnlichem Glase, das immer natriumhaltig ist) und bringt seine Spitze zwischen die Kohlenspitzen im Innern der Skioptikonlaterne; alsbald erscheint auf dem Schirme, und zwar wieder genau an die Pfeilspitze anschließend, die gelbe Natriumlinie.

\*) Hiezu kommen Absorptionsröhren mit  $\text{NO}_2$  gefüllt in Handel (Bezugsquelle: Müller-Ur, Braunschweig, Mk. 2.—). Durch vorsichtiges Erwärmen färbt sich der Gasinhalt dunkler und treten die Absorptionsbanden deutlicher hervor.

\*\*) Die Luftzuführung ist so zu bemessen, daß die Flamme völlig entleuchtet ist und bei geringster Vermehrung der Luftzufuhr eben zu rauschen beginnt.

\*\*\*) Ernecke liefert zu diesem Zwecke einen Brenner mit Blechschornstein, der zwei Öffnungen für das Lichtbündel und eine seitliche Öffnung zum Einführen des Natriumlöffelchens hat. (Preis samt dem letzteren Mk. 7.—.)



Auf eine andere Methode sei noch in Kürze aufmerksam gemacht. Man bringt in die untere positive Dochtkohle (vgl. S. 221) ein erbsengroßes, völlig gereinigtes Stück Natrium und zieht die Kohlen nach Berührung rasch so weit auseinander, daß der Lichtbogen eben noch nicht auseinanderreißt. Die dunkle Natriumlinie erscheint dann sehr intensiv auf dem Schirm und geht nach einiger Zeit in die helle Natriumlinie über.

## 19. Fluoreszenz.

Nach Warlich\*) stelle man das Skioptikon so auf (Fig. 214), daß ein Bündel paralleler Strahlen die Wanne *w* mit der fluoreszierenden Flüssigkeit schräg durchsetzt und dann auf den Schirm *s* auftrifft. Ist die Wanne nicht hinlänglich groß, um das ganze Lichtbündel aufzunehmen, so setzt man vor den Kondensator ein Diaphragma *d* von entsprechender Weite. Die in der Richtung des Pfeiles blickenden Zuhörer sehen an der Vorderwand von *w* die Fluoreszenzfarbe und gleichzeitig am Schirme die Mischungsfarbe der durchgelassenen Lichtstrahlen. Als fluoreszierende Flüssigkeiten sind zu empfehlen: Eosin, Fluoreszein, Uranin, Aeskulin, Chininsulfat, alle in Wasser (beim letztgenannten Stoffe mit Schwefelsäurezusatz), ferner Petroleum, Magdalarot in Alkohol, alkoholische Lackmuslösung, Chlorophyll in Alkohol-Äthergemisch u. s. w.

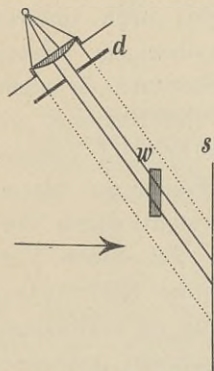


Fig. 214. Versuchsanordnung nach Warlich zu Versuchen über Fluoreszenz.

Um zu zeigen, welche Lichtsorten hauptsächlich die Fluoreszenz erregen, verschiebt man einen Uranglaswürfel der Länge nach durch das ganze Spektrum; er leuchtet am stärksten im blauvioletten Teil (und über denselben hinaus, vgl. Absatz 21), fast gar nicht im rotgelben Teil. Oder man läßt durch einen Uranglaswürfel einen konvergenten Lichtkegel passieren. Das helle Leuchten im Innern des Würfels verschwindet beim Vorsetzen einer hellroten oder orangegelben Glasplatte vor die Kondensorlinsen, bleibt dagegen fast ganz unverändert, wenn man eine Platte aus blauem Kobaltglase vorsetzt.

Sehr schön ist auch folgender Versuch: Auf einen weißen Karton ist eine Lilie gemalt, und zwar sind die großen Blütenblätter mit gelbem Baryumphtalocyanür, dagegen Kelch, Stengel, Blätter u. s. w. mit gelber Wasserfarbe gemalt.\*\*). Der Schirm wird vom Skioptikon aus in entsprechender Nähe so beleuchtet, daß der Lichtkreis gerade noch den Schirm deckt, also möglichst intensiv ist. Dabei erscheint die ganze Malerei in einem zum Teile ziemlich matten Gelb. Nun wird vor den Kondensator eine geeignete Platte aus blauviolettem Glase\*\*\*)) in dem Diapositivrahmen eingeschoben; auf

\*) Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, XIII. Jahrg., S. 157.

\*\*\*) Bei F. Ernecke, Berlin-Tempelhof zum Preise von Mk. 12.—.

\*\*\*\*) Ebendasselbst, Preis Mk. 1.80.



tiefblauem Grunde erscheinen die mit der gelben Wasserfarbe bemalten Teile tiefschwarz, während die mit der Fluoreszenzfarbe bemalten Teile in prächtigem grünen Fluoreszenzlichte leuchten.

Um zu zeigen, daß die fluoreszierende Substanz jene Lichtsorte, welche die Fluoreszenz erregt, absorbiert,\*) läßt man ein Strahlenbündel zuerst durch eine blaue Kobaltglasplatte und hierauf durch eine hinlänglich dicke Schichte von Fluoreszeinlösung passieren und stellt weiter hinten eine zweite Wanne mit Fluoreszein (oder ein Fläschchen mit dieser Flüssigkeit) auf. Der Inhalt des letzteren Gefäßes fluoresziert nicht oder doch nur schwach, leuchtet aber sofort weit heller, wenn man das erste fluoreszierende Mittel entfernt.

## 20. Phosphoreszenz.

Für diese Erscheinung dürfte es genügen, ein Kartonstück, auf welches mit Balmainischer Leuchtfarbe eine Figur (z. B. ein Schmetterling) gemalt ist, sowie das bekannte Etais mit flachen Glasröhren, die phosphoreszierende Substanzen enthalten,\*\*) in das Innere der Skioptikonlaterne zu legen und dann das Bogenlicht durch einige Minuten einwirken zu lassen. Nach Abstellen des Stromes nimmt man die genannten Objekte heraus, deren Leuchten nun im verdunkelten Zimmer sehr gut, selbst von den entfernteren Plätzen aus gesehen wird.

## 21. Der ultraviolette Teil des Spektrums.

Man entwirft nach der in Absatz 15 beschriebenen Methode auf dem Schirme ein reines und helles Bandspektrum. Nun wird eine möglichst große Uranglasplatte  $U^{***}$ ) (Fig. 215) oder eine größere, mit Chininsulfatlösung gefüllte Küvette so an den Projektionsschirm gehalten, daß ihre obere Kante etwa in halber Höhe des Farbenbandes parallel zur Längsrichtung des letzteren verläuft; der vom Farbband getroffene Teil der Uranglasplatte fluoresziert, insbesondere im blauvioletten Teile sehr lebhaft, die Fluoreszenz dehnt sich aber (wie die Schraffierung in der Figur andeuten soll) ziemlich weit über das Ende des am weißen Schirme sichtbaren Spektrums aus. Nach Verwendung einer solchen Uranglasplatte kann der Versuch eventuell auch mit einem Röntgensschirm wiederholt werden. Hierbei ist es gut, den hell-

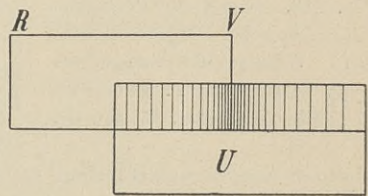


Fig. 215. Sichtbarmachung des ultravioletten Teiles des Spektrums.

\*) Es genügt auch schließlich, darauf hinzuweisen, daß Chininsulfatlösung nur an jener Seite schillert, wo das Tageslicht auffällt.

\*\*) Von R. Müller-Uri, Braunschweig, zum Preise von Mk. 5.— bis 10.—.

\*\*\*) M. Kohl, Chemnitz: 309 mm, 60 mm, 8 mm groß, Preis Mk. 11.—.



leuchtenden rotgelben Teil des Spektrums abzublenden (etwa durch einen mattschwarzen Karton- oder Blechstreifen, den man hinter dem Prisma von der Seite der roten Strahlen aus in den Lichtfächer einschiebt), da sonst das schwache Fluoreszenzlicht gegenüber dem grellen Lichte des rotgelben Teiles im Spektrum zu sehr zurücktritt. Wenn man für diesen Versuch Linsen und Prisma aus Quarz zur Verfügung hat, ist sein Effekt — gerade bei elektrischem Bogenlicht — noch viel bedeutender.

## 22. Der Strahlengang in den optischen Instrumenten

kann mit Erneckes Strahlengangapparat sehr schön demonstriert werden. Die Anordnung der betreffenden Versuche kann aus der S. 195, Fußnote, näher erwähnten Spezialpreisliste über den Projektionsapparat Type NOR entnommen werden.

## 23. Projektion mikroskopischer Objekte.\*)

Hiezu liefern die Erzeuger physikalischer Projektionsapparate eigene Ansätze. Fig. 216 zeigt den zu Erneckes Apparat Type NOR 2 gehörigen

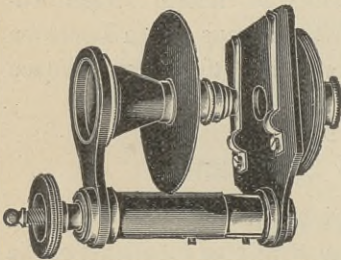


Fig. 216. Ansatz zur Projektion mikroskopischer Objekte mittels des Schulprojektionsapparates Type NOR 2 von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof.  $\frac{1}{4}$  nat. Gr.

Ansatz, Fig. 217 seine Verbindung mit dem Skioptikon. Bei diesen Versuchen ist ein Wasserkühlapparat (Fig. 217) sehr wertvoll.\*\*\*) Es ist nun sicherlich sehr wirkungsvoll, wenn man einige hieher gehörige Objekte projiziert, aber man kann diese Methode als eine für die Botanik und Zoologie nicht besonders wertvolle bezeichnen, wie an anderer Stelle (S. 108) ausführlich begründet worden ist. Trotz eines Kühlapparates gehen die Präparate leicht zu Grunde, manche fangen, wenn die Projektion etwas länger dauert, förmlich zu kochen an u. s. w. Um aber ein paar Beispiele vorzuführen, braucht man keinen

eigenen Ansatz anzuschaffen, sondern verwendet das Mikroskop selbst. Zu diesem Zwecke kann man auf zweierlei Art zu Werke gehen. Hat das Mikroskop umlegbaren Oberteil, so neigt man es um  $90^{\circ}$  und entfernt den unter dem Objektische befindlichen Spiegel. Das Präparat wird mit den Tisch-

\*) Die Projektion mikroskopischer Objekte wurde im Abschnitte II unseres Buches, S. 107 ausführlich erörtert; hier wird sie nur so weit behandelt, als sie im physikalischen Unterricht vorzunehmen sein wird.

\*\*) Vgl. Seite 13. Zu beziehen von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof. Preis Mk. 45.—. — Auch zu den Versuchen über Polarisation ist ein Kühler sehr notwendig, damit verkittete Nikolsche Prismen u. s. w. durch die Hitze nicht Schaden leiden. Zur Füllung verwendet man destilliertes, völlig luftfreies Wasser, wenn man nicht fließendes Wasser verwenden kann. Eine Alaunlösung bietet gegenüber von stehendem Wasser keine Vorteile.



klemmen auf dem Objektische festgehalten. An den Tubus des Mikroskops wird das Objektiv für schwächste Vergrößerung (welches natürlich eine etwas größere Linsenöffnung hat) angeschraubt; ein Okular kommt gewöhnlich nicht zur Verwendung. Nun erzeugt man mit den Kondensorenlinen einen

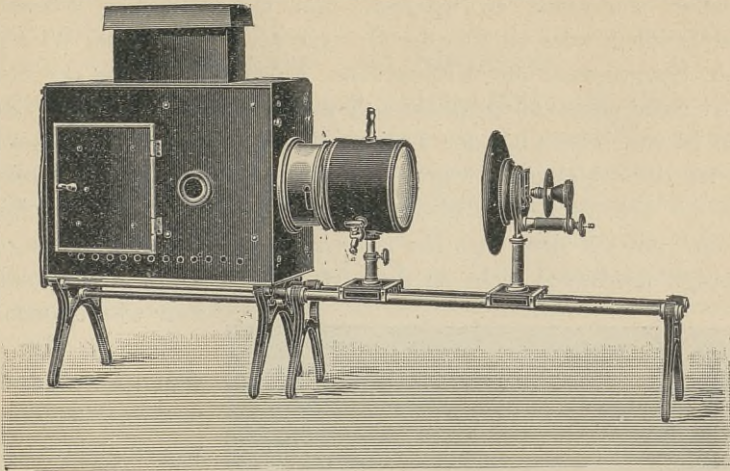


Fig. 217. Schulprojektionsapparat Type NOR 2 von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof, eingerichtet für Projektion mikroskopischer Objekte mit eingeschalteter Wasserkühlkammer. —  $\frac{1}{12}$  nat. Gr.

ziemlich schlanken konvergenten Lichtkegel und stellt das Mikroskopstativ auf einem passenden Unterlagstische so vor die Linsen, daß der Lichtkegel das Präparat durchsetzt, aber das letztere schon beträchtlich vor dem eigentlichen Konvergenzpunkt zu stehen kommt und der Lichtkegel nun auch in das Mikroskopobjektiv eintritt. Die Einstellung erfolgt mit der Mikrometerschraube des Stativs.\*)

Eine zweite Methode ist die, daß man das vertikal stehende Mikroskop so vor dem Kondensator aufstellt (Fig. 218), daß der unter  $45^\circ$  geneigte Beleuchtungsplanspiegel den etwas schlanken Lichtkegel der Kondensorenlinen nach aufwärts durch das Präparat  $p$  in das Mikroskopobjektiv leitet. Das Bild wird dabei entweder auf die Saaldecke projiziert oder man legt auf den Rohrtubus ein gleichschenkelig-rechtwinkliges Reflexionsprisma, welches das Licht in wagrechter Richtung nach dem Projektionsschirme wirft.

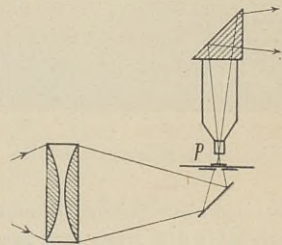


Fig. 218. Projektion mit Hilfe des Mikroskops.

\*) Bei längerer Versuchsdauer könnte auch die Verkittung der Objektivlinsen Schaden nehmen; man beachte diesen Umstand daher sorgsam und verwende die am Objektische befindlichen Blenden, um nicht allzu viele Licht- und Wärmestrahlen auf das Objektiv fallen zu lassen.



Bei beiden Anordnungen macht das Zentrieren der Lichtquelle einem geübten Experimentator nicht mehr Schwierigkeiten, als auch bei einem eigentlichen Ansatz für Mikroprojektion überwunden werden müssen.

Es empfiehlt sich, zu diesen Versuchen einige minder wertvolle Präparate anzuschaffen oder selbst zu machen. Am besten wirken Übersichtsbilder (z. B. die Mundteile oder ein Fuß der Honigbiene, der Kopf einer Wiesenschnake, ein Floh, Spinnwarzen der Kreuzspinne, Flügel und Rüssel der Stubenfliege u. dgl.). Sehr effektiv gestaltet sich die Kristallisation einer Salzlösung. Dieselbe ist am besten bei der zweiten Methode der Versuchsanordnung zu zeigen, wo der Objektisch wagrecht liegt. Man bringt dazu einfach einen Tropfen der betreffenden Salzlösung auf einen rein geputzten Objektträger und breitet ihn auf dem letzteren mit einem Glasstäbchen derartig aus, daß die Flüssigkeitsschicht nicht zu dick ist. Die Wärme des Lichtkegels ist

nun willkommen und beschleunigt den Verdunstungsprozeß des Lösungsmittels. Als Stoffe möchten wir empfehlen: Kupfersulfat, Kochsalz, Fixiernatron, Kaliumpermanganat, Zinksulfat, Ammoniumbichromat, Salmiak, gelbes Blutlaugensalz, Kalziumoxalat, Harnstoff.

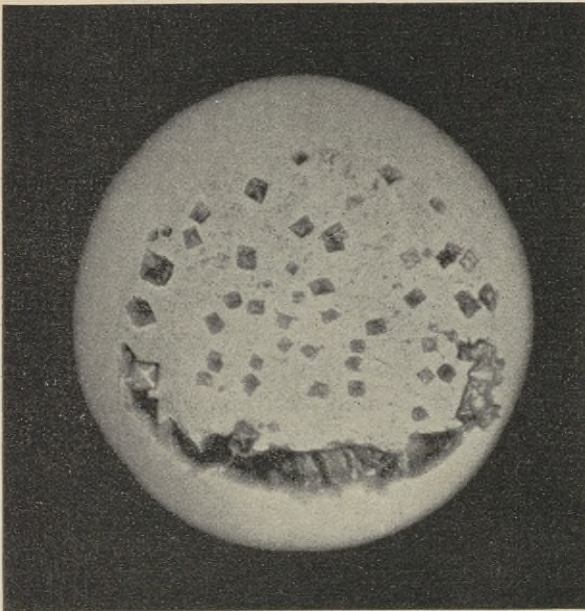


Fig. 219. Kochsalzkristalle, aus Gelatine auskristallisiert.

bei manchen Salzen eisblumenartige Kristallgebilde, die sich prächtig projizieren lassen. Die Fig. 219 zeigt derartige Kristalle (Kochsalz); vgl. auch Fig. 301 auf S. 307.

Dr. St. Meyer, „Über das Wachstum der Kristalle“ (Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, XLIII. Bd. 1902/3, S. 151) tränkt ausfixierte und gewaschene photographische Platten mit Salzlösungen (Salmiak, Ammoniumbichromat etc.) und läßt sie hierauf trocknen; es bilden sich in der Gelatine sehr schöne,

## 24. Versuch über Körperfarben.

Ein möglichst buntes größeres Bild — etwa eine in recht lebhaften Farben ausgeführte botanische Tafel — wird mit dem Skioptikon beleuchtet, in welchem man eine mit Kochsalz ausgefüllte Dochtkohle (vgl. Absatz 17) eingesetzt hat. Die Kohlen werden dabei möglichst weit von einander entfernt, so daß der Lichtbogen intensiv gelb gefärbt ist. Die Farbenwerte



erscheinen dabei wesentlich verändert; aus einem schönen grellen Rot wird ein häßliches Braun, lebhaftes Blau erscheint fast schwarz. Der Versuch dürfte mit Rücksicht auf die starke Verbreitung des grellen, aber vom ästhetischen Standpunkte aus sehr unerfreulichen „Bremerlichtes“ nicht ganz überflüssig sein.

## 25. Morgen- und Abendröte

erklärt durch die **Erscheinung an „trüben Mitteln“**. Vor den Kondensor des Skioptikons setzt man eine größere, die ganze Fläche der Kondensorlinsen überdeckende Kuvette\*) mit reinem Wasser und entwirft mit dem Objektiv auf dem Schirme eine reine weiße Lichtscheibe. Setzt man nun tropfenweise unter fleißigem Umrühren dem Wasser etwas alkoholische Mastixlösung zu, so färbt sich das Gesichtsfeld immer intensiver orange gelb bis rot, während der Inhalt der Kuvette, von vorne gesehen, hell bläulich erscheint.\*\*)

## 26. Fresnels Spiegelversuch.

Dieser Versuch, der unbestritten ein bedeutsames historisches Interesse besitzt, sollte eigentlich im physikalischen Unterricht übergangen werden, da — wie ja mehrfach festgestellt wurde — bei ihm auch Diffraktionserscheinungen komplizierter Art in Betracht kommen.\*\*\*) Dazu kommt, daß die Erscheinung bei diesem Versuche — auch bei Verwendung der objektiven Darstellung — aus größerer Entfernung nicht mehr deutlich sichtbar ist und es nötig wird, daß man die Schüler an den Schirm herantreten lasse. Zudem hat man in den in den nächsten Absätzen beschriebenen Gruppen von Interferenzerscheinungen einen vorzüglichen Ersatz für den Spiegelversuch. Weil der letztere aber doch viele Anhänger hat, möge eine Anleitung zu seiner Anstellung hier ihren Platz finden.

Da mit dem bekannten Spiegelapparat, bei welchem das Spiegelpaar durch ein Scharnier verbunden ist, sich nur bei ganz vorzüglicher Ausführung sichere Erfolge erzielen lassen, empfiehlt sich folgende Methode: Auf ein recht glatt gehobeltes, mattschwarz gebeiztes Klötzchen, dessen Vorderfläche (Fig. 220) 5 cm : 13 cm mißt, werden vier Kügelchen aus Klebwachs (Wachs mit ein Drittel bis einhalb seines Gewichtes Terpentin), wie die Figur andeutet, angeklebt. Auf dieses legt man die beiden aus einem Stück Spiegelglas geschnittenen, an der Rückseite geschwärzten Spiegel (a, b) so, daß sie mit ihrer recht geraden Schnittkante aneinanderstoßen (Fig. 220), und bedeckt das ganze mit einem Streifen nicht zu dicken Spiegelglases. Über die Gerade, wo beide Spiegel aneinanderstoßen, streicht man mit dem

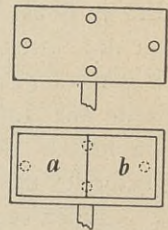


Fig 220. Herstellung eines Spiegelpaares zum Fresnelschen Versuche.

\*) Ist die Kuvette zu klein, so schalte man eine kreisrunde Blende vor.

\*\*) Vgl. K. Rosenberg, Physik für Oberklassen, S. 442.

\*\*\*) Chwolson, Lehrbuch der Physik II., S. 744.



Fingernagel. Die dadurch erreichte Durchbiegung des Spiegelglasstreifens genügt, um den beiden Spiegeln die erforderliche geringe Neigung zu geben. Letztere darf aber nicht größer sein, als daß man eine 7—15 m entfernte Fensterspange auf beiden Spiegeln gerade noch doppelt sieht. Auch darf keiner der Spiegel über den anderen hervorragen, wovon man sich durch das Gefühl mit dem Fingerballen überzeugt. Zur Anstellung des Versuches wird das Spiegelsystem in etwa 2 m Entfernung von einem vertikalen Spalte *s* (Fig. 221) des Skioptikons so aufgestellt, daß die Schnittkante der Spiegel genau parallel zum Spalte steht und der Lichteinfall ein möglichst streifender ist, worauf man die Interferenzstreifen auf einem, in einigen

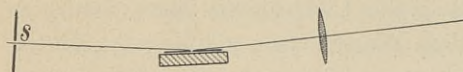


Fig. 221. Anordnung zum Fresnelschen Interferenzversuch.

Metern Entfernung aufgestellten Schirme auffangen kann. Bei Vorhalten eines roten oder blauen Lichtfilters werden die Streifen einfarbig und liegen bei Blau dichter als bei Rot.

Ernecke konstruiert zu seinem Skioptikon Type NOR 2 einen Spiegelapparat, den Fig. 222 zeigt.\*) Bei demselben sind der regulierbare Spalt und der Spiegel in ihrer gegenseitigen Lage und auch schon unter dem richtigen Winkel fixiert, so daß die bei der früher beschriebenen Anordnung angegebene Parallelstellung von Spalt und Spiegelkante erspart bleibt. Die mittlere Blende *b* dient zum Abblenden des direkten Spaltbildes. Die Neigung der Spiegel (und damit die Breite der Interferenzstreifen) läßt sich mittels der Schraube *R*<sub>2</sub>, die Spaltbreite mit *R*<sub>1</sub> regulieren.

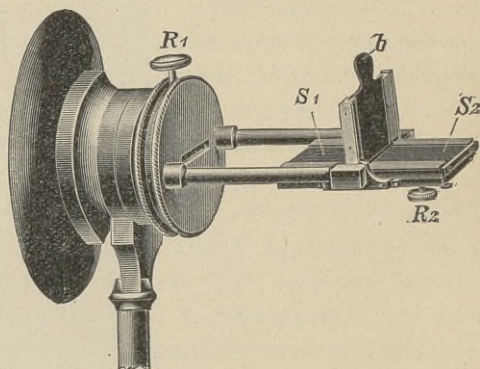


Fig. 222. Fresnels Spiegelapparat zum Schulprojektionsapparate Type NOR 2 von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof.  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Einen sehr schönen Ersatz für den Fresnelschen Spiegelversuch beschreibt J. Classen.\*\*\*) Die Versuchsanordnung hat Ähnlichkeit mit den von Brewster zuerst angestellten, von Jamin, Mascart, Lummer Zehnder und anderen abgeänderten Interferenzversuchen,\*\*\*) am meisten mit dem Jaminschen Interferenzrefraktometer. Von einem kreisrunden Diaphragma *d* (Fig. 223) von etwa 4 mm Durchmesser, hinter welchem möglichst nahe die Kohlenspitzen der elektrischen Lampe angebracht sind, geht ein Lichtkegel auf die Spiegelglasplatte *I* und trifft dieselbe unter 45°. Ein Teil des Lichtes passiert die Platte und wird durch den Schirm *s* abgeblendet. Der abprallende Teil

\*) Preis Mk. 75.—.

\*\*) Zwölf Vorlesungen über die Natur des Lichtes. Leipzig, Göschen, 1905, S. 47 ff.

\*\*\*) Chwolson, Lehrbuch der Physik II., S. 771 ff.



trifft eine zweite, genau gleich dicke (von demselben Stück abgeschnittene) zur ersten Platte parallel stehende Spiegelglasplatte *II*. Der von ihr reflektierte Lichtteil trifft den Schirm und erzeugt dort ein helles Feld, vielleicht von der rechteckigen Gestalt der Glasplatten, falls die Fläche der zweiten in ihrer ganzen Ausdehnung vom Lichte getroffen wird. Wird nun die Platte *II* etwas um eine horizontale (in Fig. 223 in der Papierebene zu denkende) Achse *xy* geneigt, so treten in dem vorhin erwähnten Lichtfelde auf dem Schirme wagrechte Interferenzstreifen auf, die um so näher rücken, je stärker die Neigung genommen wird. Da die Erscheinung sehr lichtstark ist, kann der früher erwähnte Versuch mit einem roten und einem blauen Lichtfilter einem großen Auditorium sehr schön demonstriert werden. Hinsichtlich der Erklärung des Versuches muß auf die zitierte Schrift verwiesen werden.

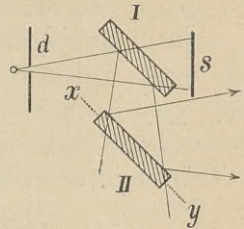


Fig. 223. Interferenzversuch nach J. Classen.

## 27. Farben dünner Blättchen.

Die hierher gehörigen Versuche bieten die instruktivsten Beispiele für die Interferenz des Lichtes und gewähren den Vorteil, an Erscheinungen anzuknüpfen, die aus dem täglichen Leben bekannt sind.\*) Den Ausgangspunkt bilden die Farben einer Seifenblase. Wenn diese Farben auch ohne weitere Vorbereitung direkt im Tageslichte gut sichtbar sind, ist es vielleicht doch von Interesse, die Erscheinung zu projizieren. Hierzu bläst man an einem ganz wenig trichterförmig erweiterten Glasröhrchen, an welches ein Kautschukschlauch angesteckt ist, eine Seifenblase auf und bringt sie vor die Beleuchtungslinsen des Skioptikons. Am besten ist es dabei, das Röhrchen in vertikaler Lage mittels eines Retortenhalters in einer Entfernung von einigen Zentimetern vor dem Kondensator aufzustellen und mit dem Projektionsobjektiv auf dem Schirm ein scharfes Bild des Trichterendes zu entwerfen. Hierauf bringt man ein kleines Schälchen mit Seifenlösung\*\*\*) unter das Aufblasröhrchen und hebt das Schälchen so hoch, daß das Röhrenende gut mit Seifenlösung benetzt wird. Darauf wird nach dem Entfernen des Schälchens die Seifenblase auf etwa 4 *cm* Durchmesser aufgeblasen und der Kautschukschlauch durch einen Quetschhahn geschlossen, damit die Blase ihre Größe behält. Sie zeigt nun, falls sie nicht zu dickwandig ist,\*\*\*) bereits Interferenzfarben in durchgelassenem Lichte. Da sie aber nach einiger Zeit durch das Herabfließen der Flüssigkeit vom Ende der

\*) Über die Erklärung der Versuche vgl. K. Rosenberg, Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen, S. 436.

\*\*) Über die Herstellung brauchbarer Seifenlösung siehe S. 256.

\*\*\*) Es ist gut, die erste (manchmal auch eine zweite) Seifenblase mittels eines in Seifenlösung getauchten Drahringes (Fig. 224) vom Röhrchen abzuziehen und ohne von neuem einzutauchen, sofort eine neue aufzublasen.





Fig. 224.  
Drahtring für  
Interferenzstreifen,  
Seifenlamel-  
len.

Anblasröhre her immer dünnwandiger wird, zeigen sich von diesem Teile her farbige Interferenzstreifen, worauf dann die Blase bald zerplatzt. Zu einem weiteren Versuche verwendet man einen Drahtring (Fig. 224) aus recht blankem Kupfer- oder Aluminiumdrahte von etwa 1—2 mm Stärke. Man taucht denselben in Seifenlösung und projiziert die entstandene Lamelle. Da dieselbe in vertikaler Lage vor den Kondensorenlinen gehalten wird, fließt gleichfalls die Lösung immer mehr nach unten und bald zeigen sich vom oberen Ende weg wagrecht verlaufende farbige Interferenzstreifen, bis die Lamelle daselbst zu dünn ist und infolge der Abdunstung des Lösungswassers platzt.

Durch diese Versuche ist das Verständnis für die bekannte Erscheinung am **Newtonschen Farbenglas** vorbereitet. Diese Erscheinung wird nach der Methode des „Megaskops“ folgendermaßen projiziert. Vor die auf paralleles Licht gestellten Kondensorenlinen kommt (Fig. 225, welche die An-

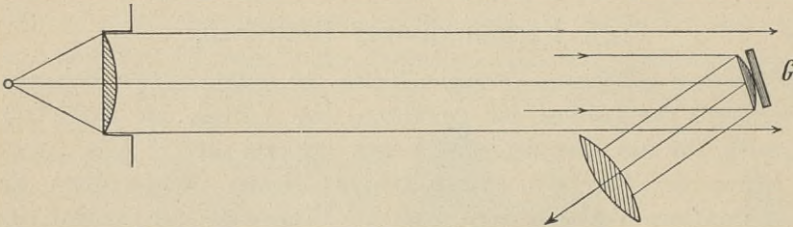


Fig. 225. Projektion des Newtonschen Farbenglases.

ordnung von oben andeutet) das Newtonsche Farbenglas *G*. In das davon abprallende Lichtbündel bringen wir eine Linse und entwerfen mit ihr auf einem Schirme, der normal zur Richtung des Pfeiles in einer Entfernung von einigen Metern aufgestellt ist, ein vergrößertes Bild. Die Farbenringe zeigen sich sehr schön, auch die glänzende Messingfassung des Apparates bildet sich sehr wirkungsvoll ab. \*) Man zeigt nun, daß durch stärkere Pressung die Ringradien wachsen. Ferner bringt man vor den Kondensor abwechselnd die Hälften eines rotblauen Doppelglases (Fig. 226). Man sieht beim Wechsel blau in rot die Ringe wachsen (sich förmlich aufblähen). — Bringt man an die Stelle des Newtonschen Farbenglases eine Seifenlamelle, so erscheint dieselbe in den Interferenzfarben des auffallenden Lichtes.

Beleuchtet man das Farbenglas mit Natriumlicht (vgl. Absatz 24, S. 228), so zeigt es sehr viele, immer enger aneinander-rückende Ringe.

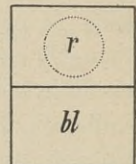


Fig. 226. Farbige Doppelplatte für Interferenzversuche.

\*) In diesem Falle ist das „episkopisch projizierte“ Bild sehr lichtstark, da das in allen Teilen glatt polierte Newtonsche Glas mit seiner Fassung sehr viel Licht auf die Linse reflektiert, während andere episkopisch projizierte Objekte (Photographien und Zeichnungen auf Papier etc.) das Licht nach allen Seiten diffundieren und daher viel lichtschwächer werden.



Über die Verwendung des „Universalprojektionsapparates“ von E. Leybolds Nachfolger in Köln zu diesem Versuche wurde bereits auf S. 196 gesprochen und ist nach dem eben Gesagten hiezu nichts mehr beizufügen.\*)

Bekanntlich können die Ringe auch in durchgelassenem Lichte projiziert werden. Dazu bringt man das Newtonsche Farbenglas an jene Stelle vor den Kondensorlinsen, wo man Photogramme einzuschieben pflegt und projiziert entweder ohne oder mit einem Objektiv. Bedeckt man dabei das Farbenglas mit zwei Blechen, die einen Spalt freilassen, der die Lage eines Durchmessers der Farbenringe einnimmt, so enthält man davon auf dem Schirme ein Spaltbild, welches von aus den Newtonschen Ringen herausgeschnittenen farbigen Streifen durchzogen ist. Durch ein Prisma, dessen brechende Kante dem Spalte parallel steht (am besten wird ein geradsichtiges vor dem Objektiv aufzustellendes Prisma verwendet), läßt sich das durchgehende Licht analysieren. Man erhält die bekannten gekrümmten dunklen Streifen; bei Verwendung eines Beugungsgitters statt des Prismas werden diese schwarzen Streifen geradlinig.

## 28. Versuche über die Beugung des Lichtes.

Aus dem überreichen Gebiete dieser Versuche sollen nur jene herausgegriffen werden, welche für den Unterricht an höheren Anstalten wichtig und notwendig, aber auch hinreichend sind.

Zunächst ist als **Fundamentalversuch die Beugung durch eine Spalte** zu betrachten. Vor den auf paralleles Licht eingestellten Kondensor kommt ein vertikaler Spalt von etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 *mm* Breite. Von diesem Spalte entwirft man mit einer achromatischen Linse von etwa 50 bis 80 *cm* Brennweite auf einem 3—6 *m* weit entfernten weißen Schirme ein sehr scharfes Bild. Darauf stellt man zwischen Linse und Schirm, und zwar dort, wo die Lichtstrahlen sich überkreuzen, eine zweite regulierbare Spalte parallel zur ersten Spalte auf. Ist diese zweite Spalte ziemlich weit, so wird die Lichtstärke des Spaltbildes höchstens unmerklich verringert. Wenn man aber darauf die zweite Spalte enger stellt, so treten rechts und links vom Spaltbild die farbigen Interferenzstreifen auf, welche um so weiter auseinanderücken, je enger die Spalte gestellt wird. Die Erscheinung ist wohl ziemlich lichtschwach, so daß man die Schüler gruppenweise an den Schirm treten lassen muß. Es empfiehlt sich daher die Verwendung eines transparenten Schirmes, hinter dem die Schüler vorbei passieren.

Wie schon dieser einfache Versuch zu einer rohen Messung der Wellenlänge auszunützen ist, ist bekannt. Die Breite *s* der zweiten Spalte müßte dann durch eine Mikro-

---

\*) Auch zu Erneckes Projektionsapparat, Type NOR II, wird ein zum Horizontalapparat passendes Einsatzblech (Preis Mk. 2.65) für diesen Versuch geliefert. — Newtons Farbenglas in Messingfassung mit drei Preßschrauben, Durchmesser  $8\frac{1}{2}$  *cm*, kann daselbst zum Preise von Mk. 22.— bezogen werden.



meterschraube ausmeßbar sein; ist dann bei Vorschaltung eines roten Lichtfilters die halbe Entfernung der beiden ersten roten Streifen voneinander gleich  $b$  und  $e$  die Entfernung des regulierbaren Spaltes vom Schirme, so ist  $\lambda_r = \frac{s}{e} \cdot b$ .

In analoger Weise läßt sich die **Beugungserscheinung an einer runden Öffnung** objektiv zeigen. An Stelle der ersten Spalte wird ein kreisrundes Diaphragma von 2 mm Durchmesser, an Stelle der zweiten Spalte ein eben solches von 1 mm Durchmesser verwendet. Die konzentrischen farbigen Säume um das weiße Bild der Öffnung sind aber weniger scharf und hell als bei dem Versuche mit einer Spalte.

Eine einfache Abänderung und Verbesserung des Beugungsversuches hat v. Lommel angegeben. Eine Spiegelglasplatte wird mit Tusche geschwärzt bis auf zwei 6 mm breite und 12 mm voneinander abstehende, blanke Streifen. Wie bei dem zuerst beschriebenen Versuche wird von einem dicht vor dem Kondensator befindlichen Spalte ein scharfes Bild auf dem Schirme entworfen und dann die Glasplatte bei vertikaler Stellung der blank gelassenen Streifen so in den Gang der Lichtstrahlen gestellt, daß diese fast streifend (mit 85—88° Einfallswinkel) die Glasplatte treffen. Die reflektierten Strahlen bilden auf dem Schirme nach der Reflexion einen Lichtfleck, der von sehr scharfen und kräftigen Interferenzstreifen durchzogen ist, welche bei wachsendem Einfallswinkel des Lichtes immer näher zusammenrücken. Da die Erscheinung viel lichtstärker als die zuerst beschriebene ist, kann hier besser als früher durch Vorschaltung eines roten und eines blauen Lichtfilters gezeigt werden, daß der Abstand des ersten schwarzen Streifens von der Mitte des Bildes bei rotem Lichte größer ist als beim blauen. Da nun der erste dunkle Streifen immer dort entsteht, wo der Gangunterschied der beiden zusammenwirkenden Strahlen eine halbe Wellenlänge beträgt, ist damit unmittelbar gezeigt, daß die Wellenlänge des roten Lichtes größer ist als jene des blauen Lichtes (vgl. auch die vorigen Absätze).

An die geschilderten Versuche reihen sich jene mit einem in Glas geritzten **Gitter**.\*) Der Versuch wird genau ebenso wie jener mit einer Spalte angeordnet, wobei einfach die letztere durch das Gitter zu ersetzen ist. Je enger die Linien des Gitters stehen, desto breiter rücken die Interferenzstreifen auseinander, bis endlich deutliche Spektren entstehen. Um die letzteren darzustellen, verwendet man entweder ein Nobertsches Gitter oder eine photographische oder auf anderem Wege angefertigte Kopie eines Rowlandschen Gitters.\*\*\*) Bei diesen Versuchen ist wieder gelegentlich die eine

\*) E. Leybolds Nachfolger in Köln liefert eine Serie von vier auf Glas geritzten Gittern, deren Konstanten, bezw. 1·0, 0·5, 0·2 und 0·1 sind, die aber auf ihrer Breite von 30 mm bezw. 30, 60, 150, 300 Linien haben, zum Preise von Mk. 30.—.

\*\*) Photographierte Gitterkopien sind zum Preise von Mk. 16.— bis 24.—, Kopien Rowlandscher Gitter zum Preise von Mk. 30.— bis 70.— im Handel zu haben (Bezugsquelle: Max Kohl in Chemnitz).



Hälfte des Spaltes mit rotem, die andere mit blauem Glase zu bedecken. Die Bestimmung von Wellenlängen liefert hier bei bekannter „Gitterbreite“  $\gamma$  sehr genaue Resultate, wobei man am einfachsten den Lichtbogen durch Natrium färbt und den halben Abstand  $b$  der beiden ersten Natriumstreifen voneinander sowie die Entfernung  $e$  des Gitters vom Schirme ausmißt. Es ist dann:  $\lambda = \frac{\gamma}{e} \cdot b$ .

Bei Anwendung einer kreisrunden Öffnung statt des Spaltes und eines auf Glas geritzten Kreisgitters (Preis ca. Mk. 30.—) erhält man sehr schöne kreisrunde Beugungsringe. Wenn man statt des Kreisgitters eine recht gleichmäßig mit Bärlappsamen bestäubte Glasplatte\*) anwendet, erhält man das helle Bild der kreisrunden Öffnung gleichfalls mit farbigen Höfen umgeben. Auch auf den prächtigen Versuch mit den „gekreuzten Gittern“ (Preis ca. Mk. 30.—) sei hingewiesen.

## 29. Versuche über Polarisation und Doppelbrechung.

Auch aus diesem umfangreichen Kapitel sollen im folgenden nur jene Versuche eine kurze Besprechung finden, welche für den Unterricht an höheren Anstalten geeignet und ausreichend erscheinen.

Als den für Schüler durchsichtigsten Versuch über Polarisation möchten wir den Spiegelversuch von Malus bezeichnen. Freilich macht seine räumliche Anordnung, wie in jüngster Zeit wieder E. Grimsehl hervorgehoben hat,\*\*) nicht geringe Schwierigkeiten. Man wird daher, nachdem man den Schülern die ursprüngliche Form der Ausführung des Versuches an einer schematischen Figur erläutert\*\*\*) und sie auf die Unbequemlichkeit der Ausführung aufmerksam gemacht hat, darauf hinweisen, daß man durch

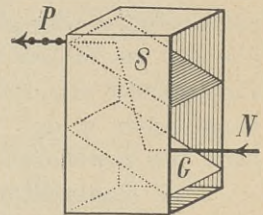


Fig. 227. Einfacher Polarisor.

Verbindung von Amalgamspiegeln mit den polarisierenden, bezw. analysierenden schwarzen Spiegeln, diese Nachteile beseitigen kann. Derartige Kombinationen, welche von Delezenne herrühren, sind seit längerer Zeit schon durch das Lehrbuch der Physik von Müller-Pouillet-Pfaundler (II. Band, bearbeitet von O. Lummer) bekannt geworden und wurden von E. Grimsehl\*) und H. Reiff†) in sehr praktische Formen gebracht. Ihr Prinzip soll, da sie gerade für Projektionen mit dem Skioptikon sehr geeignet erscheinen, hier in Kürze erläutert werden.

\*) Vor dem Bestäuben ganz schwach mit Vaseline einreiben und dann gut abwischen. Klebt man auf die Ränder der bestäubten Glasplatte dünne Kartonstreifen und bedeckt sie mit einem Deckglase, das in der bekannten Weise ähnlich wie die Projektionsdiapositive an den Rändern überklebt wird, so ist die Platte ein für allemal zu dem Versuche vorbereitet. Der Versuch ist sehr instruktiv, um die bekannten Beugungsringe um die Straßenlaternen, die man durch Glasfenster bei großer Kälte betrachtet, zu erklären.

\*\*\*) P. Z., XVIII., 1905, S. 321 ff.

\*) K. Rosenberg, Lehrbuch d. Physik f. d. oberen Klassen, S. 443.

†) P. Z. XIX., 1906, S. 28.



Ein einfacher **Polarisator** besteht (Fig. 227) aus einer Art Holzrahmen, welcher, wie die Figur erkennen läßt, unter  $33^\circ$  gegen die horizontale Grundfläche geneigt, je einen Amalgamspiegel  $G$  und einen an der Rückseite geschwärzten Spiegel  $S$  enthält. Seine Dimensionen wären so zu wählen, daß der Amalgamspiegel den ganzen Parallelstrahlenzylinder, der aus dem Kondensator austritt, bequem aufnimmt und auf den schwarzen Spiegel\*) abgibt. Es ist also die Länge der Spiegel reichlich mit  $2d$ , die Breite reichlich mit  $d$  zu bemessen, worin  $d$  den Durchmesser des Kondensators bedeutet. Mit Hilfe eines Tischlers und eines Glasers kann man sich diesen einfachen Apparat sehr billig selbst herstellen. Falls es störend empfunden werden

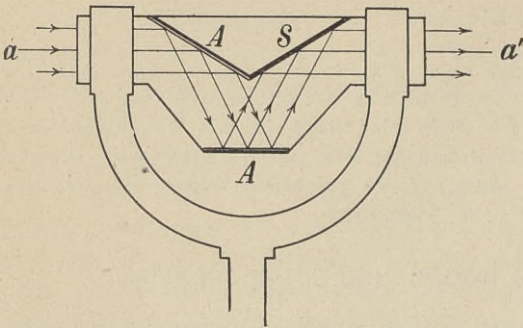


Fig. 228. Drehbarer Analysator nach H. Reiff.

sollte, daß der polarisierte Lichtzylinder gegenüber dem ursprünglichen parallel nach aufwärts oder abwärts verschoben wird, braucht man das Kästchen nur um  $90^\circ$  zu drehen und auf eine seiner Seitenwände aufzustellen;\*\*) der Lichtzylinder erfährt dann nur eine horizontale Parallelverschiebung und man kann Linsen u. dgl. in derselben Stativhöhe wie gewöhnlich benützen.

Als **Analysator** empfehlen wir ein ähnliches Spiegelsystem nach H. Reiff (vgl. S. 250). Dasselbe ist aus der Fig. 228 wohl ohne weiteres klar.  $AA$  sind Amalgamspiegel,  $S$  ist ein schwarzer Spiegel. Es läßt sich, ohne eine Richtungsänderung des Lichtes herbeizuführen, um  $aa'$  als Achse drehen.\*\*\*)

Die Ausführung des Spiegelversuches ist nach dem Gesagten wohl von selbst klar.

Grimsehl hat den Spiegelapparaten die aus Fig. 229 ersichtliche Form gegeben. M. Kohl erzeugt dieselben zum Preise von Mk. 22.—. Wo die Parallelverschiebung nicht stört oder überhaupt während des Versuches keine Drehung nötig wird, sind sie ganz vorzüglich geeignet. Diese billigen Apparate ersetzen für Schulzwecke die größeren

Kondensator austritt, bequem aufnimmt und auf den schwarzen Spiegel\*) abgibt. Es ist also die Länge der Spiegel reichlich mit  $2d$ , die Breite reichlich mit  $d$  zu bemessen, worin  $d$  den Durchmesser des Kondensators bedeutet. Mit Hilfe eines Tischlers und eines Glasers kann man sich diesen einfachen Apparat sehr billig selbst herstellen. Falls es störend empfunden werden

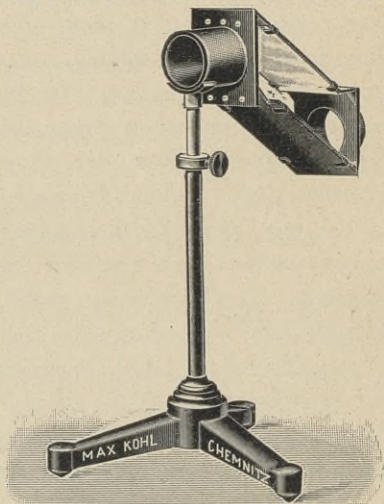


Fig. 229. Einfacher Polarisator nach Grimsehl, ausgeführt von M. Kohl in Chemnitz.

\*) Spiegelglasplatte, an der Rückseite mit schwarzem Asphaltlack bestrichen.

\*\*) Auf ein Stativtischehen.

\*\*\*) Dasselbe wird von Arthur Pfeiffer in Wetzlar sowie von Dr. von Steeg und Reuter, Homburg v. H. geliefert.



und daher kostspieligen Nikolschen Prismen in ganz ausreichender Weise. — Ed. Liesegang in Düsseldorf ordnete eine dem Reiff'schen Spiegelsystem ähnliche Spiegelkombination in einem hölzernen „Polarisationskasten“ (Fig. 230) als geradsichtigen Polarisator an, welcher in Kombination mit einem als Analysator dienenden Nikolschen Prisma an dem „Universal-Projektionsapparat“ der genannten Firma (vgl. S. 77) zur Verwendung kommt. (Preis des Polarisationskastens Mk. 90.—).

Einen sehr sinnreichen Analysator\*) beschreibt Grimsehl a. a. O. Eine aus vier dreieckigen schwarzen Glasplatten zusammengesetzte quadratische Glaspypamide ist mit ihrer Grundfläche in der Mitte eines kreisförmigen weißen Schirmes so aufgesetzt, daß sie sich von hinten um ihre Achse drehen läßt (Fig. 231). Der Neigungswinkel der Seitenflächen zum Schirme beträgt  $57^{\circ}$ , so daß ein mit einem der Apparate Fig. 227 oder Fig. 228 erzeugtes Parallelstrahlenbündel polarisierten Lichtes\*\*) die Seitenflächen unter dem Polarisationswinkel trifft. Dabei werden, wenn eine Seitenfläche der Pyramide zum polarisierenden Spiegel parallel, die gegenüberliegende Seitenfläche daher

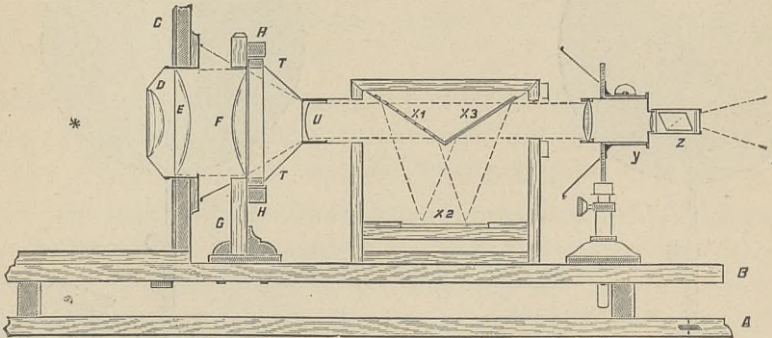


Fig. 230. Apparatzusammenstellung für Polarisationsversuche mit E. Liesegangs Universalprojektionsapparat. *D, E, F* = Kondensorenlinen, *r* = konisches Rohr mit Konkavlinse *U*.  $x_1$  und  $x_2$  = Amalgamspiegel,  $x_3$  = schwarzer Spiegel, alle drei Spiegel montiert in dem „Polarisationskasten“, *y* = Projektionsobjektiv, *z* = Nikolsches Prisma.

zu demselben antiparallel steht, von diesen beiden Flächen auf den Schirm helle Lichtflecke in Dreiecksform auffallen, während die beiden anderen Seitenflächen kein Licht reflektieren. Es empfiehlt sich, zwischen Polarisator und Analysator einen Pappeschirm mit einer quadratischen Öffnung von der Größe der Pyramidenbasis so aufzustellen, daß auf den Schirm des Analysators (Fig. 231) kein direktes Licht vom Polarisator auffällt. Die sehr lehrreiche Erscheinung, die eintritt, wenn die Spiegelpyramide um ihre Höhe als Achse gedreht wird, ist selbstverständlich.\*\*\*) Ersetzt man die Spiegel-

\*) Preis bei M. Kohl Mk. 32.— samt einer statt der Pyramide einzusetzenden schwarzen Glaskugel.

\*\*) Verwendet man den Apparat Fig. 228 bei diesem Versuche als Polarisator, so kann man die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes, ohne an der Einstellung der Pyramide des Apparates Fig. 231 etwas zu ändern, in verschiedene Lagen bringen.

\*\*\*) Grimsehl beschreibt a. a. O. ein zu ihrer Erklärung dienendes, auch sonst sehr wertvolle Verwendung gestattendes mechanisches Modell.



pyramide durch eine kleine schwarze Glaskugel und leitet auf dieselbe polarisiertes Licht in achsialer Richtung — wieder unter Zwischenschaltung einer passenden Blende, damit nur die Kugel und nicht auch die umliegenden Partien des Schirmes beleuchtet werden — so zeigt sich die in Fig. 232 dargestellte Erscheinung. (Die vorhin durch Drehung der Spiegelpyramide vorgeführte Erscheinung wird nun gleichsam auf einmal nach allen Richtungen hin sichtbar gemacht.) Der Versuch erscheint wichtig, um eine bereits von Angström herrührende, von anderen Physikern, unter anderem auch Lallemand, weiter entwickelte Methode zu erläutern, die Schwingungsebene polarisierten Lichtes mit Hilfe der Diffusion des Lichtes sichtbar zu machen.\*)

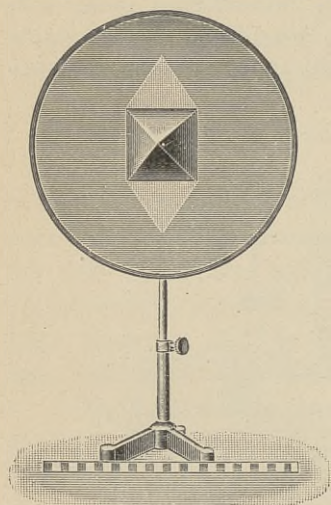


Fig. 231. Analysator mit Spiegelpyramide nach E. Grimsehl, ausgeführt von M. Kohl in Chemnitz.

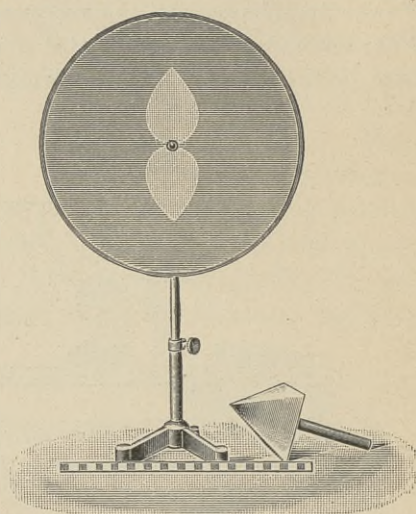


Fig. 232. Analysator mit schwarzer Glaskugel nach E. Grimsehl, ausgeführt von M. Kohl in Chemnitz.

Trübt man nämlich das in einer durch ebene Glasplatten abgeschlossenen, weiteren Glasröhre\*\*) befindliche Wasser durch etwas alkoholische Mastixlösung und leitet polarisiertes Licht in der Längsrichtung der Röhre ein, so wirkt jedes trübende Mastixteilchen ähnlich wie früher die Glaskugel. Infolgedessen erscheint das Rohr nur in jener Ebene hell, deren Lage mit der Reflexionsebene des Polarisators übereinstimmt.

Die **Polarisation durch Brechung** läßt sich in der bekannten Weise mit einem Glasplattensatze zeigen. Für diesen (und viele andere Polarisationsversuche) erweist sich wieder eine Konkavlinse, welche das konvergente Bündel des Kondensors parallel macht (vgl. S. 205), vorzüglich geeignet.

\*) Vgl. J. Dechant in P. Z. VIII., S. 78.

\*\*) Preis bei M. Kohl Mk. 27.50.



Für die Grunderscheinung der Doppelbrechung benützt man am besten ein etwas größeres Doppelspat-Spaltungsrhomboeder, welches in einer zylindrischen Hülse mit Kork festgeklemmt ist und mit derselben um die Längsachse der Hülse gedreht werden kann. Vor den Kondensator kommt eine Blechplatte mit einer kleinen kreisrunden Öffnung. Mittels des Objektivs entwirft man ihr scharfes Bild, bringt darauf möglichst dicht vor der Öffnung den Doppelspat (neuerlich scharf einstellen!) und hat nun auf dem Schirme die beiden kreisrunden Lichtbilder. Ist dabei jene Kalkspatfläche, bei der das Licht eintritt, vertikal, so wird bei einer Drehung des Kristalles um den Lichtstrahl als Achse, das eine Lichtbild um das andere herumwandern. Mit dem Analysator (Fig. 228), der vor das Objektiv kommt, weist man nach, daß beide Strahlenbündel rechtwinklig zueinander polarisiert sind.

Anknüpfend an die Erscheinung im Doppelspat und an ihre Erklärung wird in ähnlicher Weise die Vorführung des achromatisierten Kalkspatprismas sowie jene des Nicolschen Prismas erfolgen, worüber wohl nichts weiteres zu sagen ist.

Auch die objektive Vorführung der Polarisation durch Turmalinplatten (ein Paar in Fassungen drehbar, für das Skioptikon eingerichtet, kostet etwa Mk. 40.—), bietet keinerlei Schwierigkeiten. —

Von den Erscheinungen der chromatischen Polarisation werden die Interferenzerscheinungen in parallelem Lichte (Gipsblättchen, Gipskeil, Schmetterlinge u. dgl. aus Gipsblättchen) am einfachsten gezeigt, indem man diese Objekte zwischen die in Fig. 227 und Fig. 228 dargestellten Apparate — ersterer als Polarisator, letzterer als Analysator — aufstellt und mit einer Sammellinse von passender Brennweite ihr vergrößertes Bild auf einen Schirm entwirft. Ganz analog lassen sich die Erscheinungen mit gepreßten und mit rasch gekühlten Gläsern\*) vorführen.

Zur Vorführung der Interferenzerscheinungen in konvergentem Lichte stellt man vor den Polarisator (Fig. 236) eine Sammellinse, die einen ziemlich schlanken Lichtkegel erzeugt. Nahe dem Brennpunkte, aber noch innerhalb der Brennweite, kommt das Kristallobjekt und vor dasselbe — so daß es möglichst von dem ganzen konzentrierten Lichtbündel durchsetzt wird — ein Nicolsches Prisma von möglichst großer Öffnung. (Vgl. S. 226, Fußnote!) Die auf dem Schirme in großem Maßstabe erhaltenen farbigen Figuren des Kalkspats, Kalisalpeters, Aragonites, der verschiedenen Quarzpräparate u. s. w. gehören wohl zu den schönsten Erscheinungen der ganzen Optik.

---

\*) Es sei hier auf die wunderschönen und dabei sehr billigen, rasch gekühlten Gläser hingewiesen, welche über Anregung von Hans Hartl die sehr rührige Glasraffinerie von Joh. Umann in Tiefenbach a. d. Desse, Böhmen, in Handel bringt. — Dieselben sind auch von M. Kohl in Chemnitz zu beziehen.



Den Abschluß bildet ein Versuch über die Drehung der Schwingungsebene durch Zuckerlösung u. dgl. Hier ist wieder die früher (S. 238) erwähnte Glasröhre das anschaulichste Objekt. Sie wird mit einer 50<sup>0</sup>igen, durch etwas Mastix getrübbten Zuckerlösung gefüllt. Bei Vorschaltung eines roten Lichtfilters verschiebt sich das Minimum diffundierten Lichtes in spiraligen dunklen Streifen, welche bei Verwendung eines blauen Lichtfilters näher aneinanderrücken. Bei Anwendung von weißem Lichte zeigen sich daher — wieder in spiraliger Anordnung — längs der Röhre wechselnde Mischfarben.

Fig. 233 zeigt die Apparatzusammenstellung für die Demonstration der Drehung der Schwingungsebene des polarisierten Lichtes durch Zuckerlösung mit dem Universalprojektionsapparate der Firma E. Reichert in Wien (vgl. S. 196).

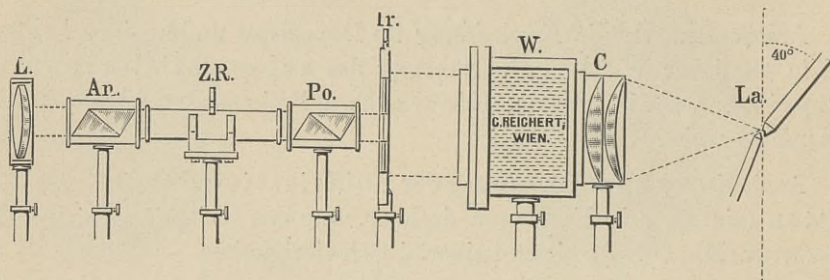


Fig. 233. Drehung der Schwingungsebene des polarisierten Lichtes durch Zuckerlösung mit C. Reicherts Universalprojektionsapparat (S. 196). C. = Kondensor, W. = Wasserkammer, Ir. = Irisblende, Po. = Polarisator (Nikol), Z.R. = Röhre mit Zuckerlösung, An. = Analysator (Nikol), L. = Projektionslinse.

Die „große optische Bank nach Paalzow“ enthält eine herrliche Zusammenstellung aller für Interferenz, Beugung und Polarisation dienenden Instrumente, wie sie speziell zum Gebrauche mit der elektrischen Laterne konstruiert wurden. Wenn dieselbe nur erwähnt werden kann und hinsichtlich der Anordnung der Versuche auf anderweitig erschienene ausführliche Beschreibungen\*) verwiesen werden muß, so möge das seine Rechtfertigung im Charakter dieses Buches finden, welches bei aller Ausführlichkeit und Reichhaltigkeit doch nichts bringen wollte, was infolge zu großer Kostspieligkeit höchstens für Hochschulen erschwinglich sein kann. Dazu gehört das genannte Instrumentarium, welches ca. Mk. 2000 kostet.

Dagegen hat Hans Hartl für seine optische Scheibe einen Zusatz für Polarisationsversuche geschaffen, der so bequem und übersichtlich ist, daß dieser sehr kompensiöse Apparat sicherlich viele Freunde gewinnen wird. Die Beschreibung des Apparates und der damit anzustellenden Versuche ist in der Poskeschen Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, 19. Jahrg., S. 105 ff., in der Zeitschrift für das österreichische Realschulwesen 1905, S. 589 ff., ferner in den Vierteljahrsberichten des Wiener Vereines zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, XI. Jahrg., S. 4 ff. und endlich in besonderen Prospekten der Erzeuger des Apparates\*\*) eingehend gegeben worden.

\*) Eine sehr eingehende Besprechung bringt unter anderen Max Kohl in Chemnitz in seiner 19. Mitteilung (4<sup>o</sup>, 26 S.). — Eine ähnliche Zusammenstellung zu etwas billigerem Preise liefert E. Reichert in Wien nach den Angaben von Prof. James Moser (vgl. auch Fig. 212).

\*\*) W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien. Auch von M. Kohl in Chemnitz zu beziehen.



### III. Die Erzeugung von Schattenbildern durch den Projektionsapparat.

Die etwas sonderbar klingende Überschrift dieses Kapitels bedarf wohl einer kurzen Erläuterung. Man könnte am Ende darunter eine Beschreibung des „Schattenspieles an der Wand“ erwarten, das durch aus steifem Papier geschnittene Figuren,\*) ja selbst durch geschickte Verwendung der Finger und Hände des „Schattenspielers“ unserer Kinderwelt unzählige heitere Stunden bereitet und das wir als „Schattentheater“ noch heute im Orient als einen auserlesenen Genuß bei Jung und Alt in hohem Ansehen finden. Das ist nun natürlich nicht unser Ziel. Die im folgenden beschriebenen Versuche sollen nur einige Beispiele dafür bringen, wie man die Tatsache, daß das elektrische Bogenlicht eine nahezu punktförmige Lichtquelle\*\*) darstellt, also sehr harte und scharfe Schatten liefert, dazu ausnützen kann, daß man physikalische Apparate etc. einfach in den Lichtkegel der elektrischen Laterne — vielfach würde hier natürlich auch die einfache, auf S. 203 beschriebene Bogenlichtlaterne genügen — aufstellt und ihren vergrößerten Schatten auf einem weißen Schirme auffängt. Dabei werden zuweilen Linsen mitverwendet; ohne Verwendung solcher werden einzelne dieser Schattenbilder freilich etwas unscharf. Sie bleiben aber hinlänglich deutlich, um zu zeigen, was man beabsichtigt, und besitzen vor einem durch Linsenprojektion erhaltenen Bilde den Vorteil, daß sie aufrecht sind. Es mögen nun einige derartige Versuche beschrieben werden.

#### 1. (Geometrische) Ableitung einer harmonischen (schwingenden) Bewegung aus einer kreisenden.\*\*\*)

Auf dem Klaviersaitendraht eines Foucaultschen Pendels ist eine leichte, längs eines Durchmesser durchbohrte Holzkugel verschiebbar angebracht; sie hält infolge der Reibung hinlänglich an jeder Stelle fest, andernfalls wird der Draht an der betreffenden Stelle durch Bestreichen mit etwas Klebewachs rauh gemacht. Durch Lichtstrahlen, die aus der Laterne des entfernt

---

\*) Ob solche „Schattenfiguren“ nicht ein wertvolles Hilfsmittel für den modernen Zeichenunterricht bilden könnten, der in seinen „Pinselübungen“ die Auffassung der breiten Schattenmassen als ein wichtiges Ziel betrachtet? — Bei dieser Gelegenheit möge übrigens darauf hingewiesen werden, daß die darstellende Geometrie den Lichtkegel des Skioptikons vielfach als Anschauungsmittel benützen kann. Hält man z. B. ein Drahtmodell eines Körpers (z. B. eines Ikosaeders, einer Kugel mit Meridianen und Parallelkreisen u. dgl.) in den Lichtkegel, so zeigt sich am Schirme die „zentrale Projektion“ des Objektes. Schneiden wir den Lichtkegel durch einen ebenen Schirm, so können wir darauf je nach der Neigung des Schirmes Ellipse, Parabel oder Hyperbel erzeugen u. s. w.

\*\*) Im vorhinein soll hiezu bemerkt werden, daß man deshalb bei diesen Versuchen mit möglichst kurzem Lichtbogen experimentieren muß.

\*\*\*) K. Rosenberg, Lehrbuch der Physik für obere Klassen, S. 79. — Vgl. auch A. Höfler in P. Z. XIII., S. 65 ff.



aufgestellten Skioptikons austreten, wird der Schatten der Kugel, wie Fig. 234 andeutet, auf einen Schirm projiziert. Bringt man das Pendel entsprechend weit aus der Ruhelage und erteilt ihm einen seitlichen Schwung, so kann man bei einiger Übung leicht erreichen, daß der Aufhängedraht des Pendels

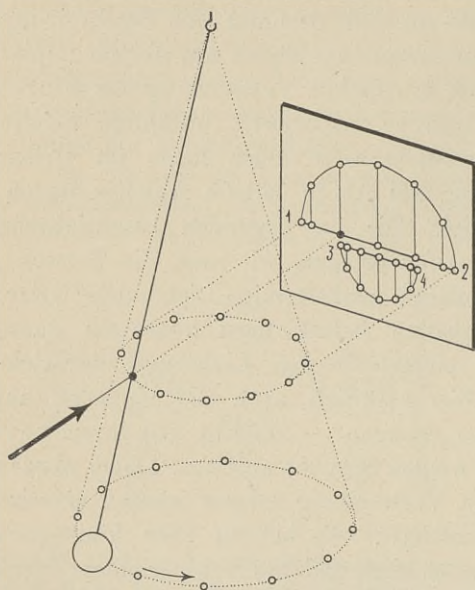


Fig. 234. Projektion einer kreisförmigen Bewegung zur Ableitung der harmonischen Bewegung.

eine Rotationskegelfläche beschreibt und der Schatten der Holzkugel sich längs des Durchmessers 1, 2 (Fig. 234) des auf dem Schirme gezeichneten Halbkreises bewegt. Die Bewegung dieses Schattens ist eine harmonische. Zählt man die Momente, wo die Kugel die am Durchmesser markierten Punkte passiert, so wird sofort zu beobachten sein, daß der „Schattenpunkt“ in gleichen Zeiträumen ungleich lange Wege

passiert, daß die Geschwindigkeit dabei beim Passieren des Zentrums ein Maximum sein muß u. s. w. Durch geringes Verschieben der schattenwerfenden Kugel nach abwärts und durch geringere Elongation des Kreispendels kann man erreichen, daß der Schattenpunkt längs 3—4

## 2. Ein Versuch über Zentralbewegungen.

A. Höfler beschreibt in P. Z. XIII., S. 140, einen höchst einfachen, aber sehr lehrreichen Versuch für die Tatsache, daß beim Kreisen zweier Massen umeinander nicht der Zentralkörper, bzw. sein Schwerpunkt, sondern der gemeinschaftliche Massenmittelpunkt der kreisenden Körper den in Ruhe bleibenden Zentralpunkt darstellt. Man benützt hiezu zwei mit Haken versehene Gewichtsstücke, wie sie zu Hebelversuchen u. dgl. verwendet werden, und zwar zu einem Versuche zwei gleiche (à 200 g), zu einem zweiten Versuche zwei verschiedene (z. B. 200 g und 1000 g) und hängt beide an zwei, mit dem einen Ende an einem Deckenhaken dicht nebeneinander befestigte lange Bindfäden auf. Dreht man dann die beiden Schnüre zusammen und läßt die Massen hierauf wieder los, so werden sie durch die sich aufdrehenden Schnüre in kreisende Bewegung versetzt. Die Bahnradien verhalten sich dann wie die Massen, sind also bei gleichen Massen gleich groß. Werden die beiden Massen durch einen Zwirnfaden von entsprechender Länge verbunden, so ist dieser



vor einer bestimmten Geschwindigkeit des Kreisens schlaff, von dieser angefangen aber gespannt. Wird er nun durch eine unter den ruhenden Schwerpunkt des Systems gehaltene Kerzenflamme durchgebrannt, so fliegen die Massen mehr oder weniger heftig auseinander und nehmen neue Bahnen und eine neue Umlaufszeit des Kreisens an. Wenn man noch 30—40 *cm* oberhalb der kleineren Masse an deren Schnur einen stärkeren Zwirnfaden mit einer noch kleineren Masse (z. B. 20 *g*) befestigt und ihn um jene Schnur in gleichem Windungssinne vor dem Zusammendrehen der Schnüre herumschlingt, so bedarf es dann meistens beim Aufdrehen der Schnüre nur eines dem kleinsten Gewichte in passendem Momente erteilten Anstoßes, damit auch dieses die kleinere Masse umkreise. Damit ist eine ganz prächtige Veranschaulichung des Kreisens eines Mondes um einen die Sonne umkreisenden Planeten gegeben. — Projiziert man nun den Schatten dieser Bewegungen auf einen Schirm, so gewinnt man sehr lehrreiche Erläuterungen der Projektionserscheinungen am Himmelsgewölbe. Wenn der erste Versuch uns die Lagenveränderungen, die wir an den Doppelsternen wahrnehmen, veranschaulicht, so zeigt der letztere an dem Schatten des Mondes in überraschender Weise die Erscheinung der Rechtläufigkeit und Rückläufigkeit mit den sie begleitenden Änderungen der Geschwindigkeit, dem Stationärwerden u. s. w.

### 3. Projektion des Foucaultschen Pendelversuches.

Soll der Foucaultsche Versuch einwandfrei gelingen, so muß man trachten, die Versuchsdauer möglichst abzukürzen. Denn sonst tritt zufolge der fast unvermeidlichen — bei den gewöhnlichen Apparaten sogar ziemlich beträchtlichen — Verschiedenheiten in Konus und Pfanne (oder in der Cardanischen Aufhängung) ein konisches Pendeln ein. Die Folge davon sind aber störende Nebenerscheinungen, welche den Erfolg des Versuches illusorisch machen.\*) Um nun die Abweichung des Pendels schon nach möglichst kurzer Zeit sichtbar zu machen, hat Edelmann\*\*) ein Projektionsverfahren beschrieben; einfacher und völlig ausreichend, da es nach höchstens einer halben Minute die scheinbare Pendelabweichung deutlich erkennen läßt, ist ein Verfahren, welches E. Adolph in P. Z. VIII., S. 312, beschreibt und welches bestens empfohlen werden kann. Das Prinzip erläutert Fig. 235. *AB* ist — von oben gesehen — die (geradlinig angenommene) Bahn des Pendels am Anfange des Versuches. Eine punktförmige Lichtquelle *C* projiziert dann den Aufhängedraht des Pendels auf einen Schirm nach *D*. Tritt nun eine Drehung der Pendelbahn nach *A'B'* ein, so rückt der Schatten des Aufhängedrahtes nach *L* bzw. *F* heraus. Aus dem Größenunterschiede

\*) P. Czermak und K. Hiecke, Pendelversuche, XCI. Bd. d. Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissenschaften, II. Abt., Aprilheft, Jahrg. 1885.

\*\*) Wied. Ann. XLV, 1892, S. 187.



zwischen  $DL$  und  $DF$  kann auch auf den Sinn der Drehung geschlossen werden. Auch quantitativ kann der Versuch verfolgt werden.\*\*) Bemerket sei noch, daß man durch angemessene Wahl von  $CB$  (z. B. 10 cm) und  $CD$  (z. B. 450 cm) eine Seitenabweichung bekommt, die bedeutend (in unserem Falle 45mal) vergrößert ist, also direkt nur durch ein Pendel von viel größerer (nach der obigen Annahme 45facher) Länge erreicht werden könnte. Zur Ausführung des Versuches sei noch angeführt, daß man eine möglichst punktförmige Lichtquelle erhält, indem man mit einer Linse das helle Bild des Kraters der  $\dagger$  Kohle auf ein Blechdiaphragma von etwa  $2\frac{1}{2}$  mm Durchmesser\*\*) projiziert, das bei  $C$  aufgestellt ist.

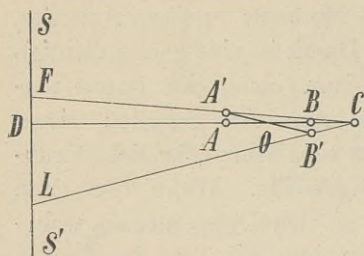


Fig. 235. Projektion des Foucaultschen Pendelversuches nach E. Adolph.

Auf dem gegenüberliegenden Schirme ist ein Lot, bestehend aus einer dünnen schwarzen Schnur mit einem Gewichte, befestigt. Man verschiebt den Schirm nun so lange, bis der Schatten des in der Ruhelage befindlichen Aufhängedrahtes mit dem schwarzen Lotfaden koinzidiert und elongiert das Pendel derartig, daß wieder der Schatten des Aufhängedrahtes mit der schwarzen Strichmarke am Schirme zusammenfällt. In dieser Lage wird das Pendel

in der bekannten Weise mit einer Bindfadenschlinge fixiert und nach Beruhigung des Pendels nach einiger Zeit der Faden mittels eines Streichhölzchens abgebrannt. Es ist auch nicht unzweckmäßig, am Aufhängedraht eine ganz leichte Kugel (etwa aus Sonnenblumenmark) in angemessener Höhe als schattenwerfendes Objekt zu befestigen; ihr Schatten wird dann anfangs durch die Strichmarke symmetrisch geteilt, was nach einer Anzahl Schwingungen nicht mehr der Fall ist. Ist das Pendel so kurz, daß es unmittelbar über dem Experimentiertische schwingt, so kann man auch in die Pendelkugel nach unten eine Stricknadel einsetzen und deren Schatten beobachten.

#### 4. Nachweis des Coulombschen Gesetzes für elektrische Ladungen nach Odstrčil-Dechant.\*\*\*)

In überaus glücklicher Weise hat J. Dechant die von J. Odstrčil angegebene Methode dieses Nachweises zu einem allen Anforderungen entsprechendem Schulversuche abgeändert. Man verwendet hiezu eine Kugel aus

\*) Aus  $LD$  respektive  $DF$  kann auf  $AA'$  und  $BB'$  und durch  $\frac{AA' + BB'}{AB}$  mit für einen Schulversuch hinlänglicher Genauigkeit auf die Tangente des Drehungswinkels geschlossen werden.

\*\*) Bei Verwendung größerer Diaphragmen wird zwar die Erscheinung heller, die Schatten werden aber unscharf.

\*\*\*) J. Dechant in den Vierteljahresberichten des Wiener Vereines zur Förderung des phys. u. chem. Unterrichts, VIII., 1903, S. 47. Auch P. Z. XVII., S. 85.



Sonnenblumenmark von etwa 1 cm Durchmesser; in diese wird aus feinstem Drahte eine kleine Öse eingesteckt und letztere mit zwei etwa 150 cm langen Kokonfäden bifilar an einem etwa 1 m langem, leichten Holzstabe befestigt, der in horizontaler Lage oberhalb des Experimentiertisches mittels einer Klemme an einem vertikalen Stabe (Gasarm oder dgl.) angebracht wird. Hat diese Kugel ein Gewicht von 2 mg, so entspricht einem Ausschlage des Pendels von 1 cm eine Kraft von  $\frac{2}{15} mg = 0.13$  Dynen. Diese Pendelkugel ( $m$ ) kommt zwischen zwei Standkugeln  $k_1$  und  $k_2$  (Fig. 236), welche etwa 2 cm Durchmesser haben und genau gleich groß sind. Sie sind an sehr gut isolierenden Stäbchen befestigt, die sich in Messinghülsen auf und ab schieben lassen, um die Höhe jeder Kugel über der Tischfläche etwas abändern zu können. Den Fuß der Standkugeln bilden quadratische, unten mit Blei belegte Holzplatten.

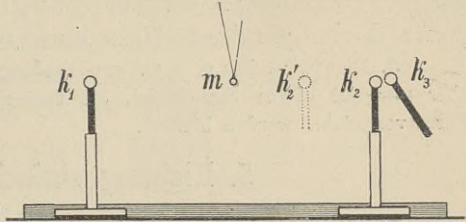


Fig. 236. Versuch nach J. Odstrčil und J. Dechant zum Nachweise des Coulombschen Gesetzes.

Die Anordnung des Versuches zeigt von oben Fig. 237 schematisch.  $L$  ist eine möglichst punktförmige Lichtquelle (elektrischer Lichtbogen des Skioptikons ohne Linsen),  $W$  ein Lineal (Latte), das mit Nägeln am Experimentiertische befestigt ist und den Fußplatten der Standkugeln  $k_1$  und  $k_2$  als Anschlag und Führung dient.  $SS'$  ist ein vertikaler Schirm, auf den mit Reißnägeln ein auf Zeichenpapier gezeichneter Maßstab (ganze und halbe

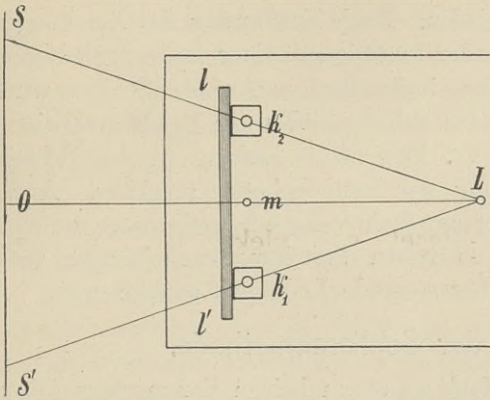


Fig. 237. Anordnung des Versuches von J. Odstrčil und J. Dechant.

Dezimeter durch kräftige Striche und große Zahlen von weitem deutlich sichtbar, Nullpunkt in der Mitte) angeheftet wird. Die Entfernung  $Lm$  wird etwa halb so groß als die Entfernung  $LO$  gewählt. Die Standkugeln werden anfänglich entfernt und der Schirm so lange seitwärts verschoben, daß der Schatten von  $m$  auf den Nullpunkt der Skala fällt. Dann erteilt man  $m$  eine Ladung mit einem geriebenen Glasstabe. Entfernt man sich darauf möglichst weit von  $m$ , so darf die Ruhelage natürlich keine

andere geworden sein. Nun werden beide Standkugeln (abseits von  $m$ ) durch Bestreichen mit einem geriebenen Glasstabe elektrisiert und mit einander in Berührung gebracht; dadurch enthalten sie genau gleich große Ladungen. Stellt man nun die eine Standkugel  $k_1$  so auf, daß ihr Schattenbild auf  $-30$  (cm) steht, so weicht der Schatten von  $m$  gegen die positiven Zahlen der Skala aus; er



wird jedoch wieder auf Null gebracht, wenn auf  $+30$  die zweite Standkugel  $k_2$  gebracht wird. Nun wird durch zweimalige Berührung vor  $k_2$  mit einer dritten kongruenten Kugel  $k_3$  die Ladung von  $k_2$  auf ein Viertel reduziert, wobei natürlich  $k_3$  nach der ersten Berührung ausgeladen werden muß;  $m$  nähert sich dann  $k_2$ ; man muß  $k_2$  auf die Hälfte der Entfernung  $+15$  (nach  $k_2'$ , Fig. 236) schieben, damit  $m$  wieder auf Null kommt. Es bringt also ein Viertel der Ladung in der halben Entfernung dieselbe Wirkung hervor, wie die ganze Ladung in der ursprünglichen Entfernung; es muß daher die ganze Ladung in der halben Entfernung die vierfache Wirkung ausüben.

J. Dechant hat a. a. O. auseinandergesetzt, wie mit derselben Versuchsanordnung, aber nur mit einer Standkugel, die Versuche Odströils auch in ihrer ursprünglichen Form vorgeführt werden können.

## 5. Eichung einfacher Elektroskope.

Wenn bei dem vorigen Versuche die Messung der Distanz der Kugeln auf dem Wege der Schattenprojektion sich ganz besonders vorteilhaft erweist,\*) so ist sie aus ähnlichen Gründen wie dort auch bei der Eichung einfacher Elektroskope von besonderem Vorteile. Einer der Verfasser hat an anderer Stelle\*\*) einfache Demonstrationselektroskope mit Papierzylindern beschrieben (Abänderung der von Kolbe und Weinhold beschriebenen Apparate), deren er sich beim Elementarunterricht fast ausschließlich bediente. Versieht man ein solches Elektroskop mit Faradayschem Becher und entwirft seinen vergrößerten Schatten auf einem Schirm, so kann man dieses Elektroskop in bekannter Weise etwa folgendermaßen eichen. Eine Leidenerbatterie von möglichst großer Kapazität wird geladen. Nach Entfernung des Zuleitungsdrahtes berührt man den Kugelstab der Batterie mit einer isoliert gehaltenen Probekugel und überträgt deren Ladung in den Becher. Auf dem Schirme wird nun mit Zeichenkohle die Stellung der Schattenbilder der Pendel markiert. Analog wird eine zweite, dritte . . . kongruente Ladung in den Becher übertragen und jedesmal die Stellung der Pendelschatten markiert. Auch hier würde eine Skala, welche direkt am Elektroskope befestigt wäre, stören. Ist sie aus gut leitendem Material, so treten Verteilungserscheinungen auf; eine schlecht leitende Skala kann aber störende Ladungen annehmen.

## 6. Versuche nach der Schlierenmethode.

Das bekannte Flimmern der Luft an einem heißen Sommertage (über einem Schornsteine, einem geheizten Lokomotivkessel u. s. w.) kann man

\*) Die Hauptschwierigkeiten des Odströilschen Verfahrens bestand eben darin, daß ein nahe den Kugeln befindlicher Maßstab durch seine verteilende Wirkung störte, bei größerer Entfernung des Maßstabes aber die Genauigkeit leiden mußte; es blieb daher nur die Methode der Ablesung mit einem Spiegelmaßstab, die aber kompliziert ist und auch keine objektive Beobachtung gestattet.

\*\*) Vierteljahresberichte des Wiener Vereines zur Förderung des phys. u. chem. Unterr. VIII, S. 51, X., S. 47, auch P. Z. XVIII., S. 354. Ferner Rosen berg, Lehrbuch der Physik f. d. unteren Klassen, Ausg. f. Gymn., S. 70 und Rosen berg, Experimentierbuch, III., S. 87 u. 88.



bekanntlich auch künstlich nachahmen, wenn man auf einem Tische einen angezündeten Bunsenbrenner aufstellt und über seine Flamme aus einiger Entfernung gegen ein Fenster sieht. Alle derartigen Erscheinungen erklären sich aus der infolge der verschiedenen Erwärmung ungleichmäßigen und stets wechselnden Luftdichte, daher auch der sich ändernden optischen Dichte und einer daraus resultierenden wechselnden Ablenkung der Lichtstrahlen. Man kann nun ähnliche Veränderungen der Dichte von Gasen oder Flüssigkeiten auf optischem Wege, und zwar objektiv sichtbar machen, wenn man von einer möglichst punktförmigen Lichtquelle einen Strahlenkegel ausgehen läßt, diesen Strahlenkegel auf einem Schirme auffängt und sodann zwischen Lichtquelle und Schirm die betreffenden Objekte bringt.

Toepler, welcher zuerst diese schöne Methode angegeben hat,\*) bezeichnet die Inhomogenitäten fester, flüssiger und gasförmiger Medien, welche auf diesem Wege sichtbar gemacht werden können, mit dem Namen „Schlieren“. Auf Grund dieser Methode, von welcher hier nur einzelne für den elementaren physikalischen Unterricht verwendbare Versuche (Vereinfachungen nach Dvořák) angegeben werden sollen, haben bekanntlich Prof. E. Mach, ferner L. Mach, Prof. Salcher und andere sehr sinnreiche Methoden zur photographischen Aufnahme von fliegenden Geschütz- und Gewehrprojektilen, ferner von Explosions- und Schallwellen etc. ausfindig gemacht.\*\*)

Die Anordnung der Versuche ist folgende. Mittels des Skioptikons wirft man paralleles Licht\*\*\*) auf eine Sammellinse von kurzer Brennweite, oder — was natürlich weit besser ist — auf ein achromatisches und aplana-tisches Linsensystem (photographisches Doppelobjektiv) von etwa 12—18 cm Brennweite. In den Brennpunkt des Systems stellt man darauf ein kreisrundes Diaphragma mit kleiner, runder Öffnung, wodurch alles Seitenlicht abgehalten wird. Sodann stellt man in einiger Entfernung einen weißen Schirm auf und bringt zwischen Schirm und Diaphragma eine brennende Kerze. Auf dem Schirme erscheint ein sehr scharfes Schattenbild von Leuchter, Kerze und Kerzenflamme. Es ist dabei sehr lehrreich zu beobachten, daß die Kerzenflamme ebenso breit erscheint wie die Kerze; es ist eben die Flamme von einem heißen Gasmantel umgeben, welcher für gewöhnlich unsichtbar ist, nun aber sichtbar gemacht wurde. Oberhalb der Flamme erscheinen zahlreiche deutliche Schlieren, herrührend von der durch die Flamme aufsteigenden, heißen Luft. Noch effektvoller gelingt der Versuch mit einem Bunsenbrenner. In demselben erhitzt man einen Glasstab. Zieht

\*) Toepler, Optische Studien nach der Methode der Schlierenbeobachtung. Pogg. Ann. 1867, Bd. 131, S. 38.

\*\*) Vgl. David und Scolik, die Praxis der Momentphotographie 1892, S. 246 ff. Ferner Eder, Jahrbuch der Photographie, 1888 und 1891, woselbst ein vollständiges Literaturverzeichnis gegeben ist.

\*\*\*) Noch besser gelingen freilich die Versuche mit Sonnenlicht.



man denselben sodann aus der Flamme, so steigen von dem heißen Stabe gleichfalls Schlieren auf. Dabei werden die Schattenbilder natürlich größer, aber auch unschärfer, je näher man die Kerze zur Lichtquelle bringt, während durch die entgegengesetzte Verschiebung natürlich die gegenteilige Wirkung hervorgebracht wird. Einige Übung läßt hier rasch die zweckmäßigste Stellung finden.

Zu einigen anderen Versuchen braucht man ein oder zwei Stück Küvetten aus Glas. (Über Bezugsquellen und Herstellung von solchen vgl. S. 222 und 252 sowie S. 300.)

Man füllt eine solche Küvette mit Wasser; dabei sind Luftblasen auf der Innenfläche des Glases und Tropfen an der Außenfläche desselben zu vermeiden. An einem Glasstäbchen hat man mit etwas Klebwachs einen kleinen Salzkristall befestigt. Nun stellt man die Küvette in den Strahlenkegel und taucht den Kristall etwas unter die Oberfläche des Wassers. Sofort sieht man auf dem Schirme vom Ende des eingetauchten Stäbchens einen schwärzlichen Streifen herabsinken: die Kochsalzlösung, welche wegen ihrer größeren Dichte untergeht. — In einer Pipette saugt man ziemlich konzentrierte Kochsalzlösung auf und läßt dieselbe nun in das Wasser der Küvette ausströmen, wobei man die Ausflußöffnung der Pipette unter den Wasserspiegel bringt. Auf dem Schirme sieht es so aus, als ob aus der Pipette Tinte ausfließen würde. Allmählich füllen schwarze Wolken das Gefäß; rührt man nun tüchtig um, so zeigen sich unzählige Schlieren und es dauert geraume Zeit, bis dieselben verschwinden, also die Lösung ganz homogen ist.

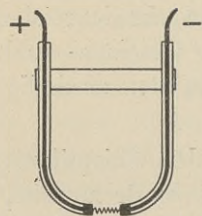


Fig. 238. Zu den Versuchen nach der Schlierenmethode.

Läßt man aus einem Tropfgläschen einen Tropfen verdünnter Schwefelsäure (1:10) in das Wasser einer im Strahlenkegel stehenden Küvette fallen, so kann man am Schatten den Tropfen genau im Wasser verfolgen, wobei oft sehr schöne Wirbelringe sichtbar werden.

Auch die verschiedene Dichte des Wassers bei Änderung der Temperatur läßt sich sehr schön mit dieser Versuchsanordnung demonstrieren. Man füllt eine Proberöhre fast ganz mit Ammoniumnitrat, gibt einige Tropfen Wasser dazu, verkorkt und bringt die Proberöhre, an welcher außen kein Ammoniumnitrat haften darf, in vertikaler Lage in eine mit reinem Wasser gefüllte Küvette. Sofort zeigt sich auf dem Schirme das Herabströmen des von der Proberöhre abgekühlten Wassers. Als Gegenstück zu diesem Versuche benützt man die einfache Vorrichtung (Fig. 238). Zwei Kupferdrahtstücke sind unten durch eine angelötete kleine Platindrahtspirale (aus dünnem Drahte) verbunden. Die Kupferdrähte sind mit Glasröhren umhüllt, die durch ein Blechband starr verbunden sind. Diese kleine Vorrichtung kommt in den Ausschnitt einer mit Wasser gefüllten Küvette, die wieder in den Strahlenkegel gestellt wird. Leitet man nun einen Strom



von entsprechender Stärke durch die Platinspirale, so steigen beim Stromschlusse über derselben im Schattenbilde zahlreiche Wärmeschlieren auf.

Bringt man eine Flasche mit Äther in den Strahlenkegel, so sieht man nach dem Öffnen des Stöpsels auf dem Schirme den Ätherdampf aus der Flasche herausdringen, besonders, wenn man die Flasche etwas neigt und über ihrer Mündung einen gelinden Luftzug durch Blasen mit dem Munde erregt. — Gießt man auf das Wasser einer im Strahlenkegel stehenden Kivette etwas Äther, so ziehen bald Kälteschlieren durch das Wasser herab (infolge der Ätherverdunstung). Mit Hilfe eines Schlauches oder Glasrohres bläst man gegen die Oberfläche und sieht nun den Ätherdampf in großen Mengen aus dem Gefäße ausfließen, wobei die Kälteschlieren in großen Mengen auftreten.

Stellt man einen Funkeninduktor (es genügt ein kleiner Apparat von etwa 1 cm Schlagweite) so in den Strahlenkegel, daß der Schatten der Entladerspitzen auf dem Schirme erscheint, so sieht man die durch die Funken erwärmte Luft von den Entladerspitzen aufsteigen. Der Versuch gelingt am besten, wenn die Entladerspitzen auf wenige Millimeter Entfernung eingestellt werden.

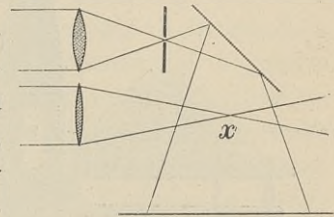


Fig. 239. Zu den Versuchen nach der Schlierenmethode.

Zum Nachweise von Blacks Betrachtungen über die Diathermanität der Luft (Kälte auf hohen Bergen) hat E. Mach in P. Z. VII., S. 113, den folgenden, sehr instruktiven Versuch beschrieben. Der Strahlenkegel der früheren Versuchsanordnung wird durch einen Spiegel unter 90° gegen einen Schirm gewendet (Fig. 239) und durch einen zweiten Strahlenkegel (Bogenlicht aus einer zweiten Laterne, Sonnenlicht) durchsetzt. Trotz der in  $x$  erfolgenden Vereinigung der Wärmestrahlen zeigen sich auf dem Schirme keine Wärmeschlieren, weil die diathermane Luft dort die Wärmestrahlen durchläßt, ohne sich merklich zu erwärmen. Hält man aber nach  $x$  ein kleines berußtes Platinblech, das an einem Drahtstiele angelötet ist, so treten infolge seiner Erhitzung sofort massenhaft Schlieren auf.

#### IV. Die Projektion physikalischer Versuche.

Diese Seite der Verwendung des Skioptikons im physikalischen Unterricht ist in gewisser Hinsicht die wertvollste; sie ermöglicht es, Dinge, die sonst nur dem einzelnen Schüler oder einer kleinen Gruppe von Schülern sichtbar gemacht werden können, auf einmal der Beobachtung der ganzen Klasse zugänglich zu machen. Dabei muß freilich insofern Maß gehalten werden, als nur in solchen Fällen zum Hilfsmittel der Projektion gegriffen werden darf, wo man auf anderem Wege entweder zu viel Zeit verliert oder nur



minder eindringlich und deutlich zu wirken vermag. In seinem, an anderer Stelle (S. 202) zitierten, sehr wertvollen Werk über die Technik des physikalischen Unterrichts sagt Dr. Friedrich C. G. Müller: „Der Gedanke, weithin sichtbare Demonstrationsapparate ins Kleine zu übersetzen, um sie durch Projektion wieder groß zu zeigen, ist doch absurd.“ Sicher wird man sich hier nach den Verhältnissen richten müssen; derjenige Lehrer der Physik, der — wie es ja an höheren Anstalten in kleinen Landstädtchen vielfach der Fall ist — in seiner Klasse nur wenige Schüler hat, kann sie mit Leichtigkeit in kleinen Gruppen an den Experimentiertisch herantreten und die Einzelbeobachtung ausreichend vornehmen lassen. Bei großen

Klassen, in ungünstig angelegten Unterrichtsräumen etc. würde dies soviel Zeitverlust und eine so fatale Störung im Unterricht verursachen, daß man zur Projektion greifen muß. Und endlich gibt es Fälle, wo man auf anderem Wege überhaupt nicht mehr zum Ziele kommt. Dies ist z. B. bei populärwissenschaftlichen Vorträgen der Fall, wo die Größe des Hunderte von Zuhörern fassenden Raumes und die Entfernung vieler Zuhörer vom Vortragenden u. s. w. die Beobachtung selbst manches größeren Apparates unzulänglich erscheinen läßt (vgl. S. 269). —

Bei der Projektion von Apparaten tritt nun weit störender als bei anderen Gelegenheiten der Umstand der **Bildumkehrung** hervor. Es ist daher dringend die Anschaffung eines Umkehrprismas zu empfehlen (S. 196).\*) Für rohere Zwecke mag wohl auch eine ähnlich dem Analysator von Reiff, S. 236, Fig. 228, konstruierte, aus drei Planspiegeln (Amalgamspiegeln) bestehende Vorrichtung genügen.

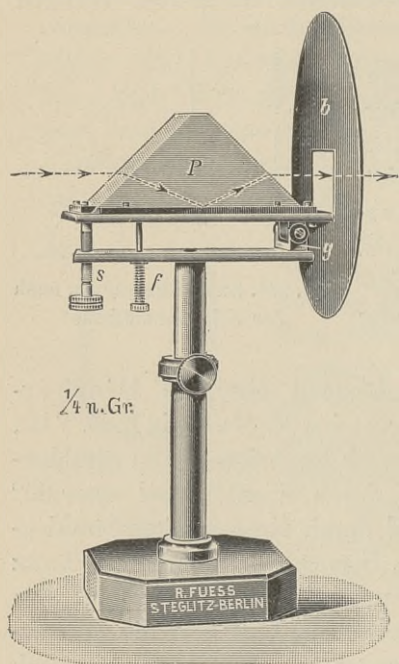


Fig. 240. Großes Umkehrprisma auf besonderem Stativ von R. Fuess, Steglitz-Berlin.

Als eine allgemeinere Bemerkung mag hier noch Erwähnung finden, daß man zu vielen der folgenden Projektionsversuche den Lehrsaal nicht — oder mindestens nicht völlig — abzudunkeln braucht, häufig dies nicht einmal tun darf. Wenn man z. B. die Pendel eines Goldblattelektroskops oder dgl. auf einen Schirm projiziert, so ist das erhaltene Bild bei Anwendung einer hinlänglich starken Lichtquelle (Bogenlicht, Kalklicht) bei völlig ungedämpfter Tageslichtbeleuchtung des Saales noch vorzüglich

\*) Ein sehr bequemes großes Umkehrprisma (Fig. 240) samt Stativ Mk. 85.—, ohne Stativ Mk. 65.— liefert R. Fuess in Steglitz-Berlin, auch C. Reichert in Wien, VIII.



zu sehen. Die Schüler müssen aber hier, wie in vielen ähnlichen Fällen, außerdem die ganze Apparatenzusammenstellung und alle Tätigkeiten des Experimentators jederzeit überblicken können, weshalb auf eine vollkommene Abdunklung verzichtet werden muß.

Noch eine andere allgemeine Bemerkung möge hier gestattet sein. Bei vielen der im folgenden beschriebenen Versuche handelt es sich darum, **zylindrische Glasgefäße**, die mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, zu projizieren, z. B. Glasröhren, die einen farbigen Flüssigkeitsindex enthalten, engere oder weitere Proberöhren mit Flüssigkeit etc. Bringt man diese Objekte, wie es ja geschehen muß, vor die Beleuchtungslinsen, so wirken sie als Zylinderlinsen von kurzer Brennweite; die Folge davon ist, daß sie sehr viel Licht aus dem Lichtkegel herauswerfen. Stellt Fig. 241 einen Horizontalschnitt durch das Glasgefäß vor, so wird nur der Teil zwischen den Ebenen 1, 2 und 3, 4, weil er annähernd eine planparallel begrenzte Schicht vorstellt, im Projektionsbilde deutlich erscheinen;\*); die außerhalb dieser Schicht liegenden Teile des Gefäßes und des Flüssigkeitsinhalts erscheinen schwarz. Handelt es sich daher um die Projektion von Manometern, Thermoskopen u. s. w., so ist keine weitere Vorkehrung nötig; die Bewegungen des Flüssigkeitsfadens können im mittleren Teile des Bildes hinlänglich verfolgt werden. Etwas anderes ist es aber, wenn der gesamte Flüssigkeitsinhalt des Gefäßes beachtet werden muß. Es bleiben dann zwei Wege. Der erste von beiden — welchem wir unbedingt den Vorzug geben — besteht darin, das zu projizierende Gefäß mit einer planparallel begrenzten Wasserschicht zu umgeben. Hiezu läßt man sich eine oder mehrere Wannen (Küvetten) nach Fig. 242 machen. Boden und schmale Seitenwände sind aus Blech gebildet, das mit Ölfarbe gut gestrichen ist. Vorne und rückwärts ist je eine ziemlich starke quadratische Spiegelglaswand mit Miniumkitt eingekittet. Als passendste Dimensionen würden wir nach langjährigen Erfahrungen  $18\text{ cm} : 18\text{ cm} : 6\text{ cm}$  empfehlen. Zum Einhängen von Proberöhren dienen zwei Zinkblechgestelle Fig. 243 und 244; das eine für eine weitere Proberöhre — sogenannte „Safteprouvette“ von 3 bis 4 cm Durchmesser — das andere für drei gewöhnliche Proberöhren. Die Wannen werden mit luftfreiem (vorher abgekochtem) Wasser gefüllt und der Proberöhreneinsatz hineingestellt. Die Wanne kommt direkt vor die Kondensorlinsen auf ein Tischchen zu stehen.\*\*\*) Auf diese Art wird der ganze Röhreninhalt deutlich projiziert.

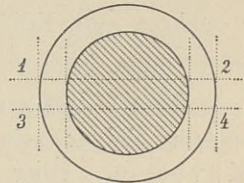


Fig. 241. Projektion zylindrischer Flüssigkeitssäulen.

\*) Die Projektionsrichtung ist dabei in Fig. 241 von 1 nach 2 gedacht.

\*\*) Man stellt dabei so ein, daß der zwischen  $a$  und  $b$  (Fig. 243) liegende Teil im Gesichtsfelde erscheint.



Der zweite Weg wurde von H. Reiff in P. Z. XVIII., S. 349, beschrieben. Er besteht darin, die Zylinderlinsenwirkung des zu projizierenden Gefäßes *A* durch jene eines zweiten Gefäßes *B* zu kompensieren (Fig. 245).

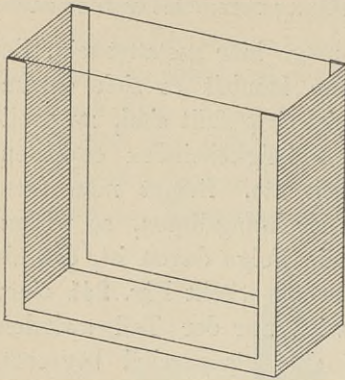


Fig. 242. Wanne zur Projektion von Proberöhren.

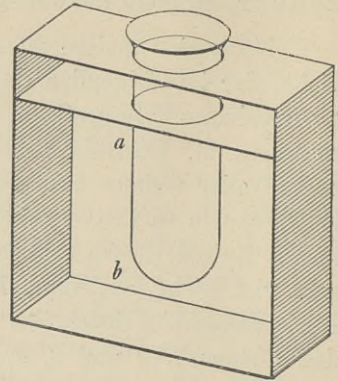


Fig. 243. Blecheinsatz zur Wanne Fig. 242 für die Projektion einer weiteren Proberöhre.

In gewissen Fällen — bei Projektion von Messuren u. dgl. — dürfte dieses Verfahren gute Erfolge geben. Jedenfalls ist die Justierung, da die beiden Brennlinien genau zusammenfallen müssen, etwas umständlich.

Man bedarf zur Ausführung von einzelnen, später beschriebenen Versuchen einiger schmaler, planparallel begrenzter Glaswannen oder Küvetten. Über eine Bezugsquelle für solche wurde bereits auf S. 222

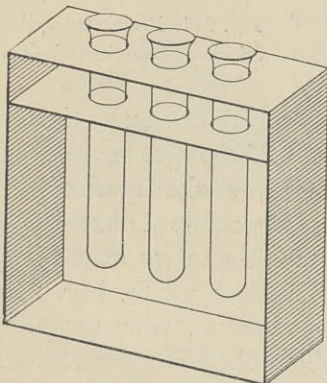


Fig. 244. Blecheinsatz zur Wanne Fig. 242 für die gleichzeitige Projektion von drei Proberöhren.

berichtet und im vorstehenden auch eine für manche Fälle zweckmäßige Form solcher Wannan angegeben (Fig. 242). Man kann sich mit einiger Geduld einfache Küvetten sehr gut auch auf folgende Art herstellen. Man läßt sich mehrere quadratische Glasplatten von ca. 20 cm Seiten-

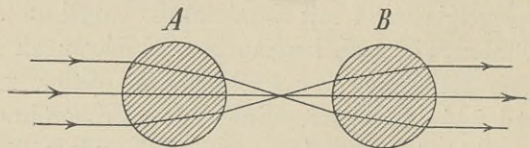


Fig. 245. Projektion zylindrischer Gefäße nach H. Reiff.

länge aus Spiegelglas schneiden. Sodann läßt man vom Tischler einige quadratische Brettchen von 2—4 cm Dicke und gleichfalls 20 cm Seitenlänge herstellen und aus denselben einen Ausschnitt nach Form eines oben durch einen Rundbogen geschlossenen Tores heraus schneiden.



Man bereitet ferner eine ziemlich dicke Auflösung von gewöhnlichem Schellack in starkem (90%igen) Alkohol, bestreicht nun eine Seite einer Holzplatte mit der Lösung und legt eine Glasplatte darauf. Man beschwert zuerst mit einigen Büchern, Brettchen u. dgl., endlich mit einem ziemlich ausgiebigen Gewichte. Nach einigen Tagen ist der Schellackkitt ganz fest geworden. Man firnißt nun die innere Mantelfläche des Ausschnittes recht sorgfältig in mehreren dünnen Lagen.\*) Nach völligem Trocknen wird auch die zweite Seite des Holzbrettchens wie früher bestrichen und eine zweite Glasplatte aufgekittet. Schließlich werden noch die äußeren Holzflächen gut überfirnißt. Man hat dadurch eine Kuvette mit U-förmigem Ausschnitt (Hohlraum) erhalten, die sehr wasserdicht und haltbar ist, wenn man nur die Vorsicht braucht, sie nach dem Versuche jedesmal gleich auszugießen und austrocknen zu lassen.\*\*)

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehen wir nun an die Beschreibung einzelner Versuche.

### 1. Noniusmodelle zur Projektion.

Gegentüber den alten Modellen für den Linear- und den Kreisnonius haben Modelle, welche nach Angabe von Dr. Bernoulli in Köln durch die Firma E. Leybolds Nachfolger zum Preise von Mk. 30.— bzw. Mk. 25.— für Projektionszwecke geliefert werden, ganz außerordentliche Vorteile. Fig. 246 und Fig. 247 zeigen die Modelle, Fig. 248 und Fig. 249 die zugehörigen

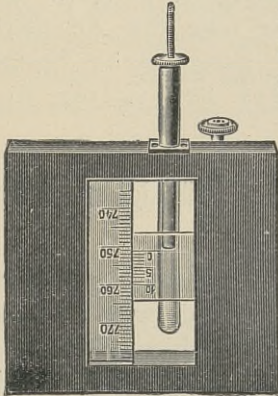


Fig. 246. Noniusmodell zur Projektion (nach Bernoulli), ausgeführt von E. Leybolds Nachf. in Köln.

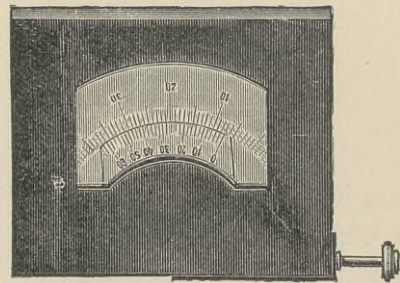


Fig. 247. Modell eines Kreisnonius zur Projektion (nach Bernoulli), ausgeführt von E. Leybolds Nachfolger in Köln.

Projektionsbilder. Das erstere Modell gestattet in sinnreichster Weise die Einübung der Ablesung von Barometerständen mit Hilfe des Nonius.

\*) Besonders die Fuge zwischen Glas und Holz.

\*\*) Vorzüglich geeignet zur Herstellung solcher Kuvetten erweist sich das Picein (S. 207). Holz und Glastafel können unschwer so stark erwärmt werden, daß das Picein darauf schmilzt und haftet.



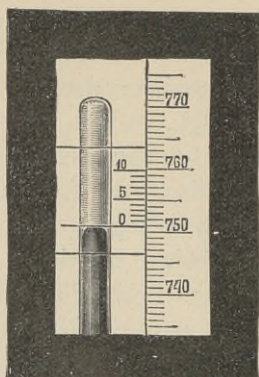


Fig. 248. Projektionsbild des in Fig. 246 dargestellten Noniusmodells.

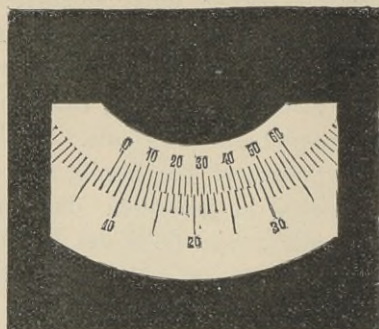


Fig. 249. Projektionsbild des in Fig. 247 dargestellten Modells eines Kreisnonius.

## 2. Messuren zur Projektion.

Prismatische Messuren in zwei Größen (Nr. 1 innen  $30 : 30 : 205 \text{ mm}$ , Skala  $0-180 \text{ cm}$ , Preis Mk. 12.—; Nr. 2 innen  $25 : 25 : 190 \text{ mm}$ , Skala  $0-100 \text{ cm}$ , Preis Mk. 10.—) liefert über Anregung von Bruno Kolbe (P. Z. XVIII., S. 89 ff.) die Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln. Dieselben sind zu Dichtebestimmungen auf der Unterstufe vorzüglich geeignet. Der Wasserinhalt wird hiezu schwach mit Methylenblau oder der Anilinfarbe „Lichtgrün“ gefärbt. Die Messuren werden mit „umgekehrter Spiegelschriftskala“ geliefert; die Schrift ist bei der Projektion dem Objektiv zuzukehren.

## 3. Die Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten mit dem Piezometer.

Weinhold hat für diesen Versuch, um ihn zur Projektion geeignet zu machen, empfohlen, das Piezometergefäß unter einen Rezipienten zu setzen, in welchem die Luft (maximal auf eine Atmosphäre Überdruck) verdichtet wird (Preis ca. Mk. 45.—). Die übrigen Modelle, bei welchen das Piezometer meist in einem ziemlich großen zylindrischen Wassergefäße steht, lassen sich nur schwierig projizieren, und zwar zumeist nur unter Anwendung der zweiten auf S. 252 mitgeteilten Methode nach H. Reiff. — Am besten geeignet erschien uns für Schulzwecke der Apparat von G. Recknagel, welchen der Mechaniker H. Köpping in Nürnberg in vorzüglicher Ausführung liefert. \*) Da dieser Apparat auch das Gesetz der Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten in sehr anschaulicher Weise erläutert, erscheint seine Anschaffung trotz des etwas hohen Preises (mit zwei sehr empfindlichen Piezometern etwa Mk. 70.—) dennoch sehr empfehlenswert. Die Projektion der Flüssigkeits-

\*) Beschrieben in P. Z. VII., S. 7.



säule im Piezometer gelingt in ausreichender Weise, wenn man den Apparat so dreht, daß das Piezometerrohr genau in der Mitte des Flüssigkeitszylinders steht (zwischen den Schichten 1, 2 und 3, 4 der Fig. 241 auf S. 251).

#### 4. Versuche über Oberflächenspannung und Kapillarität.

Dieses Kapitel bietet eine große Fülle von Versuchen, welche für die Projektion sehr geeignet sind. Der hier zur Verfügung stehende Raum gestattet natürlich nur einzelnes aufzunehmen.\*) Die bekannteste Erscheinung aus dem Gebiete der Molekularkräfte tropfbar flüssiger Körper ist die Tropfenbildung. Man steckt, um dieselbe zu zeigen, an ein gläsernes Hahnrohr (Fig. 250) mit einem Stückchen Kautschukschlauch einen ganz kleinen Trichter an, in welchen etwas Wasser kommt. Der Apparat wird mit einem Retortenhälter so vor den Kondensor gebracht, daß das untere Ende des Rohres (Durchmesser im Lichten etwa 4—6 mm) etwas oberhalb der Mitte des Kondensors steht. Durch ganz minimales Öffnen des Hahnes kann man erreichen, daß das Wachstum des ausfließenden Tropfens äußerst langsam erfolgt und die charakteristischen Formen beobachtet werden können. Noch interessanter ist es, Tropfen aus rot gefärbtem Rüböl oder Olivenöl (mit Alkanna rot gefärbt) in einem nur wenig spezifisch leichterem Gemische aus Wasser und Alkohol zu erzeugen; die Tropfen sinken darin ganz langsam zu Boden. Man läßt das untere Ende des oben beschriebenen Apparates dazu in

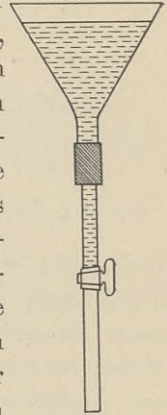


Fig. 250. Projektion der Tropfenbildung.

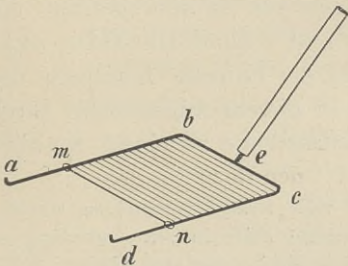


Fig. 251. Seifenlamellenrouleau.

eine Kuvette mit dem Wasser-Weingeistgemische eintauchen. Man erhält kugelige Tropfen (bis zu 2 cm Durchmesser), die sich flaschenförmig verlängern, dann abschnüren und in Form einer großen und ein oder zwei nachfolgenden kleinen Kugeln langsam zu Boden sinken.

Einige andere Erscheinungen der Oberflächenspannung lassen sich sehr schön mit dem Horizontalprojektionsapparate (S. 190) demonstrieren. Aus weichem Drahte von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 mm Dicke (sehr gut geeignet ist wegen seiner leichten Reinhaltung Aluminiumdraht) biegt man ein Stück nach Fig. 251 in der Form *abcd*. Bei *e* wird dann, schräg zur Ebene *abcd* stehend, ein einfaches Holzstäbchen als Griff befestigt. Auf diesem Drahtbügel gleitet ein aus dünnerem Aluminiumdraht (schwach 1 mm dick)

\*) Es möge hier auch verwiesen werden auf das hochinteressante Büchlein: Seifenblasen. Vorlesungen über Kapillarität von C. V. Boys (übersetzt von Dr. G. Meyer), Leipzig, 1893, J. A. Barth.



mit zwei recht präzise mit der Spitzzange gebogenen ziemlich weiten Ösen versehenes Querstück  $mn$ . Der ganze Drahtbügel wird in eine Seifenlösung,\*) die in einer flachen Kristallierschale bereit steht, eingetaucht, dann herausgezogen und über den Kondensator des Horizontalprojektionsapparates gehalten. Dabei liegt  $mn$  an  $bc$  an. Nun faßt man mit Daumen und Zeigefinger der freien Hand den Draht  $mn$  an den Ösen und schiebt ihn gegen  $ad$  vor; es entsteht eine Seifenlamelle, die sich nach Freigeben von  $mn$  zusammenzieht und  $mn$  wieder gegen  $bc$  bewegt.

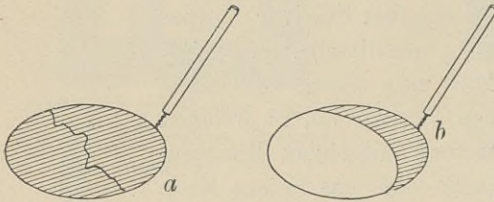


Fig. 252. Nachweis der Oberflächenspannung.

Ein Aluminiumdraht wird um ein rundes Trinkglas oder dgl. kreisförmig gebogen und an seine zusammengedrehten Enden ein Holzstäbchen — wieder schräg — als Griff befestigt. An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen des Ringes ist ein nicht zu dicker

und recht weicher Seidenfaden, der länger als der Ringdurchmesser ist, angeknüpft. Taucht man den Ring in Seifenlösung, so erscheint er nach dem Herausziehen mit einer Seifenlamelle überspannt, in welcher der Faden eine regellose Kurve bildet (Fig. 252 a). Berührt man nun aber die eine Hälfte der Lamelle mit einem heißen Drahte (Stricknadel in Holzgriff), so platzt sie, der übrige Teil der Lamelle spannt den Faden nach einer Kreislinie aus (Fig. 252 b). Der Versuch wird mit dem Horizontalprojektionsapparate projiziert, ebenso wie der folgende, noch lehrreichere.

Für denselben ist in einem ähnlichen Ringe aus Aluminiumdraht ein geschlossener Fadenring an vier Stellen  $a, b, c$  und  $d$  durch Hilfsfäden recht lose eingeknüpft (Fig. 253 a). Man durchsticht die Lamelle innerhalb des geschlossenen Fadenstückes; das letztere wird in diesem Augenblicke durch die Oberflächenspannung der übrigen vier Lamellenstücke zu einem Kreise

\*) Zur Herstellung der Seifenlösung sind viele Rezepte empfohlen worden. Keines davon ist unbedingt verlässlich, weil die verwendete Seife in sehr verschiedener Qualität in Handel kommt. Am einfachsten ist es, sich die Lösung aus frischer feingeschabter Marseillerseife in destilliertem Wasser immer frisch herzustellen; den geeigneten Konzentrationsgrad findet man rasch durch einige Vorversuche. — Nach Dähne löst man 1 Teil Marseillerseife in 40 Teilen destilliertem Wasser (durch Umschütteln, nicht durch Erwärmen), setzt zu 1 Raumteil der Lösung  $\frac{2}{3}$  Raumteile chemisch reines Glycerin und schüttelt tüchtig um. Die Lösung bleibt 14 Tage im Dunkeln stehen und wird dann filtriert. Sie soll nicht unnötig der Luft ausgesetzt werden und nie mit gebrauchter Lösung vermischt werden. Die zu einem Versuche nötige Menge gießt man in ein kleines Fläschchen und erwärmt leicht vor dem Gebrauche. Sehr gute Resultate erzielt man auch häufig nach dem folgenden, von Antolik mitgeteiltem Rezept: In 250 g warmem, destilliertem Wasser löst man 10 g fein geschabte venetianische Seife, in weiteren 250 g siedendem destilliertem Wasser 15 g Zucker und mischt beide Lösungen. Die Lösung ist kalt zu verwenden und hält sich mindestens einige Zeit.



ausgespannt.\*) (Fig. 253 b.) Es ist nun noch ganz interessant, ein Nachbarstück zu zerstören und zu beobachten, wie zwischen beiden der Faden geradlinig ausgespannt wird u. s. w.

Sehr lehrreich ist auch die Messung des Druckes in einer Seifenblase mit Hilfe eines Manometers. Das hierzu nötige Apparat-

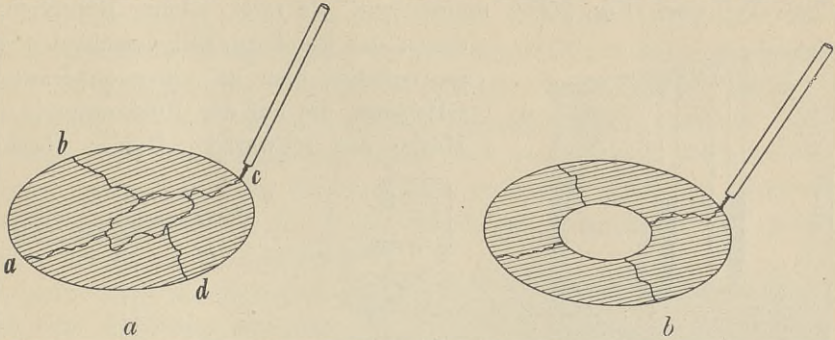
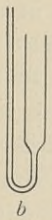


Fig. 253. Nachweis der Oberflächenspannung.

chen fertigt nach Fig. 254 jeder Glasbläser. Bei *a* wird ein Gummischlauch zum Aufblasen angesteckt in dessen anderes Ende ein gläsernes Hahnrohr (wie es beim Apparate Fig. 250 verwendet wurde) eingesteckt wird. In das Manometer



kommt Weingeist, der mit einer Spur Fuchsin licht rosenrot gefärbt ist. Bei *a* wird der Apparat durch einen hölzernen Retortenhälter gehalten und etwa 2 cm vor den Kondensorlinsen aufgestellt. Mittels eines kleinen Schälchens bringt man an das Trichter-



ende Seifenlösung und bläst eine Blase von einigen Zentimetern Durchmesser auf, worauf man den Hahn des Anblasrohres schließt. Die während des Aufblasens ziemlich große manometrische Differenz schwindet nun fast gänzlich — der Radius der Blase ist eben zu groß. Öffnet man nun den Hahn von Zeit zu Zeit, so schrumpft die Blase ein und das Manometer zeigt wachsenden Druck, der ein Maximum ist, wenn die Blase sehr klein (höchstens erbsengroß) ist.

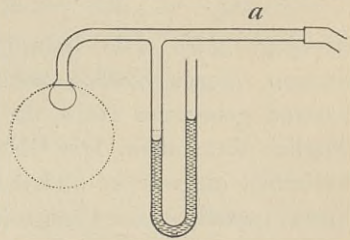


Fig. 254. Manometrische Messung des Druckes in einer Seifenblase.

Fig. 255. Herstellung eines Kommunikationsrohres mit kapillarem Schenkel.

\*) Die hierfür meist gegebene Vorschrift, einen mit Seifenlösung benetzten geschlossenen Faden auf eine Lamelle aufzulegen und die letztere innen zu durchstechen, liest leicht, erfordert aber zu ihrer Durchführung eine ziemlich große Geschicklichkeit, während der oben beschriebene Versuch spielend leicht ausführbar ist und unfehlbar gelingt.



Für die eigentliche Haarröhrchenwirkung werden eigene kleine, zur Projektion geeignete Apparate geliefert (Mk. 12.—). Am zweckmäßigsten sind wohl solche in Form von Kommunikationsgefäßen. Man kann dieselben sehr leicht selbst anfertigen. Hierzu zieht man Glasröhren von etwa 4 bis 5 mm innerer Weite aus (Fig. 255 a) und schneidet sie bei *a* durch einen Feilstrich ab. Ziemlich hoch über einer ganz kleinen Spiritusflamme wird dann der kapillare Teil nach Fig. 255 b umgebogen. Je zwei solcher Röhren, in

denen der kapillare Teil verschieden weit ist, befestigt man an einer quadratischen Glasplatte, die auf der Rückseite mit einer Maske aus schwarzem Papier überklebt

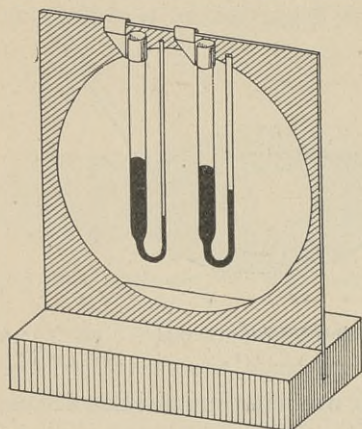


Fig. 256. Montierung von Kapillargefäßen zur Projektion.

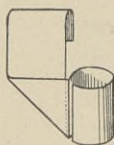


Fig. 257. Zur Herstellung der Blechkammer für die Kapillargefäße in Fig. 256.

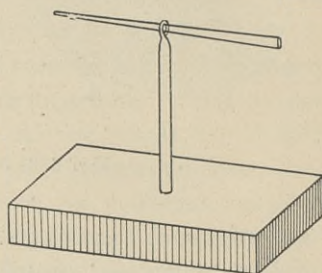


Fig. 258. Konisches Kapillarrohr.

ist (Fig. 256). Die Befestigung erfolgt mittels einer aus einem Streifen dünnen Messingbleches nach Fig. 257 gebogenen Klammer, in deren federnd gebogener Hülse die weiteren Rohrteile durch bloße Reibung hinlänglich fest haften. Die Glasplatte wird in ein mit Schlitz versehenes Holzklötzchen eingesteckt und damit auf ein Tischchen dicht vor die Kondensorenlinse gestellt. Ein Paar solcher Röhren wird mit Quecksilber gefüllt und kann im gefüllten Zustand verbleiben, wobei man nur in die weiteren Rohrteile kleine Stöpsel aus Filtrierpapier einsteckt, um Staub abzuhalten. Zwei andere werden mit gefärbtem Wasser (entweder nicht zu licht rosenrot durch eine Spur Fuchsin oder auch durch Methylenblau, Anilingerün u. s. w. ziemlich blaß gefärbt) gefüllt, müssen aber nach erfolgter Benützung zuerst mit verdünnter Schwefelsäure, dann mit Wasser, endlich mit Alkohol ausgewaschen werden. Peinlichste Reinlichkeit ist die Grundbedingung für das Gelingen aller derartigen Versuche.

Für einen anderen hierher gehörigen Versuch sucht man aus Kapillaren, die man durch Ausziehen von Röhren nach Fig. 255 erhält, ein etwa 4—5 cm langes, ganz schwach konisches Stück aus (Fig. 258). Für dasselbe macht man einen einfachen Ständer aus einem Glasröhrchen, deren Kapillare man zu einer Öse gebogen hat. In diese wird das konische Glasröhrchen eingesteckt und mit einer Spur Syndetikon (oder besser mit



Picein) festgeklebt. Das Röhrchen wird zuerst mit ganz wenig Alkohol durchgewaschen und dieser mit Löschpapier (an der engeren Öffnung) abgesaugt. Für den Versuch kommt das Röhrchen vor den Kondensor, worauf man mit einem Glasstabe einen Tropfen gefärbten Alkohols an das weitere Röhrende bringt. Es zieht sich ein kurzer Flüssigkeitsfaden hinein, der infolge der Oberflächenspannung gegen das engere Ende der Röhre wandert.

Zur Ausführung des Versuches mit dem Glasplattenkeile läßt man zwei quadratische Spiegelglasplatten von 8 bis 10 *cm* Seite schneiden und schleift ihre Ränder mit Smirgel sauber ab. Beide Platten müssen sehr gut gereinigt werden; darauf legt man sie aufeinander, nachdem man auf der einen Seite einen schmalen, etwa 1—2 *mm* dicken Blechstreifen dazwischen gelegt hat. Das Plattensystem wird dann durch ein Gummiband umschlungen, hierauf in eine flache Schale mit ziemlich dunkel gefärbtem Wasser gelegt, so daß der Keil sich ganz mit Flüssigkeit füllt.

Nach dem Aufrichten zeigt sich auch nach dem Herausnehmen die bekannte Figur der gleichseitigen Hyperbel, die nun projiziert werden kann. E. Leybolds

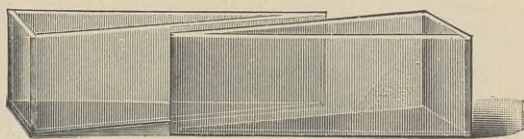


Fig. 259. Keilförmige Wannen für Projektionszwecke von E. Leybolds Nachfolger in Köln.

Nachfolger, Köln, liefert für diesen Versuch ganz schwache keilförmige Wannen (Mk. 5.— per Stück); hat man davon zwei Stück, so kann man in der einen die Erscheinung mit gefärbtem Wasser, in der anderen mit Quecksilber zeigen.\*)

## 5. Der Plateausche Versuch.

Begnügt man sich für diesen Versuch damit, zu zeigen, daß eine größere Menge Olivenöl in einem Wasser-Weingeistgemisch von gleicher Dichte die Kugelform annimmt, so wird man eine Leyboldsche Küvette passender Größe (Nr. 2665, außen 120 *mm* hoch und breit, innen 50 *mm* tief, Preis Mk. 7.75) anwenden. Um zu beurteilen, ob das Gemisch aus Wasser und Alkohol (in ungefähr gleichen Mengen gut gemischt) die richtige Dichte hat, bringt man kleine Öltröpfchen in die Mischung. Am besten ist es, wenn die Flüssigkeit in den tieferen Schichten um ein Minimales dichter ist als das Olivenöl (also etwas mehr Wasser enthält), in den oberen Schichten um eine Spur weniger dicht ist (also etwas mehr Alkohol enthält). Man darf aber des Guten ja nicht zu viel in dieser Hinsicht tun, sonst wird die Ölkugel abgeplattet! Das zu dem Versuche benützte Öl wird entweder durch Alkana rot oder — was vorzuziehen ist — durch längeres Stehen über Kupferoxyd (in einem Fläschchen) in gelinder Wärme — etwa auf

\*) Diese Wannen sind auch für Absorptionsspektren sehr bequem, da durch Verschieben der Wanne vor dem Spalt die Dicke der absorbierenden Schichte variiert werden kann, ferner für Versuche über subtraktive Farbmischungen u. s. w.



dem Ofen — und oftmaliges Umschütteln grün gefärbt. Vor dem Gebrauche muß das Öl durch eine Filtrierpapierdüte mit feiner Öffnung an der Spitze filtriert werden. Die Einbringung einer größeren Ölkugel (2—3 cm Durchmesser) in die Gefäßmitte erfolgt, indem man das Öl mit einer Pipette aufsaugt, diese in die Flüssigkeit bringt und das Öl nun langsam ausfließen läßt. Sehr lehrreich ist es, zuerst mehrere haselnußgroße Kugeln zu erzeugen und sie durch einen mit Öl benetzten Draht oder Glasstab zu vereinigen, ferner eine rot- und eine grüngefärbte Kugel von gleicher Größe zu vereinigen; es entsteht ein außen völlig kugeliger, halb rot und halb grün gefärbter Tropfen. Jedenfalls muß man auch zeigen, wie ein größerer Öltropfen nach Deformation mit dem fettigen Drahte seine Kugelform von selbst wieder annimmt, wie er durch einen Glasstab in zwei Tropfen geteilt werden kann u. s. w.)\*

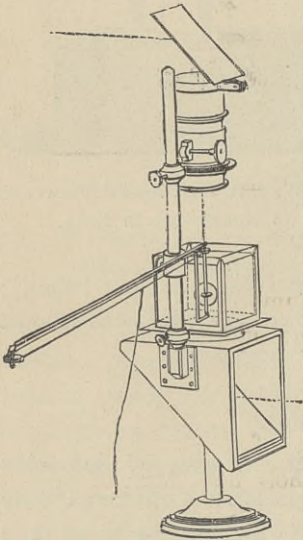


Fig. 260. Apparat für den Plateauschen Versuch mit Horizontalprojektionsapparat nach Weinhold, hergestellt von M. Kohl in Chemnitz. im Durchmesser zu nehmen. dann plötzlich sehr schnell erfolgen.

Mehr Umstände macht es, wenn man die Abplattung des Öltropfens durch Rotation zeigen will. Hier dürfte der von Weinhold angegebene Apparat, den Fig. 260 zeigt und der zur Verwendung mit dem Horizontalprojektionsapparate bestimmt ist, am besten geeignet sein. (Preis bei M. Kohl in Chemnitz Mk. 24.— ohne Horizontalprojektionsapparat.) Durch langsames Ziehen an der Schnur erhält man die Abplattung, die sich durch Vergrößerung des Äquatorialdurchschnittes zu erkennen gibt, durch rascheres Ziehen die Ablösung des Ringes, durch einen sehr raschen Ruck an der Schnur das Zerreißen des Ringes zu mehreren Teilen, die sich zu Kugeln ausbilden. Der Apparat gestattet natürlich auch die Projektion des Vertikalschnittes in der gewöhnlichen Weise.\*\*)

Zur Ausführung dieses Versuches gibt W. Biegen von Czudnochowski in P. Z. XIX., S. 103, bemerkenswerte Winke. Er verwendet statt Olivenöls Vaselineöl (20 cm<sup>3</sup>), dem in einer Reibschale feinstes Holzkohlenpulver (4 cm<sup>3</sup>) sowie — zur größeren Bündigkeit — Vaseline (bis zu 10 cm<sup>3</sup>) zugerieben wird. Die Kugel empfiehlt er, nur 1½—1¾ cm Die Drehung soll zuerst ziemlich langsam (zur Abplattung),

\*) Das Wasser-Weingeistgemisch filtriert man nach dem Versuche in eine gut verschließbare Flasche und hat dann in einem nächsten Jahre viel weniger Mühe mit dem sonst ziemlich zeitraubenden Mischen.

\*\*) Einen ähnlichen Apparat, der jedoch mit der gewöhnlichen Transmission der Schwungmaschine ausgestattet ist und gleichfalls die Projektion nach Äquator und Meridian der Ölkugel gestattet, liefert mit im Feuer gekitteter Glaswanne Leybolds Nachfolger in Köln um Mk. 28.—.



## 6. Kohäsionsfiguren.

Unter dieser Überschrift wollen wir einige Versuche vereinigen, welche im physikalischen Unterricht an Mittelschulen, da man auf ihre keineswegs sehr einfachen Erklärungen nicht leicht eingehen kann, mehr den Charakter interessanter Spielereien annehmen. Immerhin gewähren diese Erscheinungen aber derartig das Auge fesselnde Bilder, daß einer oder der andere dieser Versuche, wenn er den Schülern vorgeführt wird, das Interesse für physikalische Vorgänge mächtig anzuregen vermag — und das ist ja schließlich mit eine wichtige Aufgabe jedes Unterrichts.

Interessante **Erscheinungen der Ausbreitung von Flüssigkeiten** erhält man, wenn man auf das Tischchen des Horizontalprojektionsapparates eine flache Schale mit Spiegelglasboden\*) legt, welche zuvor mit Ätzkalilauge sehr gut gereinigt, mit Wasser reichlich ausgespült und in welche, ohne sie auf der Innenseite zu trocknen, ganz wenig völlig reines Wasser gegeben wurde. Läßt man einen einzigen Tropfen Korianderöl hineinfallen, so verteilt sich dieses sofort zu einem großen kreisförmigen Felde, welches alsbald in ein moosartiges Muster übergeht und sich dann in unzählige kleine Kügelchen trennt. Eine ähnliche interessante Erscheinung ruft Zimtöl hervor. Diese Öle werden zweckmäßig mit Alkanna gefärbt. — Auch blau oder violett gefärbter Alkohol gibt auf Öl sehr schöne Ausbreitungsfiguren.

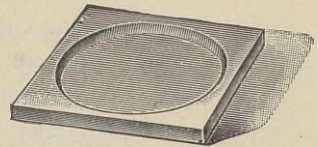


Fig. 261. Flache Glasdose zu Projektionszwecken mit dem Horizontalprojektionsapparate von E. Leybolds Nachf. in Köln.

Ist eine solche Schale mit gefärbtem Wasser auf der Bodenfläche nur benetzt und läßt man einen Tropfen starken Alkohols auffallen, so weicht das Wasser, da die Oberflächenspannung der Mischung von Wasser mit Alkohol geringer ist als jene des reinen Wassers, von der vom Alkohol getroffenen Stelle nach allen Seiten zurück, so daß sich um diese Stelle herum ein dicker Wulst von Wasser bildet.

Eine ähnliche, mit dem gewöhnlichen Projektionsapparat vorführbare Erscheinung ist die folgende: Eine Glasküvette wird mit Weingeist (nicht mit sehr wasserfreiem) halb gefüllt. Ein sehr sauber geputzter Glasstreifen wird in vertikaler Lage eingetaucht und dann etwas emporgezogen, so daß er zum Teile noch in der Flüssigkeit steckt, aber daß auf ihm eine etwa 1 cm breite benetzte Fläche entsteht. Da der Alkohol nun rascher verdunstet als das Wasser und in den der Flüssigkeit benachbarten benetzten Stellen des Glasstreifens von dieser aus wieder Alkohol hineindiffundieren kann, so ist der Flüssigkeitsbelag unten alkoholreicher als oben. Oben ist demnach die Oberflächenspannung größer als unten, es zieht sich deshalb am oberen Rande das Wasser in Tropfen zusammen, welche, wenn sie hinlänglich schwer sind, am Glase herabrollen (Tränen starken Weines am Glase).

\*) E. Leybolds Nachfolger in Köln, liefert flache Glasdosen, bestehend aus einer dicken quadratischen Glasplatte mit kreisrunder eingeborhter Vertiefung (Durchmesser 100 mm, Tiefe 10—11 mm) zum Preise von Mk. 3.50 (Fig. 261).



Sehr interessante Bilder gibt die **Auflösung von Farbstoffen** u. dgl. im Projektionsbild. Stellt man eine Kuvette mit Wasser vor den Kondensor und bringt auf das Wasser winzige Mengen fester Anilinfarbstoffe (besonders geeignet ist Eosin, Brillantgrün und Methylviolett), so sinkt jedes Farbstoffteilchen mit Hinterlassung eines farbigen Bandes unter, das sich bald in zwei Bänder teilt, deren jedes sich wieder verästelt etc. Auch in einer mit Alkohol gefüllten Kuvette lassen sich derartige schöne Erscheinungen hervorrufen, wenn man Tropfen von in Alkohol gelösten Anilinfarbstoffen mit einem Glasstabe auf die innere Glaswand oberhalb des Flüssigkeitsspiegels hinbringt; dieselben bilden beim Hinabfließen in den Alkohol die früher ange deuteten schönen Kohäsionsfiguren; besonders schön wird das Schauspiel, wenn man im Abstand von etwa 12 mm verschiedenfarbige Tropfen anbringt.

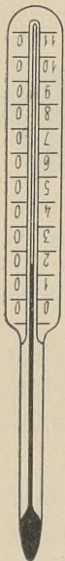


Fig. 262.  
Projektions-  
thermometer.

Schöne, sich vielfach teilende **Wirbelringe** erhält man unter anderem beim Eintropfen von Kalilauge in Wasser, dem etwas alkoholische Phenolphthaleinlösung zugesetzt wurde, von Koche-nillelösung (in destilliertem Wasser) beim Eintropfen in Alaunlösung oder in eine Lösung von oxalsaurem Ammoniak, von Karbolsäure in Olivenöl, von Lavendelöl in Alkohol, von mit Anilinfarben gefärbtem Glycerin in verdünntes Glycerin, von grün gefärbtem Amylalkohol in Petroleum u. s. w.

Auch die bekannte **Rotationserscheinung des Kampfers** auf reinem Wasser gibt mit dem Horizontalprojektionsapparate ein sehr interessantes Schauspiel.

## 7. Verwendung eines Projektionsthermometers.

Wenn man auch in der Wärmelehre viele Erscheinungen, bei welchen Temperaturänderungen eintreten, in qualitativer Weise durch Thermoskope (vielfach auch durch die von Heß und von Rebenstorff zu mannigfaltigster Verwendung empfohlenen „Farbenthermoskope“) objektiv sichtbar machen kann, so gibt es doch verschiedene Experimente, bei denen man quantitative Messungen mit dem Thermometer vornehmen muß (es sei nur auf Versuche mit Kältemischungen, auf das Experiment mit dem Papinschen Topfe u. a. hingewiesen). In diesem Falle leistet ein Projektionsthermometer vorzügliche Dienste. Eine für alle vorkommen-den Fälle ganz vorzügliche Form\*) hat jüngst Karl Lichtenecker, Prag,\*\*) angegeben (Fig. 262). Die Zahlen der Skala sind natürlich umgekehrt an-

\*) Sie besitzt gegenüber den älteren Formen unter anderem den bedeutsamen Vorzug, daß das Quecksilbergefäß aus dem Bereiche der wärmespendenden Kondensorlinsen entrückt ist.

\*\*\*) P. Z. XIX., S. 292; solche Projektionsthermometer werden preiswert und sehr präzise von der Glasbläserei Schmidt & Schübel in Frauenwald in Thüringen erzeugt. Besondere Wünsche hinsichtlich der Skala werden entgegenkommend berücksichtigt.



geschrieben. Man benötigt meist zwei solcher Thermometer; ein Quecksilberthermometer für einen Meßbereich von  $-20^{\circ}$  bis  $150^{\circ}$  (zwischen  $90^{\circ}$  und  $110^{\circ}$  in Zehntelgrade geteilt) und ein Weingeistthermometer von  $+20^{\circ}$  bis  $-100^{\circ}$  C.

### 8. Ausdehnung starrer Körper.

Bei dem von Weinhold\*) angegebenen Apparate zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten fester Körper werden drei Röhren aus Eisen, Messing und Glas verwendet und wird die Skala sowie der an jeder Röhre angebrachte Zeiger projiziert.

### 9. Farbenänderung beim Erwärmen infolge Ausscheidung des Kristallwassers.

Man vermischt eine warme Gelatinelösung mit Kobaltchlorür, gießt die rosenrote Flüssigkeit auf eine reine Glastafel, läßt sie erstarren und völlig trocken werden. Bringt man die trockene Glasplatte vor den Kondensator des Skioptikons, so nimmt das anfänglich rosenrote Lichtfeld auf dem Schirme bald eine himmelblaue Färbung an.

### 10. Ein Versuch über die Spannkraft des Wasserdampfes.

Zum Nachweise, daß die Spannkraft des Wasserdampfes bei  $100^{\circ}$  C. gleich dem Drucke einer Atmosphäre ist, beschreibt R. Glazebrook\*\*) einen äußerst übersichtlichen Versuch. Den hierzu nötigen, für die Projektion sehr geeigneten Apparat kann sich jeder Lehrer leicht nach folgenden Angaben verfertigen.

Ein einerseits zugeschmolzenes Glasrohr von etwa 25 cm Länge wird, wie Fig. 263 zeigt, heberförmig gebogen, so daß der kürzere Schenkel etwa 8 cm lang ist und beide Schenkel einander recht nahe liegen. Durch einen kleinen, mit einem Schlauchstückchen an das offene Ende angesteckten Trichter füllt man eine Quecksilbersäule von etwa 9 cm Länge ein und befördert sie durch Schütteln und Neigen der Röhre, wobei man das offene Ende mit dem Finger schließt, in den geschlossenen Schenkel. Ist dies erreicht, so wird die Röhre in der Neigung, welche Fig. 264 erkennen läßt, in einen Retortenhälter geklemmt und durch Bestreichen der Röhre mit der Flamme eines Bunsenbrenners, wobei man die letztere zwischen *a* und *b* bewegt, das Quecksilber vollkommen luftfrei gemacht. Ist dies so weit gelungen, daß keine Spur von Luftblasen mehr wahrnehmbar ist, so wird die Röhre aufgerichtet und werden nach dem Erkalten kleine Partien Quecksilber (etwa 6—8 cm lange Quecksilbersäulen) in den offenen Schenkel gefüllt und auch

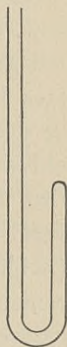


Fig. 263.  
Manometerrohr.

\*) Physikalische Demonstrationen, 4. Aufl., S. 472, Fig. 334.

\*\*) Grundriß der Wärme, deutsch von Dr. Otto Schönrock; Berlin, S. Calvary & Co.



dessen Quecksilberinhalt durch Erhitzen möglichst luftfrei gemacht. Man muß dabei geduldig bleiben und immer wieder das Quecksilber und das Glas ziemlich auskühlen lassen, um nicht Gefahr zu laufen, durch Eingießen kalten Quecksilbers ein Zerspringen der noch heißen Glasröhre zu verursachen. Ist nun das ganze Rohr mit luftfreiem Quecksilber gefüllt, so befestigt man es in aufrechter Lage in einem Retortenhälter, stellt eine

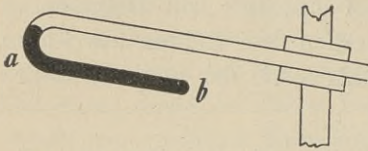


Fig. 264. Füllung des Manometers.

größere Schale unterhalb auf und verdrängt durch Einschieben eines dicken, das Lumen der Röhre fast ausfüllenden, wohlgereinigten Eisendrahtes aus dem offenen Schenkel so viel Quecksilber, daß ein etwa 15 mm langes Stück der Röhre leer wird. In den so gewonnenen Raum füllt man mit

einer Pipette ausgekochtes und daher luftfreies Wasser, bis die Röhre wieder völlig gefüllt ist. Dann verschließt man sie mit dem Finger, dreht sie langsam um 90°, so daß die Krümmung nach oben gelangt und das Wasser dorthin aufsteigt. Dann setzt man diese Drehung noch weiter fort, so zwar, daß das Wasser in den geschlossenen Schenkel aufsteigt. Nun wird die Röhre wie vorhin in einen Retortenhälter aufrechtstehend eingeklemmt, die Schale daruntergebracht und durch den früher verwendeten Eisendraht so viel Quecksilber aus dem offenen Schenkel verdrängt, daß es in diesem Schenkel etwa nur 1 cm hoch steht. Das nunmehr fertige Manometer kommt in ein Mantelrohr (Lampenzylinder), das durch Korke beiderseits abgeschlossen ist und mit je einem knieförmig gebogenen Glasrohr als Dampfzuführungs-, bzw. Dampfableitungsrohr versehen wird (Fig. 265). Den ganzen Apparat fixiert man in der Klammer eines Bunsenstativs und stellt ihn so vor den Kondensator des Projektionsapparates, daß die Mitte des Mantelrohres mit dem Manometer auf dem Schirme abgebildet wird. Dann stellt man unter *a* ein Auffanggefäß\*) und leitet bei *z* mittels eines Gummischlauches aus einem Kochkolben Wasserdampf ein. Anfänglich wird nun freilich das Mantelrohr durch Kondensationswasser undurchsichtig; bald aber ist alles auf 100° C erhitzt und die Rohrwand klärt sich wieder. Das Quecksilber nimmt nunmehr den in Fig. 265 angedeuteten Stand ein: der im geschlossenen Röhrechen über dem Wasser und Quecksilber befindliche Wasserdampf übt somit auf das letztere genau denselben Druck aus wie die von außen bei *o* einwirkende Luft.

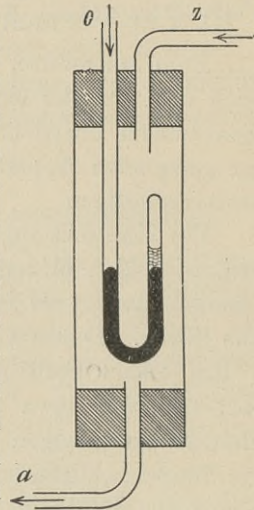


Fig. 265. Apparat nach Glazebrook.

\*) Das Rohr *a* wird in Wirklichkeit etwas weiter nach links geführt, damit die aufsteigenden Dämpfe nicht die Projektion stören.



Der einmal hergestellte Apparat kann nunmehr Jahr für Jahr seinen Dienst tun. Doch kann man, wenn man das Manometer tatsächlich sehr luftfrei gemacht hat und nach längerer Pause den Versuch wieder vornimmt, die Überraschung erleben, daß er nicht gelingt! Es tritt eben dann leicht ein Siedeverzug ein. Ein kräftiges Erschüttern des Bunsenstativs genügt aber, um den Siedeverzug auszulösen und den Apparat dann für einige Zeit wieder sehr dienstwillig zu machen. Es empfiehlt sich daher, den Versuch kurz vor der Benützung in der Stunde einmal durchzuführen. — Es ist uns kein Versuch bekannt, der einfacher, bequemer und zugleich einleuchtender die fundamental so wichtige Tatsache demonstrieren würde.

## 11. Versuche über Verflüssigung des Kohlendioxyds und über die Erscheinungen der kritischen Temperatur.

Die zur Projektion geeignete Andrewsche Presse zur Verflüssigung von Kohlendioxyd zeigt die Erscheinung der Liquefaktion sowie das Auftreten der charakteristischen Nebel beim Wiedervergasen (M. Kohl in Chemnitz Mk. 44.—), die auch mit dem einfachen von Weinhold hiezu angegebenen Apparate (Ph. Dem. S. 542, Fig. 365) mit Schwefeldioxyd gezeigt werden kann (M. Kohl, Mk. 5.50).

## 12. Modell der Schiebersteuerung einer Dampfmaschine.

Der Vollständigkeit halber — jedoch ohne gerade zu der Anschaffung sonderlich das Wort zu reden — sei erwähnt, daß ein zwischen Glasplatten eingebautes Durchschnittsmodell eines Dampfzylinders mit Schiebersteuerung (zum Preise von Mk. 40.— bis 50.—) in den Handel kommt, das direkt für die Projektion mit dem Skioptikon bestimmt ist. Der Weg des Dampfes kann in demselben durch Einblasen von Zigarrenrauch sehr gut sichtbar gemacht werden.

## 13. Absorption der Wärmestrahlen durch farbige Gläser.

Hiezu konstruierte Stöhrer in Leipzig ein zum Gebrauche mit dem Projektionsapparate geeignetes zweiflügeliges Radiometer, das, durch die Wärmestrahlen des Skioptikons angetrieben, seine Umlaufzeit ändert, wenn man farbige Gläser vorschiebt. (Preis komplett Mk. 15.—.)

## 14. Diathermanität des Steinsalzes.

Man verschaffe sich eine Steinsalzplatte und eine ebenso dicke Spiegelglasplatte (Dicke etwa 5 *mm*) und stelle sie beide ganz nahe vor dem Kondensator (nach Entfernung eines etwa vorhandenen Wasserkühlers) auf. Vor diese Doppelplatte kommt eine mit einem Retortenhälter wagrecht gehaltene Stricknadel, an welche mit Wachs je eine Bleikugel angeklebt ist, so zwar, daß sich die eine der beiden Kugeln von der Steinsalzplatte, die andere vor



der Glasplatte befindet. Die erstere fällt, da das Wachs früher schmilzt, zuverlässig früher ab.

## 15. Aufzeichnung von Stimmgabelkurven.

Dieselbe läßt sich in überraschend schöner Weise mit einem Horizontalprojektionsapparate vorführen. Man legt zuerst auf dessen wagrechte Kondensorlinse eine Glastafel, auf deren oberer Fläche irgend eine Linie mit Tinte gezeichnet wurde, und stellt scharf ein. Darauf vertauscht man diese Glastafel mit einer recht gleichmäßig berußten Glasplatte\*) von gleicher Dicke. An einer Zinke einer Stimmgabel, die recht große Exkursionen gibt, wird ein spitzig zugeschnittenes Stückchen aus dünnem, aber steifem Messingbleche befestigt.\*\*) Versetzt man diese Gabel nun in Schwingung und zieht sie derartig gegen sich, daß die Messingspitze über die Rußschichte gleitet, so entsteht eine haarscharfe Wellenlinie. Man erzeugt natürlich mehrere solcher Wellenlinien nebeneinander, wobei man die Schwingungsweite und die Geschwindigkeit der Verschiebung verschieden wählt. Das zauberhaft schnelle Entstehen der leuchtenden Wellenlinien am Schirme wirkt äußerst eindrucksvoll auf die Schüler ein.

## 16. Wellenapparate zur Projektion.

Crova hat eine zur Projektion dienende Wellenmaschine angegeben, welche mit fünf photographischen Glasbildern von Leybolds Nachf. zum Preise von Mk. 40.— geliefert wird. Man kann mit derselben zeigen: 1. die fortschreitende Longitudinalwelle, 2. und 3. die stehende Longitudinalwelle in einer beiderseits freien und in einer nur einseitig freien Punktreihe, 4. und 5. die beiden Fälle der Reflexion. — Auch einen Apparat zur objektiven Demonstration einer sich von einem Mittelpunkte aus kreisförmig fortpflanzenden Welle (Mk. 12.—) und zur objektiven Darstellung der Interferenz zweier Transversalwellen (Mk. 26.—) führt Leybold in seinem Kataloge an. — Ferner ist auch Raschigs Wellenapparat zur Demonstration der Luftbewegung in gedeckten und offenen Pfeifen (P. Z. X, S. 14) speziell zur Projektion eingerichtet (Mk. 50.—).

## 17. Lissajoussche Schwingungskurven.

Von den zahlreichen hiefür gebräuchlichen Apparaten erscheinen aus methodischen Gründen jene die empfehlenswertesten, bei welchen tatsächlich Sinusbewegungen zusammengesetzt werden. Der sinnreichste Apparat hie-

\*) Die Berußung wird ohne Gefahr des Zerspringens der Glasplatte am besten ausgeführt, wenn man an einem Drahte ein kleines Baumwollbüschchen befestigt, dasselbe in Terpentinöl taucht, es entzündet und die Glastafel oberhalb der Flamme so lang hin und her belegt, bis sie über und über mit Ruß gleichmäßig bedeckt ist. Man bereitet natürlich gleich einige Platten vor.

\*\*) Am besten, indem man es mit dünnem Drahte festbindet, dann gelinde erwärmt, bis daraufgebrachtes Picein (S. 207) schmilzt und in die Fuge zwischen Blechspitze und Gabelzinke eindringt.



für ist wohl jener, den P. Czermak in der Zentralzeitung für Optik und Mechanik IV. (1883), S. 145 und 146, beschrieben hat. Bei denselben verschieben sich zwei normal aufeinanderliegende Schlitzbleche, die genaue Sinusbewegungen machen, wobei der beiden Schlitzen gemeinsame, lichtdurchlassende Teil, dessen Bild auf den Schirm projiziert wird, die resultierende Schwingungsfigur beschreibt. Der Apparat gestattet, vom Unisono angefangen, alle Verhältnisse bis zur Oktave 1:2 stetig durchlaufen zu lassen, wobei man auf dem Schirme eine Figur in die andere übergehen lassen kann, auch jede Figur beliebig lange festhalten kann. Es wäre dringend zu wünschen, daß der sehr lehrreiche Apparat von einer leistungsfähigen Firma hergestellt und allgemein bekannt würde.

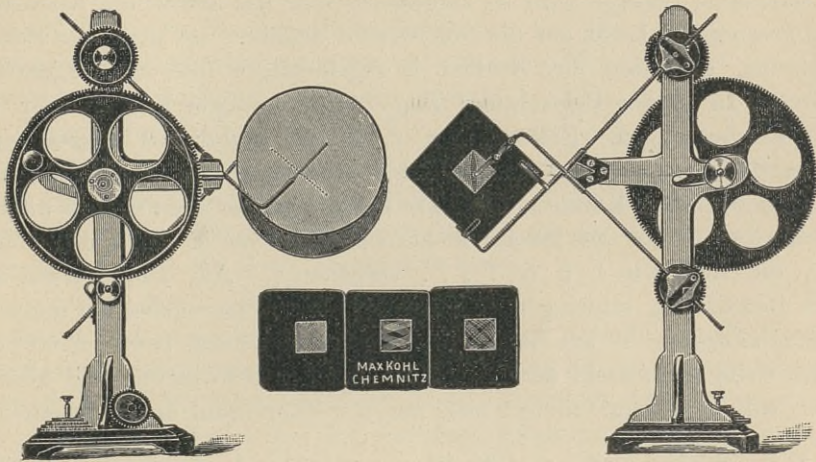


Fig. 266. Apparat nach Stöhrer zur Projektion der Lissajousschen Figuren, hergestellt von M. Kohl in Chemnitz.

Dem Czermakschen Apparate kommt am nächsten der Stöhrersche Apparat (Preis etwa Mk. 70.—, Fig. 266), dessen Zahnradübertragungen in neuerer Zeit auch durch eine Riementransmission ersetzt wurden, so daß der Apparat auch billiger (Mk. 30.—) hergestellt wird.

## 18. Einige Versuche mit stroboskopischer Beleuchtung.

Das Wesen der stroboskopischen Methode zur Untersuchung schwingender Körper — eine Methode, welche ursprünglich von Plateau herrührt und von Töpler, Doppler, E. Mach und L. Boltzmann vervollkommenet wurde — beruht darauf, einen schwingenden Körper intermittierend zu beleuchten. Indem wir hinsichtlich der Details und der vielfachen Verwendbarkeit dieser sehr fruchtbaren Methode auf ausführlichere Werke verweisen müssen,\*) beschränken wir uns hier auf eine kurze Be-

\*) Müller-Pouillets, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. In 4 Bänden. Zehnte Auflage, herausgegeben von L. Pfaunder unter Mitwirkung anderer Fachgelehrten, I. Bd., S. 666 ff., S. 723. — E. Mach, Optisch-akustische Versuche, Prag 1873, S. 63 ff.



sprechung einiger mit einfachen Mitteln ausführbaren Versuche, bei denen das Skioptikon — allerdings nur als Beleuchtungsapparat — zur Verwendung kommt.

Zur Herstellung einer intermittierenden Beleuchtung benützt man am einfachsten eine mit Schlitzern versehene Pappscheibe,<sup>\*)</sup> die durch einen passenden Elektromotor in konstanter Rotation erhalten wird. Die neueren Motoren (selbst verhältnismäßig kleine) können, wenn man sie an Stromleitungen von konstanter Potentialdifferenz<sup>\*\*</sup>) anlegt und einen recht präzise regulierbaren Vorschaltwiderstand<sup>\*\*\*</sup>) vorlegt, sehr genau auf eine bestimmte Tourenzahl eingestellt werden und halten dieselbe sehr gleichmäßig durch lange Zeit ein. Die auf diese Art mit konstanter Umlaufzeit einzustellende stroboskopische Scheibe wird so aufgestellt, daß das durch die Kondensoren-linsen gesammelte Licht auf die Schlitzreihe auffällt. Ist somit die Scheibe in Rotation, so lassen ihre Schlitzreihen in regelmäßigen Intervallen Lichtblitze hindurch. In dieser Beleuchtung zeigen nun bewegte Körper sehr auffällige Erscheinungen. Bewegt man z. B. die Hand mit ausgespreizten Fingern rasch hin und her, so erscheinen an derselben mehr als fünf Finger. Läßt man ein Stück Kreide in der Nähe herabfallen, so sieht man es während der sehr kurzen Zeit des Fallens mehrmals, und zwar in Abständen voneinander, die sich wie 1:3:5:7 . . . verhalten.†) Am lehrreichsten aber ist die Betrachtung schwingender Körper.††) Eine Stimmgabel mit möglichst großer Exkursion — am besten eine elektromagnetisch betriebene †††) — scheint, wenn die Anzahl der Lichtblitze mit der Schwingungszahl übereinstimmt, still zu stehen. Ändert man nun die Tourenzahl durch Regulierung

\*) Die Schlitzreihen werden mit Hilfe eines passenden Lochdurchschlages von länglicher Form ausgestanzt, nachdem man ihre Plätze durch eine genaue Vieleckkonstruktion bestimmt hat. Die Anzahl der Schlitzreihen richtet sich selbstverständlich nach der Tourenzahl des Motors, doch wird man relativ kleine Scheiben mit einer kleineren Lochzahl (etwa 12—20) des geringen Trägheitsmoments wegen bevorzugen.

\*\*) Bei Starkstromleitungen wird man natürlich nur Abzweigungen im Nebenschlusse anwenden.

\*\*\*) Vorzüglich geeignet ist ein Schiebewiderstand mit kleiner Ohmzahl, wie solche unter anderem von Gebr. Ruhstrat in Göttingen in großer Auswahl und präziser Ausführung bei mäßigen Preisen hergestellt werden. (Vgl. Fig. 48 auf S. 41.) Sie dienen natürlich nur zur feinen Abgleichung, während die gröbere am Schaltbrette besorgt wird.

†) Weitere hieher gehörige Versuche siehe Dr. Karl Rosenberg, Experimentierbuch III, S. 51 und 52.

††) Besonders instruktiv wirkt Meldes Fadenversuch; über dessen Ausführung mit einfachen Mitteln vgl. Dr. Karl Rosenberg, Schulversuche mit einfachen Mitteln (in den Vierteljahrsberichten des Wiener Vereines zur Förderung des phys. und chem. Unterrichts X. Jahrg., S. 72). — Ernecke erzeugt hiefür einen Elektromagneten mit schwingender Feder als Ersatz elektromagnetisch anregbarer Stimmgabeln (Mk. 55.—).

†††) In vorzüglichster Ausführung liefert eine solche der Mechaniker Schmidt in Gießen um Mk. 40. — Dieselbe ist auch vorzüglich geeignet zur Bestimmung ihrer Schwingungszahl nach dem sinnreichen Verfahren, welches Noack in P. Z. VII, 120 (mittels seiner rotierenden Trommel) beschrieben hat.



des Vorschaltwiderstands nur minimal ab, so scheint sich die Gabel ganz langsam zu bewegen u. s. w. \*) — In der stroboskopischen Beleuchtung löst sich ein mit konstanter Ausflußgeschwindigkeit aus einer Mariotteschen Flasche fließender Wasserstrahl in die bekannten schwingenden Tropfenformen auf\*\*).

## 19. Versuche über magnetische Kraftlinien.

Die Lehre vom Magnetismus liefert, insbesondere in dem Kapitel der magnetischen Kraftlinien, reiches Material zu Projektionsversuchen.\*\*\*) Von Fundamentalversuchen soll nur ein einziger, als zur Projektion ganz besonders geeignet, beschrieben werden. Eine zum Auflegen auf die obere Kondensorlinse des Horizontalprojektionsapparates bestimmte, mit einer kreisrund ausgeschnittenen Maske aus schwarzem Papier überklebte Glasplatte (Fig. 267) ist bei *a* durchbohrt. In die Bohrung ist mit Picein eine Stahlspitze (Spitze einer Nähnadel) eingekittet, auf welche eine etwa 3 cm lange Magnetonadel aufgesetzt wird. Damit man ihre Pole kenntlich macht, klebt man auf dieselbe mit Picein kreisrunde Scheibchen †) aus farbiger Gelatinfolie (Nordpol rot, Südpol grün). Nähert man — wie Fig. 267 erkennen läßt — ein etwa 10—12 cm langes Stäbchen aus Weicheisen der Nadel, so erfolgt Anziehung. Legt man aber vor die Nadel (in die punktiert gezeichnete Lage) einen etwa

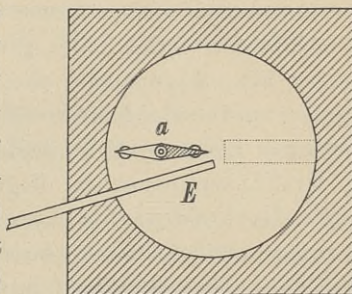


Fig. 267. Versuch über magnetische Influenz.

\*) Überraschend wirkt dabei auch die langsame Bewegung ihres Schattens auf einem Projektionsschirme.

\*\*\*) Einen besonders für diesen Versuch dienenden Apparat bringt die Firma Stührer in Leipzig zum Preise von Mk. 20.— in Handel.

\*\*\*) Der Verfasser mußte anlässlich eines größeren, populärwissenschaftlich gehaltenen Experimentalvortrages über magnetische Kraftlinien in der „Wiener Urania“ auch die Fundamentalerscheinungen des Magnetismus (Wechselwirkung zweier Magnetpole, magnetische Influenz u. s. w.) in objektiver Darstellung vorführen. Er bediente sich hiezu fast ausschließlich des Horizontalprojektionsapparates. Auf dessen Tischchen wurde z. B. eine Glasplatte aufgelegt, die in der Mitte durchbohrt war. In die Durchbohrung war eine Stahlspitze eingekittet, auf welche eine Deklinationsnadel so aufgelegt war, daß sie dicht über der Glasplatte schwingen konnte. Ihre Pole waren durch mit Picein angeklebte kreisrunde Scheibchen aus farbiger Gelatine (Nordpol rot, Südpol grün) weithin kenntlich gemacht. Mit einer zweiten, völlig gleichartig hergerichteten Nadel, die in der Hand gehalten und abwechselnd mit ihren gleichnamigen oder ungleichnamigen Polen denjenigen der ersten Nadel genähert wurde, konnte das magnetische Grundgesetz demonstriert werden. Ein an einem dünnen Holzgriffe hammerartig befestigtes Stückchen Weicheisen diente zu Influenzversuchen u. s. w. — Schließlich kann bei einiger Erfindungsgabe fast jeder Versuch, wenn nötig, in zur Projektion geeignete Form gebracht werden.

†) Am bequemsten mit einem scharfen Korkbohrer auf einer mehrfachen Papierunterlage auszustanzten.



5—8 cm langen, 1 cm : 1 cm starken Magnet und nähert *E*, wie die Figur andeutet, von der Seite aus, dem Nadelpole, so drängt der durch Influenz in *E* erzeugte Magnetpol den gleichnamigen Nadelpol zurück. Da die Abstoßung in Wirklichkeit natürlich nicht sehr groß ist, wirkt die Vergrößerung im Projektionsfelde sehr günstig.

Das sehr wichtige Kapitel der magnetischen Kraftlinien wird durch folgenden fundamentalen Versuch erläutert. \*) Man läßt vom Mechaniker einige etwa 5 cm lange, 1 cm : 1 cm starke Magnetstäbe aus gutem Magnetstahl machen, bestimmt ihre Poldistanz und konstruiert nach der Methode von Rogee auf einem Blatte Papier recht genau ihre Kraftlinien. \*\*) Man verschafft sich ferner eine ganz kleine Bussole (Durchmesser 15 mm), bei welcher eine Magnetnadel zwischen zwei Glasplatten spielt. \*\*\*) Indem man dieselbe an verschiedene Stellen des Kraftliniendiagramms bringt und den erwähnten Stabmagnet so auflegt, daß seine Pole über die Knotenpunkte des Kraftliniensystems zu liegen kommen, erprobt man zunächst die Richtigkeit des konstruierten Kurvensystems. Ist man von derselben dadurch überzeugt, daß die Kompaßnadel überall mit dem betreffenden Element der Kraftlinie übereinstimmt (an die letztere überall die tangentielle Lage einnimmt), so überträgt man die Figur mit roter Eosintinte auf die rauhe Schichte einer feinen Mattglasscheibe. Übergießt man dann die Glasscheibe mit photographischem Negativlack, so wird die Scheibe völlig glasklar durchsichtig. †) Unter die Glasplatte klebt man dann an die richtige Stelle den Stabmagnet und zwar mit Picein oder — wenn man das gelinde Vorwärmen scheut — mit einer recht dünnen Schichte Syndetikon; letzteres hält einige Zeit sehr verlässlich, nach ein paar Monaten wird allerdings der erhärtete Klebstoff rissig, der Magnet fällt ab und muß neu angeklebt werden, was ja in wenigen Augenblicken gemacht ist. Die Pole werden wieder durch Ankleben von farbigen Galatinefoliescheibchen (auf die Oberseite der Glas- tafel) kenntlich gemacht. Die so vorbereitete Glasplatte wird dann auf die wagrechte Kondensorlinse des Horizontalprojektionsapparates gelegt, nachdem man vier Korke passender Höhe so zwischengelegt (oder unter die Magnet- linienplatte geklebt) hat, daß der Stabmagnet die Kondensorlinse nicht be- rührt. Legt man nun nach dem Scharfeinstellen des Bildes der Kraftlinien

\*) Wir folgen hier im Lehrgange — wie auch an anderen Stellen — dem Lehr- buche der Physik für obere Klassen von Dr. Karl Rosenberg.

\*\*) Ebert, Magnetische Kraftfelder. Leipzig, A. Barth, S. 78 und 89.

\*\*\*) Solche werden zu Uhranhängseln massenhaft erzeugt und sind ganz billig im Handel zu haben. Der Nordpol ist durch eine Pfeilspitze oder durch einen kleinen Quer- balken kenntlich gemacht.

†) Wer geübt ist, kann auch eine gewöhnliche Glasplatte mit warmer Gelatinelösung 1 : 20 übergießen, die Schichte erstarren lassen und darauf mit roter Tinte die Kurven zeichnen oder auch eine ungebrauchte, in der Dunkelkammer ausfixierte und nach sorgfäl- tigem Wässern getrocknete, photographische Trockenplatte hiezu verwenden. (Über das Zeichnen derartiger Bilder für Projektion siehe auch S. 155.)



auf die obere Glasplatte den früher erwähnten Taschenkompaß und verschiebt ihn an die verschiedensten Stellen des Kurvensystems, so kann die früher geschilderte Tatsache, daß die Nadel sich überall tangential zur Kraftlinie stellt, sehr schön auf dem Schirme von allen Schülern verfolgt werden. Um die Bussole, ohne sie zu berühren, an verschiedene Stellen des Magnetfeldes zu bringen, kann man sie auch auf eine zweite, etwas größere Glasplatte ankleben, diese Platte auf die Glasplatte mit der Kraftlinienzeichnung auflegen und die erstere darauf verschieben. Sehr wichtig ist das Umkreisen jedes Magnetpoles mit der Probiernadel, wobei letztere vom Nordpole wegweist (von diesem strahlen die Kraftlinien gleichsam aus) oder zum Südpole hinweist (zu diesem fließen die Kraftlinien ein), das Verschieben der Nadel in der Indifferenzzone u. s. w.

In ähnlicher Weise demonstriert man das Feld eines Poles; wobei unter der Glasplatte ein kurzer Magnetstab normal zur Ebene der Glasplatte steht.

An diese Versuche schließt sich nun unmittelbar die Sichtbarmachung der magnetischen Kraftlinien durch das Bestreuen mit Eisenspänen. Unter eine gewöhnliche Glasplatte ist ein dem früheren kongruenter Magnet gelegt oder an dieselbe angeklebt. Die Platte wird wie die frühere auf den Horizontalprojektionsapparat gebracht und man streut nun mit einem kleinen Siebe (engste Messinggaze, wie sie für Müllereizwecke verwendet wird) Eisenfeilspäne — nicht Eisenpulver! — recht gleichmäßig darüber. Durch Klopfen an die Glasplatte bilden sich die Kraftlinien aus, ein — in dieser Form ausgeführt — höchst reizvoller, dem Schüler sich unverlöschlich einprägender Anblick.

Nach derselben Methode werden nun andere Kraftfelder demonstriert (Feld zwischen zwei gleichnamigen, zwischen zwei ungleichnamigen Polen, gekreuzte Magnetstäbe (— |), parallel liegende Stäbe, Hufeisenmagnet, Weicheisen zwischen zwei ungleichnamigen Polen u. s. w.). Sehr anschaulich wirkt auch für die Erscheinung der Permeabilität die in Fig. 268 angedeutete Anordnung, in welcher *M* den Magnet, *E* ein Stück Weicheisen, *H* ein kongruentes Stück aus Holz oder dgl. vorstellt. Die Versuche, von denen es noch viele andere gibt, sind so fesselnd, daß die einzige Gefahr besteht, daß man sich von ihnen nicht loszureißen vermag und dabei zu lange verweilt.

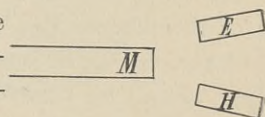


Fig. 268. Zur Permeabilität des Eisens.

Will man Photogramme (Diapositive) besonders sorgsam erzeugter Kraftfelder herstellen, so kann dafür nach vielen hierüber angestellten Versuchen am meisten folgende Methode empfohlen werden. In der photographischen Dunkelkammer erzeugt man bei rotem Lichte die Kraftfelder direkt auf der Schichte photographischer Trockenplatten, wobei man ein möglichst feines Sieb benützt. Man kann hiezu auch eine Blechbüchse mit Eisenpulver (*limatura ferri*) verwenden, die man mit einer doppelten Schichte von recht gut ausgewaschener, aber nicht zu grober Leinwand als Siebdeckel überbunden hat; das gleichmäßige Bestreuen ist aber mit Eisenpulver viel schwerer zu erreichen. Nachdem dann durch



Klopfen das Feld recht schön ausgebildet ist, belichtet man von möglichst weit oberhalb mit einem Streichholz, ohne dasselbe zu bewegen und ohne durch die Hand oder sonstige Schatten auf der Platte zu erzeugen. Die Trockenplatte wird dann hervorgerufen und fertiggestellt. Man kann entweder das Negativ projizieren oder — was vorzuziehen ist, da das Negativ doch fremdartig wirkt — nach einer der üblichen Methoden ein Diapositiv erzeugen (siehe S. 145 ff.). Die so erhaltenen Bilder sind äußerst naturwahr und zeigen auch die sonst vom Magnete verdeckten Feilspänchenkurven, weshalb die Vorführung eines oder des anderen Bildes neben dem Versuche vielleicht nicht ganz überflüssig sein dürfte.

Die Betrachtung des Kraftlinienbildes zwischen zwei ungleichnamigen Polen und desjenigen zwischen zwei gleichnamigen Polen und die Vergegenwärtigung der in beiden Fällen eintretenden Kraftwirkungen (im ersten Falle Anziehung, im zweiten Falle Abstoßung) drängt uns bekanntlich die Vorstellung auf, daß in der Richtung der Kraftlinien eine Art Zug, ein Bestreben, die Kraftlinien zu verkürzen, quer zu dieser Richtung aber eine Art Zug, ein Bestreben, die Kraftlinien auseinander zu drängen, bestehen muß. Um diese bereits von Faraday ausgesprochene Vorstellung zu erläutern, empfiehlt sich folgender Versuch. Man taucht die ungleichnamigen Polenden zweier nicht zu schwacher Magnetstäbe in Eisenspäne und nähert dieselben ober-

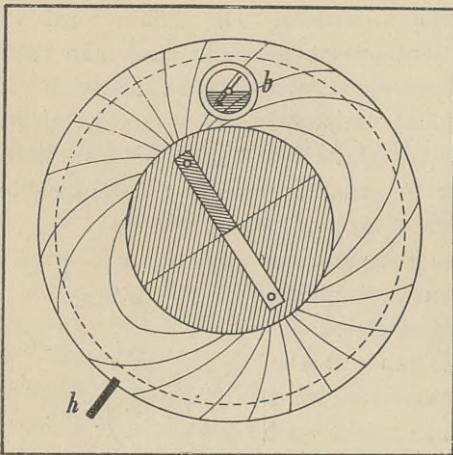


Fig. 269. Modell zur Nachahmung der magnetischen Inklination.

halb der Tischchenplatte des Horizontalprojektionsapparates mit ihren bartartigen Eisenfeilbüscheln langsam einander. Dabei liegen die Magnetstäbe nicht direkt auf der Glasplattenunterlage auf, sondern liegen auf Unterlagen von passender Dicke, damit die Feilspänfäden nicht auf dem Glase streifen. Schon aus einiger Entfernung strecken sich die Bartfäden einander entgegen und schließen sich zu Ketten aneinander. Führt man dagegen denselben Versuch mit zwei gleichnamigen Polen aus, so drängen sich die Feilspänbüscheln gegenseitig förmlich zurück und weichen zur Seite aus.

## 20. Ein Modell zur Nachahmung der Inklination.

Mittels des Horizontalprojektionsapparates kann die Erscheinung der magnetischen Inklination durch folgendes, leicht selbst anzufertigendes Modell in sehr anschaulicher Weise erläutert werden. Auf einer quadratischen Glastafel (Fig. 269) ist ein Bild der Erde (schraffierte Kreisfläche) mit dem, einem kleinen, unter die Glastafel aufgeklebten Stabmagnete\*) entsprechenden Kraftliniensystem (Fig. 269)

\*) In Fig. 269 ist die unrichtige Hälfte des Magnetstabes schraffiert.



dargestellt.\*) Auf diese Glasplatte wird eine Maske aus sehr dicker Pappe (mindestens 3 mm dick) mit einem kreisrunden Ausschnitte aufgeklebt, nachdem zuvor noch eine Maske aus dünnem schwarzem Papier aufgeklebt wurde, deren gleichfalls kreisrunder Ausschnitt durch die punktierte Kreislinie versinnlicht sein soll. In den kreisrunden Pappausschnitt paßt eine runde Glasscheibe, auf welche einerseits ein kleiner Holzgriff (bei *h*), anderseits (bei *b*) eine kleine Bussole (wie eine solche im früheren Abschnitte erwähnt wurde) mit Picein aufge kittet ist. Die eine Hälfte der Bussole ist, wie die Figur durch Schraffierung andeutet, mit einem Stückchen hellblauer Gelatine abgedeckt. Die Trennungslinie desselben soll die Lage des Meeresspiegels versinnlichen. Mittels des Holzgriffes kann die runde Glasscheibe gedreht werden, wobei die Bussole als ein Inklinatorium um die Erde wandert und im Projektionsbilde die Änderungen der Inklination verfolgt werden können (an den magnetischen Polen der Erde, am magnetischen Äquator sowie in den Zwischenlagen).

## 21. Elektroskope zur Projektion.

Dem Goldblattelektroskop hat v. Beetz seit langem eine zur Projektion vorzüglich geeignete Form gegeben. Das Elektroskopgehäuse besteht dabei aus einem Blechzylinder, der vorn und rückwärts mit Glasplatten abgeschlossen ist. Von derselben Form sind die höchst empfindlichen, auch zu Messungen über atmosphärische Elektrizität dienenden Elektroskope von Franz Exner.\*\*\*) Da man zur Projektion der Pendel ohnedies nur bei subtileren Versuchen (z. B. lichtelektrischen Versuchen) greifen wird und bei den einfacheren Versuchen mit direkt sichtbaren Apparaten völlig ausreicht (vgl. S. 246), würden wir die Anschaffung eines Exnerschen Elektroskops angelegentlich empfehlen. Hinsichtlich der Projektion der Pendel (vgl. auch S. 250) ist nun zweierlei zu beachten. Damit die Pendel im Projektionsbilde recht deutlich erscheinen, drehe man das Elektroskop um ein Minimum um seine vertikale Achse. Es ist ferner notwendig, das Elektroskopgehäuse ebenso wie die Blechkammer des Skioptikons leitend mit der Erde (Gasleitung) zu verbinden, da sonst beide von der Starkstromleitung Ladungen annehmen können und Anlaß zu Täuschungen gegeben werden kann.

Auch das bekannte höchst sinnreiche und vielverwendbare Elektrometer von Kolbe (mit Zubehör bei Max Kohl in Chemnitz Mk. 84.—), sowie Säulenelektrometer neuerer Konstruktion u. a. sind durchwegs zur Projektion eingerichtet.

\*) Es wurde hiezu ein größerer Erdglobus in entsprechender Größe photographiert und davon auf einer Chlorbromplatte ein Diapositiv hergestellt. Auf die trockene Gelatineschicht desselben wurden nun nach einem unter der Glasplatte liegenden durch Konstruktion gefundenen Kraftlinienbilde mit einer in Eosintinte getauchten Schreibfeder die Kraftlinien gezeichnet.

\*\*\*) Dieselben liefert in vorzüglicher Ausführung mit Bernsteinisolierung und Projektionsskala, geeicht die äußerst rührige Firma Rich. Müller-Uri in Braunschweig zum Preise von Mk. 46.50.



## 22. Projektion elektrischer Kraftlinien.

Hiefür hat G. Mie in P. Z. XIX, S. 154 ff. einen höchst beachtenswerten Aufsatz gebracht. Er schneidet die Leiter, deren Feld projiziert werden soll, aus Stanniol aus und klebt sie auf eine Glasplatte; Stanniol und Glas werden dann mit einem Schellackfirnis überzogen; am besten dürfte ein Übergießen mit dünner Lösung, wie es beim Überziehen von photographischen Platten mit Negativlack üblich ist, sich bewähren. Für die Zuleitung dienen feine, mit den Stanniolflächen in Verbindung stehende Drahthäkchen, eventuell feine, von oben zugeführte Platindrähte. Zum Bestreuen verwendet man am besten feines Rutilpulver (eventuell auch feine Sägespäne). Ein unipolares Feld wird hergestellt, indem man in die Mitte der Glasscheibe einen kreisrunden Stanniofleck von etwa 1 cm Durchmesser, wie vorhin beschrieben, anbringt und ihn mit der inneren Belegung einer Leiden-

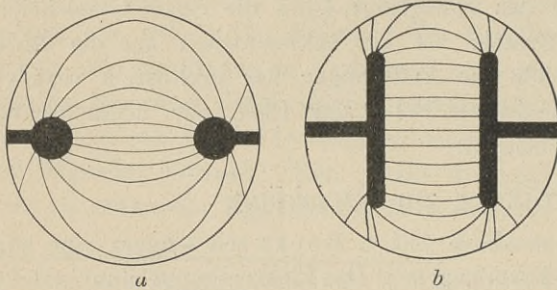


Fig. 270. Elektrische Kraftlinien.

nerflasche von größerer Kapazität, die man aber nur zu ziemlich niederen Potential (etwa 3000 Volt) ladet, in leitende Verbindung setzt. G. Mie gibt a. a. O. photographische Kopien mehrerer sehr lehrreicher Kraftlinienbilder. In Fig. 270 sind zwei Formen von zu verwendenden Leitern angedeutet, die natürlich entgegengesetzt geladen werden müssen. Auch über Spitzenwirkung, Influenz und Schirmwirkung sind a. a. O. Versuche an gegeben.

## 23. Magnetische Felder von Stromleitern.

Ernecke und M. Kohl bringen nach Angabe von Berghoff zum Preise von etwa Mk. 70.— 14 kleine Apparate zur Benützung für den Horizontalprojektionsapparat in den Handel, welche die objektive Darstellung folgender magnetischer Felder gestatten: 1. Stabmagnet; 2. zwei mit entgegengesetzten Polen einander zugekehrte Pole; 3. zwei gleichnamige Pole; 4. Hufeisenmagnet; 5. parallele Magnete, mit gleichen Polen einander gegenüberliegend; 6. desgleichen mit entgegengesetzten Polen; 7. und 8. homogenes Feld; 9. geradliniger Leiter (Längenschnitt); 10. geradliniger Leiter (Querschnitt); 11. Kreisstrom, parallele Ströme von entgegengesetzter Richtung; 12. Parallelwindungen; 13. Solenoid; 14. parallele Ströme von gleicher Richtung (Preis Mk. 70.—). — Ähnliche Apparate nach Herwegen und Ebert erzeugt die Firma Leybolds Nachfolger in vorzüglicher Ausführung; besonders hübsch sind die Apparate für einen senkrechten Leiter



mit zwei verschiebbaren und das Feld deformierenden Magneten (Mk. 25.—), ferner mit zwei parallel oder entgegengesetzt schaltbaren Leitern (Mk. 28.—) sowie Modelle für Kreisstrom (Mk. 21.—), Solenoid (Mk. 25.—) und ein Erdmodell, bestehend aus einer durch Strom magnetisierbaren Eisenkugel (Mk. 28.—).

Will man sich für die Darstellung des Feldes von Stromleitern auf die wichtigsten Fälle beschränken, so würden wir auf Grund eigener Erfahrung die Benützung folgender leicht anzufertigender Apparate empfehlen. Eine in der Mitte durchbohrte,\* mit kreisrunder Maske versehene Glas-  
tafel (Fig. 271) wird mit vier mit Picein angekitteten Säulchen (am einfachsten nimmt man dazu längliche Korke) versehen. Ein weicher, überspannter Kupferdraht von etwa 1 mm Dicke wird dann, wie die Figur zeigt, zu einem Rechtecke mit mehreren Windungen (8—10 sind leicht anzubringen) gebogen und der Drahtrahmen in der ganzen Länge mit Zwirn umwunden, so daß die Windungen nicht auseinanderfallen. Bindet man den Rahmen an dem Säulchen *a b* der ganzen Länge nach an, so gewinnt der Leiter zur Glasplatte eine hinlänglich starre Lage. Bei der Projektion stören die wagrechten Teile des Drahtrechteckes fast gar nicht, weil sie zu weit von der Glas-tafel, auf welche scharf einzustellen ist, entfernt sind. Da aber von *x* nach *y* 8—10 Ströme ab-, bzw. bei umgekehrter Stromrichtung aufsteigen, erhält man ein magnetisches Feld von großer Stromstärke, bei welchem

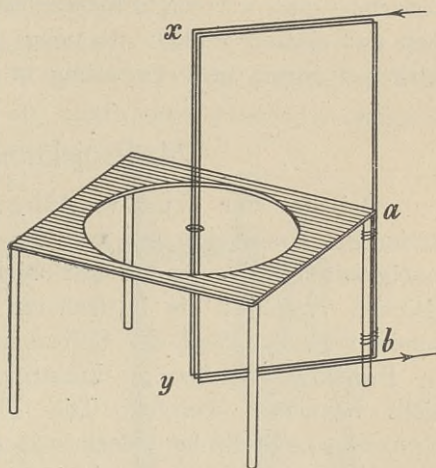


Fig. 271. Magnetfeld eines geradlinigen Leiters.

beim Bestreuen mit Eisenspänen sich die konzentrischen Feilspankurven auf ziemliche Ausdehnung sehr schön ausbilden. Zuvor wird natürlich das Feld mit einer Probiernadel (Taschenkompaß wie im vorigen Abschnitte) analysiert und durch Wechsel der Stromrichtung die Maxwell'sche Korkzieherregel abgeleitet.

Ebenso empfiehlt es sich, für das Feld eines Kreisstromes (Fig. 272) nicht eine einzige Windung (Kreisdurchmesser etwa 4 cm) von sehr starkem Drahte, sondern 8—10 Windungen von nur 1 mm dickem überspannenen Drahte zu verwenden. Für das Aufwickeln verschaffe man sich zwei Halbzylinder (man kann sich auch leicht aus Karton die Mantelfläche derselben nach Fig. 272 kleben), die anfänglich auf den beiden Seiten der Platte

\*) Das Bohren läßt man von einem Glasschleifer besorgen; das Loch soll etwa 5 mm Durchmesser haben.



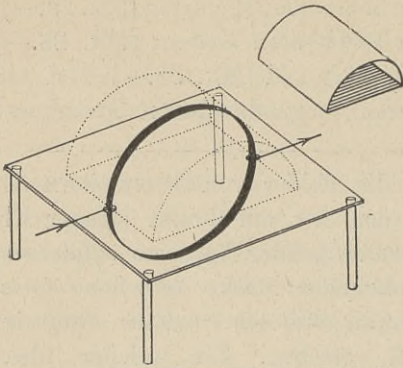


Fig. 272. Magnetfeld eines Kreisstromes

Planfilm, dessen Schichte in heißem Wasser abgelöst wird). Zur Herstellung verwendet man weichen Kupferdraht von etwa  $1\frac{1}{2}$  bis  $2\text{ mm}$  Dicke, den man nur einfach wickelt, wogegen man bei diesem Versuche einen etwas stärkeren Strom in Verwendung bringt.

liegen und nach dem Wickeln herausgezogen werden. Die Windungen werden dann wieder sauber mit einem Faden oder einem schmalen Bändchen umwickelt. Mit Hilfe ähnlicher Halbzylinder kann man dann auch leicht ein Solenoid von 8 bis 10 parallelen Windungen (Durchmesser  $2\frac{1}{2}\text{ cm}$ ) herstellen. Die Platte muß dazu 16—20 Löcher bekommen, weshalb man recht gut auch eine Zelluloidplatte verwenden kann, wie solche heutzutage völlig glasklar hergestellt werden (dicker, sogenannter

## 24. Projektionsgalvanometer.

Bei den eine objektive Ablesung selbst auf größere Entfernung gestattenden Konstruktionen von Schulgalvanometern wird man verhältnismäßig selten Galvanometer mit objektiver Spiegelablesung benötigen. Desgleichen erscheint die in früherer Zeit bereits versuchte Methode, Galvanometer zu Projektionszwecken zu konstruieren, nicht besonders wertvoll. Die Firma Ernecke in Berlin hat jedoch in jüngster Zeit ein so vorzügliches **Projektionsgalvanometer** (Fig. 273) geschaffen, daß dessen Beschreibung hier ihren Platz finden möge. Es ist ein Drehspulengalvanometer von einer Empfindlichkeit von  $0\cdot0000092\text{ Amp. pro Teilstrich}$ . Wird seine Skala in 30-facher Vergrößerung projiziert, so erscheint ein Teilstrich der etwa  $2\cdot8\text{ m}$  langen Skala vom nächsten  $7\text{ cm}$  weit entfernt. Da man auch aus größerer Entfernung noch Ausschläge von  $\frac{1}{2}$  Teilstrich sehr gut wahrnehmen kann, werden Stromstärkeänderungen von rund  $0\cdot000005\text{ Amp.}$  noch sehr gut zu beobachten sein. Vom Stromfeld der Projektionslampe wie vom Erdfelde ist das Instrument als Drehspulengalvanometer

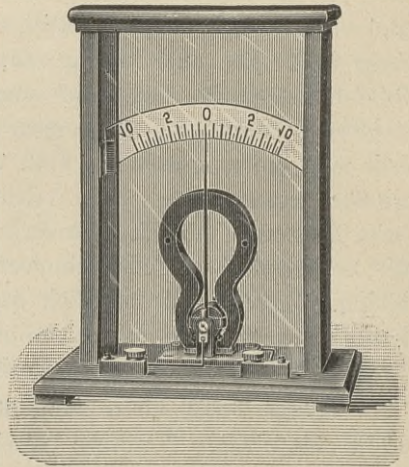


Fig. 273. Projektionsgalvanometer von F. Ernecke in Berlin-Tempelhof.  
 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.



völlig unabhängig. Auf Wunsch wird es mit einem oder mehreren Nebenschlüssen geliefert, die durch bloße Stöpselung die Empfindlichkeit auf  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{1000}$  der normalen herabsetzen. Dadurch lassen sich mit dem einen Galvanometer alle Schulversuche zeigen. Hinsichtlich der Induktionsversuche sei als Beispiel erwähnt, daß man damit die in einem Telephon durch die Bewegung der Membrane entstehenden Induktionsstöße direkt, ohne weitere Vorrichtungen nachweisen kann. Man verbindet die Zuleitungen eines Telephons mit dem Galvanometer. Drückt man rasch mit dem Finger die Membrane an, so erfolgt ein merklicher Ausschlag von 4 bis 10 cm Größe am Schirme; beim plötzlichen Loslassen erhält man den entgegengesetzten Ausschlag (Preis Mk. 95.—, mit Stöpselvorrichtung auf  $\frac{1}{10}$  Empfindlichkeit Mk. 105.—, auf  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{100}$  Mk. 110.—, auf  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$  und  $\frac{1}{1000}$  Mk. 115.—).

## 25. Versuche über Elektrolyse.

Das Kapitel der Elektrolyse enthält viele, für die Projektion in besonderem Maße geeignete Versuche. Wenn dieselben wohl schon seit längerer Zeit bekannt und oft beschrieben wurden, so möge es doch gestattet sein, gerade diese Versuche, mit denen einer der Verfasser sich viel beschäftigt hat, etwas eingehender zu beschreiben. Denn diese Versuche bedürfen, wenn sie ihren Nutzen vollinhaltlich bewähren sollen, einer sehr sorgsamten Vorbereitung und Durchführung. Auch dürften die nachfolgenden Ausführungen so manches Neue bieten und daher aus mehr als einem Grunde nicht ganz überflüssig erscheinen.

Man pflegt das Kapitel der Elektrolyse meist mit der „Zersetzung des Wassers“ einzuleiten, was im Hinblick auf den Umstand, daß diese Erscheinung die erste war, die aus dem Kapitel der Elektrochemie eingehender beachtet wurde, eine gewisse Berechtigung hat. Minder geeignet erscheint sie freilich durch die Schwierigkeiten, welche ihre Erklärung bietet und welche eigentlich empfehlen würden, einfachere Erscheinungen, z. B. die Elektrolyse der Salzsäure, an den Anfang zu stellen. — Die galvanische Wasserzersetzung ist nun zunächst deshalb nicht zur Projektion geeignet, weil es bei ihr nötig ist, größere Mengen der ausgeschiedenen Stoffe zu gewinnen, um ihre chemischen Eigenschaften nachweisen zu können. Der Vollständigkeit halber muß aber auf eine kleine,

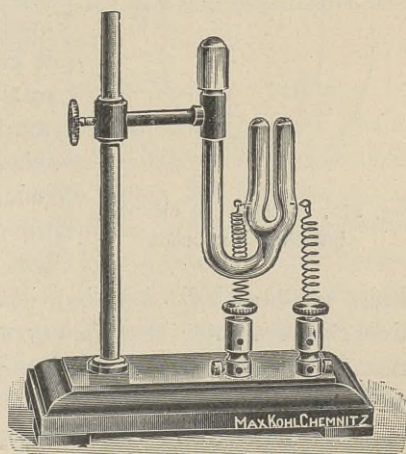


Fig. 274. Wasserzersetzungsapparat zur Projektion nach Weinhold von M. Kohl in Chemnitz.



für die Projektion geeignete Form des Wasserzersetzungsgapparates (Fig. 275)\*) hingewiesen werden, welche Weinhold angegeben hat. Sie gestattet, die Elektrolyse auch mit einer Influenzmaschine vorzuführen, und mag deshalb ihre Anschaffung nicht ohne Wert sein. Zur Füllung verwendet man Schwefelsäure 1:10, die mit Abkochung von Malvenblüten lichtrot gefärbt ist,\*\*) um den Stand der Flüssigkeitssäulchen aus größerer Entfernung deutlicher zu sehen.

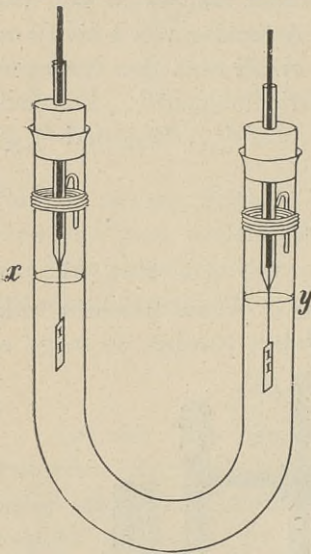


Fig. 275. U-Röhre zu elektrolytischen Versuchen.

Zu den übrigen elektrolytischen Versuchen werden meist Küvetten empfohlen, die durch eine bis fast an den Gefäßboden reichende Wand in zwei Hälften geschieden sind, deren jede eine Platinelektrode enthält. Nach unseren Erfahrungen zeigen dieselben die elektrolytischen Erscheinungen deshalb minder gut, weil zu große Mengen des Elektrolyten zersetzt werden müssen, bis die Erscheinung auf dem Schirme genügend deutlich hervortritt. Wir geben daher folgender Form der Zersetzungsgapparate den Vorzug, welche der Lehrer ganz leicht und mit geringen Kosten selbst herstellen kann. Man kauft dazu U-Röhren (Chlorkalziumröhren) von etwa 10—12 cm Schenkellänge und 1—1½ cm Weite, und zwar solche von nicht zu großer Wandstärke. Indem man um jeden Schenkel eine dichte Spirale mit 4—6 Windungen aus etwa 1½—2 mm dickem, weichem Kupferdraht herumwickelt, das eine ihrer Enden zu einem Haken umbiegt und diese Spiralen unter Erwärmung mit Picein an das Glas festkittet (Fig. 275),

kann man dieselben an die eine Wand der auf S. 251 beschriebenen planparallel begrenzten Wannen anhängen. Diese Wand wird, wie schon hier bemerkt werden soll, dem Kondensator zugekehrt. Die Dimensionierung des Apparates, resp. die Unterlage der Wanne ist so zu bemessen, daß der unterhalb von *xy* liegende Teil der U-Röhre im Projektionsbilde erscheint. Mehr wie anderswo ist zu diesen Versuchen dringend ein „Umkehrungsprisma“ zu empfehlen (vgl. S. 250 und 196). —

\*) Preis bei M. Kohl Mk. 9.—.

\*\*) Ein Zusatz von Lackmuslösung ist minder zu empfehlen, da die Flüssigkeit sonst sehr viel Schaumblasen bildet. — Die roten Malvenblüten (*Flores malvae arboreae* der Pharmacie) enthalten denselben Farbstoff, den man aus der Abkochung von Rotkrautblättern erhalten kann, sind aber bequemer zu verwenden als diese. Man zerreibt einige der getrockneten, fast schwarzen Blumenblätter und kocht sie in einer Proberöhre oder in einem kleinen Kolben mit destilliertem Wasser ab. Von einer weiteren Anwendung des Farbstoffes wird später die Rede sein.



Die Elektroden werden wie folgt gefertigt. An ein Stück geraden Kupferdrahtes wird ein kurzes Stück Platindraht angelötet. Dann schiebt man das ganze in eine spitz ausgezogene Glasröhre und schmilzt deren enge Mündung um den Platindraht herum zu, wobei man eine unnütz starke Erwärmung des Drahtes vermeidet. In das zur Elektrode bestimmte kleine Platinblech macht man einige feine Löcher, durch die man den dünnen Draht durchschnürt. Durch einige leichte Schläge mit einem kleinen Hammer auf einer ebenen Eisenunterlage sind beide Teile, um hinlänglichen Kontakt zu haben, ausreichend vernietet; übrigens kann man sie auch mit der Gebläseflamme aneinanderschweißen. Hierzu stellt man die Gebläseflamme so auf, daß die heißeste Stelle 3 mm über einem kleinen Amboß sich befindet. Man läßt denselben zunächst so warm werden, daß sich kein Wasser darauf niederschlägt, bringt nun das mit dem Drahte bereits nach dem Obigen vereinigte Platinblech in die Flamme und führt, sobald es lebhaft weiß glüht, einen nicht zu schwachen Schlag mit einem kleinen Hämmerchen darauf. Die nun fertig vereinigte Platinelektrode\*) wird mit der Glasrohrumhüllung in die Bohrung eines recht weichen, in das U-Rohr passenden Korkstöpsels eingefügt, eventuell mit Picein eingeklebt. Der Kork erhält dann noch einige Randeinkerbungen, um ein Entweichen der gasförmigen Zersetzungsprodukte zu ermöglichen.

Um in rascher Folge einige Versuche hintereinander vorführen zu können, empfiehlt es sich, mehrere solcher U-Röhren (2—4 mit Platin- elektroden, 1 mit den später beschriebenen Kupferelektroden) anzufertigen. — Auch hinsichtlich der Stromschaltung mögen einige der Bequemlichkeit des Experimentierens wegen nicht ganz nebensächliche Bemerkungen gestattet sein. Rechts und links vom Skioptikon stellt man je eine der bekannten, sehr bequemen und viel verwendbaren Holtzschen Fußklemmen auf, in welche die Leitungsdrähte von der Stromquelle aus eingespannt werden. An jede Fußklemme ist noch eine recht elastische Spirale aus etwa  $\frac{3}{4}$  mm dickem umsponnenen Drahte angeschaltet, an welche am anderen Ende eine gewöhnliche Doppelklemme angeschraubt ist. Wenn man nun einen elektrolytischen Apparat mit der ihn umgebenden Glaswanne auf das Tischchen des Projektionsapparates aufgestellt hat, hat man nichts anderes zu tun, als die vorerwähnten Doppelklemmen vom Tische aufzuheben und an dem Kupferdraht der Elektrode zu befestigen; die Verbindung ist dadurch hergestellt. Weil dabei auch niemals die Pole verwechselt werden können, kann man Anode und Kathode für die Schüler auf dem Schirme dadurch bezeichnen, daß

---

\*) Man kann auch den Platindraht allein in das zugespitzte Glasröhrchen einschmelzen, so daß er innen ganz wenig vorsteht; sodann gibt man in die Röhre einige Tropfen Quecksilber, in welches man den etwas amalgamierten dicken Kupferdraht eintauchen läßt. Diese Methode ist vielleicht am meisten zu empfehlen. Bei der Aufbewahrung beläßt man natürlich die Kupferdrähte nicht im Quecksilber.



man zwei Papierblätter mit den Buchstaben *A* und *K* rechts und links am Schirme mit Reißnägeln anheftet.\*)

Da bei diesen Versuchen eine Regulierung der Stromstärke im Zersetzungsapparate sehr wertvoll ist, empfehlen wir — unter Voraussetzung, daß dem Experimentator Starkstrom zur Verfügung steht — folgende Zusammenstellung. *G* bedeutet (Fig. 276) einen Glühlampenrheostaten (parallel zwischen die Schienen *I* und *II* schaltbare Glühlampen), *w* einen Schiebewiderstand,\*\*) *u* einen gewöhnlichen Umschalter, + und — die Pole der

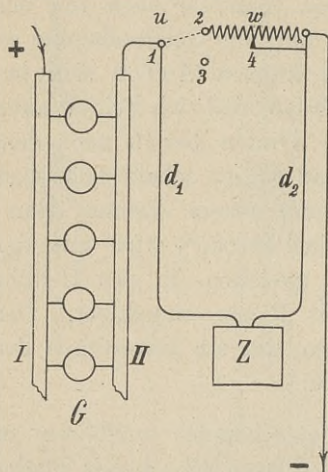


Fig. 276. Schaltungsskizze zu den Versuchen über Elektrolyse.

Starkstromleitung, *d*<sub>1</sub> und *d*<sub>2</sub> die Zuleitungsdrähte zu den vorhin erwähnten Fußklemmen, somit auch zur Zersetzungszone *Z*. Überbrückt der Hebel des Umschalters die Knöpfe 1 und 2, so liegt der Zersetzungsapparat nun an jener Spannung, die auf den Teil des Schließungsbogens zwischen 1 und dem Schiebekontakt 4 liegt, die also sprungweise verändert werden kann, indem man in *G* Lampen aus- oder einschaltet, und die einer stetigeren Änderung fähig ist, indem man den Gleitkontakt 4 verschiebt. Steht dagegen der Hebel des Umschalters von 1 auf 3, so ist die Spannung, an die die Zersetzungszone gelegt wird, weit höher und kann diese Spannung an *G* (nun natürlich nur sprungweise) noch verändert werden.

a) **Abänderung des Materials der Elektroden:** Im U-Rohr ist verdünnte Schwefelsäure 1 : 10; als Elektroden sind als Kathode ein gerades Kupferblech, als Anode eine Kupferblechspirale (Fig. 277) in Verwendung. Letztere ist in der U-Röhre möglichst hoch, und zwar so anzubringen, daß sie eben noch im Projektionsbilde sichtbar ist. Wird der Strom geschlossen — er darf ziemlich stark sein — so zeigt sich an beiden Elektroden Gasentwicklung, aber an der Anode außerdem ein reichliches Herabsinken von bläulichen Flüssigkeitsschlieren; nach einigen Minuten hat sich hinlänglich Kupfersulfat gebildet, so daß der Anodenschenkel eine bläuliche Färbung zeigt.

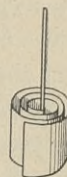


Fig. 277. Kupferelektrode.

b) **Abänderung des Elektrolyten:** In der U-Röhre befindet sich eine nicht zu konzentrierte Lösung von Kupfersulfat zwischen Platinelektroden. Der zerlegende Strom wird anfänglich ziemlich schwach gewählt. Man be

\*) Bei Verwendung von Quecksilberkontakten in den Elektrodenröhrchen (vgl. Fußnote auf S. 279) hat man nur die in den Doppelklemmen zu belassenden dicken Kupferdrähte aus den Röhrchen des einen Apparates bei geöffnetem Stromkreise herauszuziehen und in jene des folgenden Apparates wieder vorsichtig hineinzustecken.

\*\*\*) Vgl. S. 201, Fußnote 1 und Fig. 48 S. 41.



merkt an der Anode Gasentwicklung (Sauerstoff). An der Kathode kann man bemerken, daß die Flüssigkeit spezifisch leichter wird (infolge der Ausscheidung von Kupfer), indem daselbst Flüssigkeitsschlieren aufsteigen. Wird nach einigen Minuten der Strom beträchtlich verstärkt, so scheidet sich an der Kathode das (durch den mitausgeschiedenen Wasserstoff) schwammig aufgetriebene Kupfer in Form rundlicher Knollen aus, die mitunter gleich Knospen aufspringen und einen überaus merkwürdigen Anblick gewähren.\*)

c) **Elektrolyse der Salzsäure:** In die U-Röhre kommt durch Indigo-lösung blau gefärbte Salzsäure 1:1; man kann — da man ja nur kurze Zeit zu experimentieren braucht — allenfalls Platinelektroden verwenden, besser aber ist es, die Anode durch einen dünnen Graphitstift (Bleistiftmine) zu ersetzen. Infolge der Chlorauscheidung tritt sehr bald Entfärbung der Flüssigkeit am Anodenschenkel ein. Die dabei auftretenden Schlieren heben den Eindruck des fesselnden Bildes.

d) **Kaliumsulfatlösung oder Natriumsulfatlösung:** In ziemlich gesättigter Lösung durch wässrigen Kochemilleauszug intensiv rot gefärbt anzuwenden; in Kathodenschenkel wird die Flüssigkeit violett, im Anodenschenkel schwach gelblich. Bei Verwendung des Farbstoffes aus Malvenblüten,\*\*) der ziemlich verdünnt zu verwenden ist, tritt an der Anode durch die Säure Rotfärbung, an der Kathode durch die freiwerdende Base Grünfärbung ein — ein sehr farbenprächtiges Bild. Natürlich müssen diese Reaktionen vor dem Versuche gezeigt werden, was am schönsten im Projektionsfelde geschieht. In die planparallel begrenzte Wanne kommt der Einsatz (S. 252) mit den drei Proberöhren; alle enthalten die grau-violett gefärbte Lösung von  $K_2SO_4$  (oder  $Na_2SO_4$ ). In die rechts befindliche tropft man  $H_2SO_4$ , in die links befindliche KOH (oder NaOH). Gegenüber der indifferent bleibenden mittleren Proberöhre zeigen die beiden anderen dann wunderschön die betreffenden Farbenänderungen. — Auch Korallinrot wird als Indikator zu diesen Versuchen empfohlen; die indifferent braune Färbung geht durch die Säure in gelb, durch die Base in purpurrot über.

e) **Polmacherflüssigkeit:** Stärkekleister (2:100), zu welchem ein Teil Kaliumjodid und etwas alkoholische Phenolphthaleinlösung hinzugefügt ist, bildet das Material, mit welchem Filtrierpapier getränkt wird, um das sogenannte „Polreagenzpapier“ zu erzeugen. Das zehnfach verdünnte Gemisch wird in der U-Röhre zwischen Platinelektroden der Elektrolyse unterworfen. Der Kathodenschenkel färbt sich schwarzblau, der Anodenschenkel rot. Es empfiehlt sich, den Strom zuerst nur wenige Sekunden einwirken zu lassen und hierauf die Kathode etwas zu bewegen; die Blau-

\*) Die Elektrode wird durch Eintaucher in verdünnte Salpetersäure vom anhaftenden Kupfer rasch wieder befreit.

\*\*) Der Farbstoffindikator muß bei indifferenter Sulfatlösung eine grau-violette Färbung zeigen, andernfalls neutralisiere man durch  $H_2SO_4$  oder durch NaOH (KOH).



färbung ist dann sehr schön wahrnehmbar, während bei zu langer Versuchsdauer die Flüssigkeit bald wie Tinte schwarz wird. Um die Rotfärbung ausreichend sichtbar zu machen, wird dann der Strom ein zweites Mal auf etwas längere Dauer geschlossen.

## 26. Bleibaum und Zinnbaum.

Für diesen Versuch, dessen schönen Effekt bekanntlich die umkehrende Wirkung des Projektionsobjektivs ausnahmsweise unterstützt, ist am meisten eine auch anderweitig vielverwendbare Küvettenform (Fig. 278) zu empfehlen.\*) Die sehr leicht zu reinigende Küvette besteht aus zwei Messingplatten mit kreisrundem Ausschnitte von etwa 8 cm Durchmesser, die durch vier Schrau-

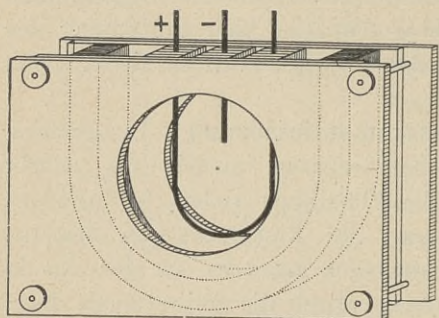


Fig. 278. Küvette für den Bleibaum.

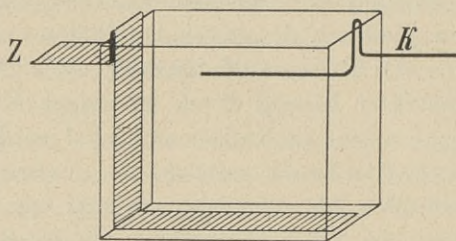


Fig. 279. Küvette für den Zinnbaum.

ben mit Muttern gegeneinander gepreßt werden können; zwischen dieselben kommen zwei Spiegelglasplatten (nicht zu dünnes Glas!) und ein vierkantiger Streifen aus grauem Kautschuk (solche werden für Dichtungen u. dgl. in den Handel gebracht). Bei Nichtgebrauch sind die Schrauben ganz zulockern damit die Elastizität des Kautschuk nicht leidet. Mittels planparallel zugeschnittener Korkeinsätze werden zwischen die Tafeln festgeklemmt: ein U-förmig gebogener Bleidraht (2—4 mm stark) als Anode und ein gerader, etwas (durch Wälzen unter einer flachen Feile) rauh gemachter Kurzer Bleidraht von gleicher Stärke als Kathode. Als Elektrolyt würden wir bei Verwendung einer Klemmenspannung von acht Volt eine Mischung von einem Teil konzentrierter Bleiazetatlösung mit 3—4 Teilen destilliertem Wasser empfehlen; in einer stärkeren Lösung nimmt der Bleibaum eine zu dichte, schwammige Struktur an, bei höherer Klemmenspannung (größerer Stromdichte) wird er zu gebrechlich und kann sich nicht zu einem größeren Gebilde entwickeln.

Für den **Zinnbaum** löst man 11 g Stanniol in so viel Salzsäure, als zur Lösung nötig ist, dampft einen eventuellen Säureüberschuß möglichst vollständig ab und verdünnt auf  $\frac{1}{4}$  l mit destilliertem Wasser. Als Anode dient ein Zinnblechstreifen Z (Fig. 279), als Kathode ein Kupferdraht K,

\*) Nach Weinhold.



beide in einer Leyboldschen Kuvette, wie die Figur zeigt, befestigt. Die Stromstärke ist so zu wählen, daß an *K* keine merkliche Gasentwicklung auftritt.

## 27. Die Vorgänge im Voltaschen Elemente.

Ein Voltaschen Element wird aus einer weiteren Proberöhre, einem Kupferblech- und einem Zinkblechstreifen sowie einem Korke nach Fig. 280 hergestellt; ferner wird ein zweiter im übrigen ganz gleicher Elementeneinsatz gemacht, aber der Zinkblechstreifen dabei amalgamiert (nicht zu viel Quecksilber aufbringen, sonst bricht der Zinkstreifen ab). Die Proberöhre wird mit Schwefelsäure 1:10 gefüllt und mit dem Einsatze Fig. 243 auf S. 252 in der umgebenden Wasserwanne projiziert. Nun erst senkt man den Stöpsel mit dem ersten Streifenpaar ein. An der Zinkplatte tritt — auch bei offenem Elemente — Wasserstoffentwicklung ein. Beim Zusammendrücken der zwei Blechstreifen bei *a* tritt auch an der Kupferplatte Gasentwicklung ein. Vertauscht man das erste Streifenpaar mit dem zweiten, so zeigt sich im offenen Elemente am Zink keine Gasentwicklung (Zweck des Amalgamierens). Beim Schließen des Elements — wieder durch Zusammendrücken der nach längerem Liegen immer blank zu putzenden Streifenenden — tritt am Kupfer sofort Gasentwicklung (Wasserstoff), am Zink nach kurzer Zeit des Stromschlusses Schlierenbildung (Zinksulfat) auf. Es empfiehlt sich, den Kupferstreifen etwas länger zu wählen als den Zinkstreifen, um ihn dadurch im Projektionsfelde kenntlich zu machen.\*)

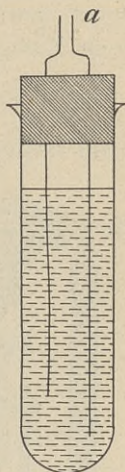


Fig. 280. Voltaschen Element zur Projektion.

## 28. Projektion des elektrischen Lichtbogens.

Zu diesem Versuche ist es bei Apparaten mit schief stehender Bogenlampe am besten, die Ansicht der Kohlen nach der Seite — nicht nach vorne — zu projizieren (vgl. S. 206). Hiezu wird das Skioptikon um 90° gedreht, die Kameratür auf der einen Seite geöffnet und diese Seite gegen den Schirm gewendet. Das Objektiv wird abgeschraubt und die Öffnung des Objektivringes mit einem Deckel abgeschlossen oder mit schwarzem Tuch verhängt. Vor die geöffnete Seitenwand kommt, und zwar möglichst dicht anliegend, eine Pappetafel, in welche in der Höhe des Lichtbogens eine kreisrunde Öffnung von solcher Weite angebracht wurde, daß der auf sie auffallende Strahlenkegel gerade die rückwärtige Fläche des auf einem Ständer (Fig. 174 auf S. 188) befestigten Projektionsobjektivs (oder einer

\*) M. Kohl liefert für diesen Versuch ein Projektionsdoppelement nach B. Kolbe um Mk. 6.60.



achromatischen Projektionslinse von nicht zu großer Brennweite) bedeckt. Die Vergrößerung der Kohlenspitzen und des Bogens ist nicht allzugroß zu wählen, sondern lieber die Erreichung eines sehr lichtstarken und scharf gezeichneten Bildes anzustreben. Die Länge des Lichtbogens wird während des Versuches einigemal vergrößert oder verkürzt; im ersten Falle tritt der eigentliche Bogen mit seinen farbigen Lichtern immer deutlicher hervor. Man schiebe dann von seitwärts in den Lichtbogen ein dünnes gewöhnliches Glasrohr (aus natronhaltigem Glase). Der Lichtbogen färbt sich auf große Ausdehnung intensiv gelb (Hinweis auf das Bremerlicht). Es imponiert den Schülern, wenn man darauf nach wenigen Sekunden das Glasrohr, dessen Ende in heller Weißglut ist, herauszieht.

### 29. Das Peltiersche Phänomen

ist am bequemsten mit dem hiezu eigens konstruierten Apparate von Schumann (Fig. 281) zu zeigen. Bei demselben sind an ein Antimonstäbchen beiderseits Wismutstäbe angelötet und die Lötstellen in die Rezeptorkugeln eines Differential-Luft-Thermoskops eingeschlossen.

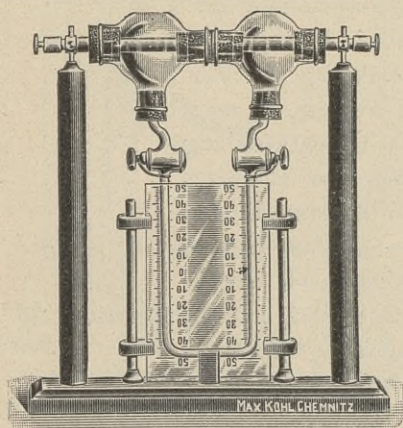


Fig. 281. Apparat von Schumann für den Peltierschen Versuch, ausgeführt von M. Kohl in Chemnitz.

Beim Durchleiten eines Stromes heben sich daher in beiden die Wirkungen der Jouleschen Wärme auf, während sich jene der Peltierschen Wärme entgegengesetzt äußern (in der einen als Abkühlung, in der anderen als Erwärmung), somit einheitlich eine Verschiebung des Flüssigkeitsindex hervorrufen, die ihren Sinn ändert, wenn die Stromrichtung umgekehrt wird. Die Skala mit dem Flüssigkeitsindex ist für die Projektion eingerichtet (Max Kohl in Chemnitz Mk. 37.—).

### 30. Versuche aus der Elektrodynamik.

Vor dem Kondensator sind in einem einfachen Holzrähmchen (Fig. 282) in vertikaler Richtung in einem kleinen Abstand zwei etwa 40 cm lange Lamettafäden, und zwar nur ganz schlaff gespannt, angebracht; die Spannung und die gegenseitige Entfernung ist so zu wählen, daß beide Fäden, wenn sie durch Ströme von gleicher Richtung durchflossen werden, sich noch etwas anziehen, ohne zur Berührung zu kommen, hingegen bei entgegengesetzten Strömen sich etwas von einander ausbauchen. Für die erste Schaltung wird man das obere und das untere Klemmenpaar überbrücken und bei dem einen Paare den Strom zuführen, beim zweiten fortführen. Für die zweite Schaltung werden die beiden oberen Klemmen miteinander ver-



bunden und von den unteren die eine zur Zuleitung, die zweite zur Fortleitung des Stromes verwendet. In den Stromkreis ist ein Stromunterbrecher eingeschaltet. Wird nun zuerst bei geöffnetem Strome der mittlere Teil der beiden Lamettafäden projiziert, so wird die im Momente des Stromschlusses je nach der Schaltung eintretende Anziehung, bezw. Abstoßung in der Vergrößerung im Projektionsbilde sehr deutlich hervortreten. Man öffnet und schließt natürlich bei jeder Schaltung mehrmals. — Es macht auch nicht viel Mühe, zwischen die beiden Leiter einen Kommutator so zu legen, daß die Stromrichtung durch denselben in dem einen Leiter gewechselt werden kann.

Auch die Bewegung der bekannten Rogetschen Spirale kann mit dem Projektionsapparate deutlich sichtbar gemacht werden, wenn man ihren unteren Teil, der meist ohnedies einige Millimeter oberhalb des Quecksilbernapfchens eine kleine Metallkugel trägt, projiziert. — Der in Fig. 283 gezeichnete, etwa  $2\frac{1}{2} m$  lange und  $\frac{1}{2} mm$  starke, nach der Figur gebogene Kupferdraht\*) zeigt nach A. Garbasso (P. Z. XVI., S. 37) bei Schließung des Stromes die entgegengesetzte Erscheinung der Rogetschen Spirale, nämlich eine Verlängerung. Der Draht taucht in ein Schälchen mit Schwefelsäure. Die Stromzuführung geschieht in jener Richtung, wie die Figur andeutet, um eine Gasentwicklung am unteren Ende des Drahtes zu vermeiden. Mit einem Unterbrecher wird der Strom nur für ganz kurze Zeit geschlossen und sofort wieder geöffnet, um eine den Draht allenfalls deformierende Joulesche Wärme zu vermeiden; man kann deshalb auch relativ starke Ströme (15—20 Amp.) verwenden. Am Drahte ist ein Zeiger  $zz'$  aus Aluminiumdraht befestigt, der projiziert wird.

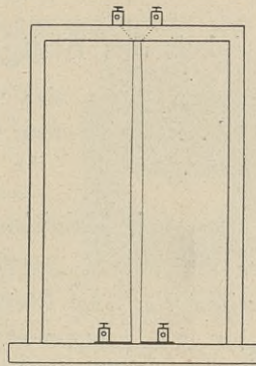


Fig. 282. Elektrodynamische Wirkung paralleler Leiter.

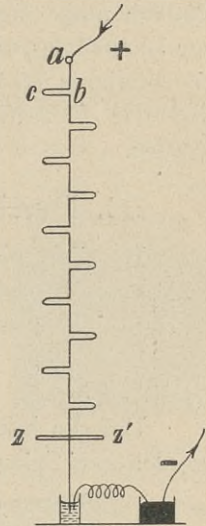


Fig. 283. Versuch von A. Garbasso.

### 31. Grundversuche über Diamagnetismus.

Die Tatsache, daß sich ein Wismutstäbchen zwischen den durch Polschuhe einander möglichst genäherten Polen eines kräftigen Elektromagnets äquatorial, ein Stäbchen aus gewöhnlichem Kupfer (immer etwas eisenhaltig) achsial einstellt, läßt sich einem größeren Auditorium wohl nur durch Projektion hinlänglich sichtbar machen. Sehr geeignet hiezu ist der Elektromagnet nach We in h o l d, welchen mit den nötigen Nebenapparaten für diamagnetische Versuche M. K o h l in Chemnitz zum Preise von Mk. 231. — liefert.

\*)  $\overline{ab} = \overline{bc} = 10 cm$  lang anzunehmen.



### 32. Modelle zur Erklärung der Vorgänge des Drehstromes, des Ferrarischen Drehfeldes u. s. w.

Ein zur Projektion geeignetes Modell zur Erklärung der Vorgänge im Drehstrom hat A. v. Wurstemberger in P. Z. IX., S. 274 ff. beschrieben. Dasselbe wird von der Firma Stöhrer u. Sohn in Leipzig mit dem zugehörigen Pumpwerke um etwa Mk. 80.— hergestellt. — Ein gleichfalls zur Projektion geeignetes Modell zur Erklärung des Ferrarischen Drehfeldes beschreibt C. Michalke in der Zeitschr. f. Instrum. XVI, 366 (1896)\*). — Endlich möge noch auf das speziell für Projektionszwecke geeignete Modell zur Darstellung des Stromlaufes in Drehstromleitern nach Behrend\*\*) und ein ähnliches Modell von Rinkel zur Demonstration der Veränderlichkeit und der Phasenverschiebung von Strom und Spannung\*\*\*) hingewiesen werden.

### 33. Durchlässigkeit des Blattgoldes für grünes Licht.

In allen Sammlungen findet sich ein zwischen Glasplatten eingeschlossenes Blattgoldstück. Projiziert man dasselbe in durchfallendem Lichte so erscheint es dunkelgrün.

### 34. Kaleidoskop.

Um die bekannte Erscheinung des Kaleidoskops objektiv darzustellen, werden zwei Spiegelstreifen von 8 cm Breite und 25 cm Länge, wie Fig. 284

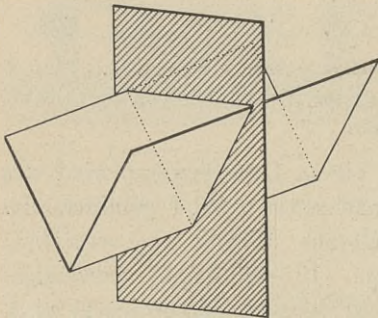


Fig. 284. Spiegelsystem zum Projizieren der Kaleidoskoperscheinung.

andeutet, in ein Stück dicker Pappe mit einem Ausschnitte von der Form eines gleichseitigen Dreieckes eingesetzt und durch Papierstreifen festgeklebt. Vor den Kondensator des Skioptikons kommt ein Stück sehr fein mattierteu Glases und vor dieses mit einigem Zwischenraume das Spiegelsystem, dessen Achse ziemlich wagrecht und normal zur Endfläche des Kondensators angeordnet wird. Die Befestigung erfolgt mittels eines das Pappestück fassenden Retortenhalters. Zur Projektion ist am besten

eine einfache Linse von etwa 30 bis 40 cm Brennweite geeignet. Die Spiegelstreifen werden so lange gedreht und geneigt, bis man auf dem Schirme sechs möglichst gleich beleuchtete Sektoren von 60° Zentriwinkel erhält.†)

\*) Auszugsweise auch in P. Z. X, S. 150, aufgenommen.

\*\*) M. Kohl in Chemnitz M. 22.— Beschreibung P. Z. V, S. 44.

\*\*\*) Leybolds Nachf. in Köln, M. 65.— Beschreibung P. Z. XVI, S. 190.

†) Auch im gewöhnlichen Kaleidoskope sind diese sechs Felder keineswegs gleich hell.



Als Objekt verwendet man zunächst einen mehrfach unregelmäßig gebogenen Draht, unregelmäßige mannigfaltig geformte Stücke aus Pappe, einen Schlüssel u. dgl. Alle diese Objekte hält man zwischen Beleuchtungslinsen und Spiegelsystem. Endlich kann man in diesen Zwischenraum auch eine Art ganz flaches Kästchen, dessen Deckel und Boden durch Glasplatten gebildet sind und welches unregelmäßige Stücke aus hellfarbigem Glase enthält, einschieben und es um eine normal dazu stehende Achse (optische Achse des Skioptikons) drehen. Man erhält auf dem Schirme die bekannten, sich ändernden Sterne des Kaleidoskops. Wenn auch die Erscheinung etwas lichtschwächer ist als bei anderen Projektionsversuchen, so ist doch das Charakteristische der Bilder des Kaleidoskops völlig wiedergegeben.

### 35. Versuche über Nachbilder und Ermüdungserscheinungen.

Weinhold hat einen einfachen Apparat zur Demonstration der Ermüdung der Nervenfasern des Auges angegeben, den die Firma M. Kohl in Chemnitz\*) ebenso wie die in den folgenden Absätzen beschriebenen Apparate in etwas geänderter Form (Fig. 285) in den Handel bringt. Es wird eine zur Hälfte mit einer Mattglasscheibe überdeckte Glasscheibe mit einem kleinen, im Projektionsbilde schwarz erscheinenden Stanniolringe projiziert. Nachdem der zentrale Ring etwa 1 Minute lang von den Beschauern fest fixiert wurde, wird die Mattscheibe fortgezogen, worauf die vorher dunklere Hälfte der Scheibe nun heller erscheint als die andere, weil das Bild der ersteren auf minder ermüdete Nervenfasern trifft.

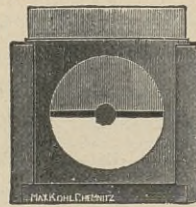


Fig. 285. Apparat nach Weinhold, um die Ermüdung der Nervenfasern des Auges zu zeigen.

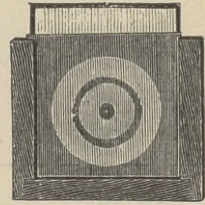


Fig. 286. Apparat nach Weinhold für sukzessiven Kontrast.

Anstatt des Nörrenberg'schen Apparates für sukzessiven Kontrast benützt man nach Weinhold den in Fig. 286 dargestellten Apparat\*\*). Hierbei wird eine mit Stanniol überklebte Glastafel projiziert, aus deren Belegung breite Ringe derartig herausgeschnitten sind, daß schmale Ringe stehen bleiben. Diese Tafel wird mit einer farbigen Glasplatte (rot, grün und blau zu empfehlen) bedeckt und ihr dunkles Zentrum in der Projektion etwa 1 Minute lang fixiert. Dann wird die farbige Platte rasch entfernt, worauf die hellen Ringe in den komplementären Kontrastfarben erscheinen. Eine zweite Platte, die beigegeben ist, läßt den einen Ring rot, den anderen grün bedecken; die Kontrastwirkung ist nun noch auffälliger.

\*) Preis etwa M. 5.— bis 6.—. — Ebenso wie die übrigen in diesem und den vier nächsten Absätzen besprochenen Apparate auch von Leybolds Nachfolger in Köln und von F. Ernecke in Berlin zu beziehen.

\*\*) Preis Mk. 6.50 bis 8.—.



### 36. Versuche über Irradiation.

Hiezu hat Weinhold für den Projektionsapparat einen mit Schieber versehenen Rahmen\*) konstruiert, mittels dessen man eine kreisrunde helle Scheibe bei sehr mäßiger Vergrößerung auf den Schirm projiziert. Ein auf einer Seite halbelliptisch begrenzter Schieber aus Mattglas wird dann vorgeschoben, so daß nur eine ganz helle Sichel übrig bleibt und der bedeckte Teil im matten Lichte erscheint. Die äußere Begrenzung der Sichel scheint jetzt einem wesentlich größeren Kreise anzugehören, eine Erscheinung, die man bekanntlich auch an der Mondsichel wahrnimmt, wenn der übrige Teil der Mondscheibe durch Reflex des Erdlichtes in schwach aschgrauem Lichte gut sichtbar ist.

### 37. Simultaner Kontrast. Farbige Schatten.

Dieser Versuch kann mit elektrischem Bogenlichte in unübertrefflich schöner Weise ausgeführt werden, wenn man außer dem Bogenlichte des Skioptikons noch einen kleineren Beleuchtungsapparat (eventuell die auf S. 203 beschriebene einfache Bogenlichtlaterne) besitzt. Man färbt den Lichtkreis des Skioptikons durch farbige Lichtfilter (farbige Gläser, noch besser — weil lichtdurchlässiger — dünne farbige Gelatineblätter, die zwischen Glasplatten eingeschlossen sind, oder Farbstofflösungen in Küvetten) und stellt zwischen Schirm und Lichtquelle schattenwerfende Körper, z. B. Retortenhälter, Ornamente aus Pappe u. dgl. Die zunächst rein schwarzen Schatten färben sich in der komplementären Farbe des verwendeten Lichtfilters, wenn man gleichzeitig weißes Licht über den Schirm ausbreitet. Dazu dient eben die zweite Bogenlichtlampe. Da das Licht derselben auch Schatten wirft, die dunkler als der farbige Grund, aber in derselben Farbe erscheinen, erhält man auf dem Schirme doppelte Schatten in komplementären Farben. Dabei erscheinen bei passender Lichtstärke des weißen Lichtes die Kontrastschatten so farbenprächtig, daß man schwer sagen kann, welche Farbe die ursprüngliche und welche die durch Kontrastwirkung induzierte Farbe ist. Es werden zwei Versuche, einer mit Verwendung von rotem, der andere mit Verwendung von blauem Glase genügen.

### 38. Versuche über optische Täuschungen.

Für diese interessanten Versuche, deren Erklärung wohl der Physiologie überlassen bleiben muß, verwendet man nach dem Vorschlage von Weinhold doppelte Platten, von denen z. B. die erste eine Anzahl von parallelen Geraden enthält, während die zweite, darüber verschiebbare, ein System schräger Parallellinien enthält, welche die betreffende Täuschung hervorbringen. Motive

\*) Preis Mk. 8.— (Ernecke).



finden sich dafür in der Mehrzahl der größeren physikalischen Lehrbücher.\*) Zwei weniger bekannte, neuere solche Täuschungen zeigen die Fig. 287 und Fig. 288.\*\*) Am meisten ist zu empfehlen, die zu allen diesen Versuchen nötigen Zeichnungen recht exakt in 3—4-facher Vergrößerung auf Karton mit Tusche zu konstruieren und davon auf photographischem Wege in der

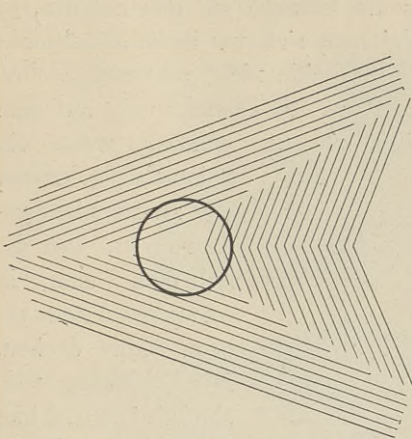


Fig. 287. Optische Täuschung (der Kreis erscheint durch das Liniensystem deformiert).

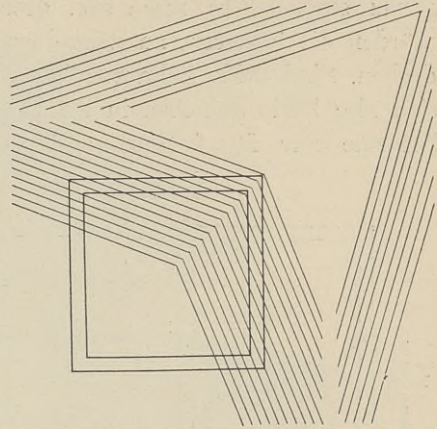


Fig. 288. Optische Täuschung (das Quadrat erscheint durch das Liniensystem verzerrt).

entsprechenden Verkleinerung Aufnahmen und Diapositive zu machen. — Auch die bekannte Täuschung der umlaufenden Thomsonschen Räder kann man sehr schön projizieren.

### 39. Projektionsstroboskop.

Einen sehr sinnreichen Apparat zur Projektion zeigt Fig. 289; er rührt gleichfalls von Weinhold her.\*\*\*) Eine schwarze Pappscheibe mit einem Sektorenausschnitt von etwa  $20^\circ$  und eine durchsichtige Scheibe, auf der sechs schwarze sechsstrahlige Sterne, die um je  $60^\circ$  voneinander abstehen und die eine um je  $10^\circ$  voneinander abweichende Lage gegen den durch ihren Mittel-

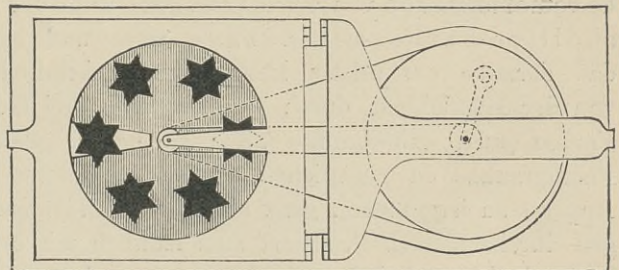


Fig. 289. Projektionsstroboskop nach Weinhold, ausgeführt von F. Ernecke in Berlin.

\*) Unter anderen auch in Dr. K. Rosenberg, Experimentierbuch III. Teil, S. 52 und 53.

\*\*) Nach P. Preobraschenski.

\*\*\*) Preis bei F. Ernecke in Berlin-Tempelhof mit vier Glasscheiben Mk. 26.—.



punkt gehenden Scheibenradius haben, können durch Schnurwirtel so in Drehung versetzt werden, daß die Sternscheibe langsam, die Sektorenscheibe etwa sechsmal so rasch umläuft.

Im Projektionsbilde wandern die Sterne, sich selbst um ihr Zentrum drehend, langsam im Kreise herum. Würde die stroboskopische Scheibe genau sechsmal so rasch sich drehen als die Scheibe mit den Sternen, so würden die letzteren, an demselben Ort bleibend, sich um ihren Mittelpunkt drehen. Sind beide Schnurlaufe gekreuzt oder beide nicht gekreuzt, drehen sich also beide Scheiben in demselben Sinne, so erblickt man auf dem Schirme nur fünf Sterne; dagegen sind sieben sichtbar, wenn ein

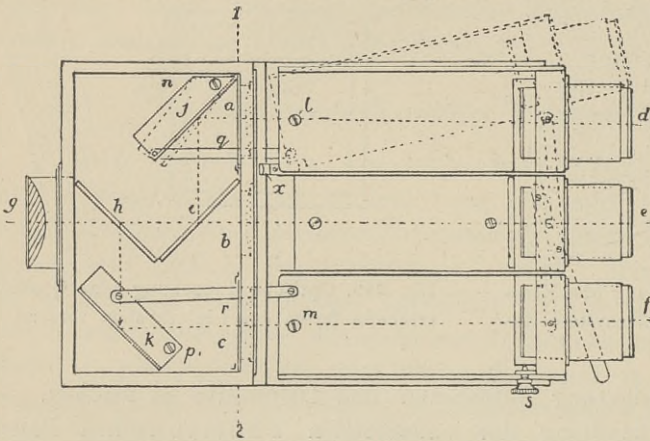


Fig. 290. Chromomegaskop von Ives.

Schnurlaufgekreuzt, der zweite nicht gekreuzt ist, also die Scheiben sich in entgegengesetztem Sinne drehen. Die Erklärung, welche Weinhold hierzu in seinem bekannten Werke „Physikalische Demonstrationen“ gibt, mag ein denkender Schüler selbst finden.\*)

## 40. Versuche über Farbenmischungen.

Einzelne hierher gehörige Versuche wurden bereits an früherer Stelle erörtert (S. 220). In Ergänzung derselben sei hier bemerkt, daß das **Chromomegaskop** von Ives (Fig. 290) wohl der lehrreichste Apparat über additive Farbenmischungen wäre und leider nur zu bedauern ist, daß derselbe ein relativ kostspieliges Lehrmittel vorstellt.\*\*) Abgesehen von der Möglichkeit, durch Mischung von drei Grundfarben alle möglichen Farben (auch unbestimmte Töne wie braun, grau u. s. w.) herstellen und Photogramme in natürlichen Farben projizieren zu können, würde der Apparat auch gestatten, ganz einfache Grundversuche über Farbenmischungen durchzuführen. Projiziert man nämlich mit der einen Laterne eine rote Lichtscheibe und läßt aus der zweiten Laterne eine grüne ebensolche Scheibe so darauffallen, daß beide sich teilweise überdecken, so müßte der

\*) Ein ähnlicher Apparat kommt unter dem Namen „Anorthoskop“ in den Handel. (Preis etwa Mk. 27.—). Bei ihm erscheint durch vier Stroboskopslitze eine verzerrt gezeichnete Figur fünffach und in richtiger Form.

\*\*) Zum Vorsetzen vor ein Skioptikon mit vier Bildern etwa Mk. 300.— (Kohl). Jedes einzelne Bild Mk. 77.—.



beiden gemeinsame Teil um so reiner weiß erscheinen, je mehr die Lichtsorten, welche die betreffenden Gelatinefilter durchlassen, zueinander komplementär sind. Analog könnte durch Summation von Gelb und Blau ein „additives Grün“ erzeugt werden. Derartige Versuche können auch mit jedem sogenannten „Nebelbilderapparate“ gezeigt werden, der sich in älteren

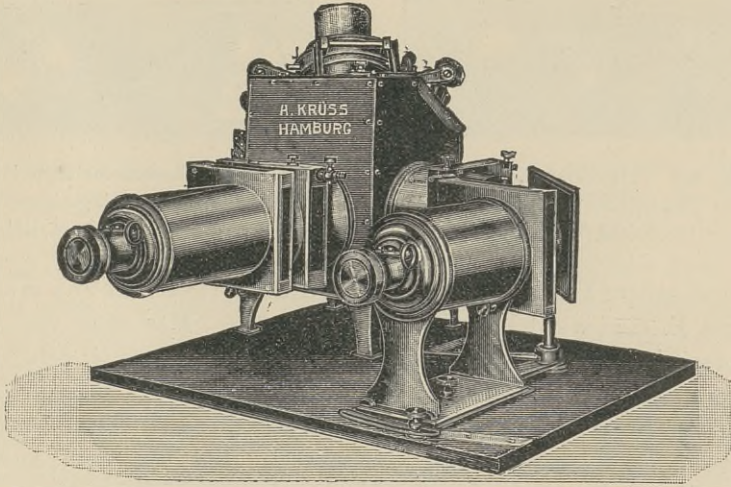


Fig. 291. Doppelprojektionsapparat von A. Krüss in Hamburg. Die Bogenlampe ist so eingebaut, daß in beide Kondensorsysteme gleich große Lichtmengen eingeführt werden können. Reflexionsspiegel und Vorderteil des seitlichen Projektionsteiles sind verstellbar. Preis Mk. 800.—.

physikalischen Kabinetten zuweilen als ein ehrwürdiges Stück Vergangenheit vorfindet. Nach einer alten Idee von Dubosq ließen sich übrigens auch Kameras herstellen, bei denen eine Lichtquelle zwei Kondensorsysteme beleuchtet, deren Achsen um  $90^\circ$  voneinander abstehen. Der eine Kondensator ist, ähnlich wie beim Horizontalprojektionsapparate geteilt und zwischen beiden Linsen unter  $45^\circ$  Neigung ein Planspiegel eingesetzt, der das Lichtbündel dem anderen parallel macht (Nebenbilderapparat mit nur einer Laterne). In einer neueren, sehr empfehlenswerten Form hat Krüss in Hamburg diesen Doppelprojektionsapparat zur Ausführung gebracht (Fig. 291). Auch mit derartigen Apparaten ließen sich solche additive Farbenmischungen durchführen.\*) Schließlich könnte man sich auch helfen, indem man als zweite Laterne die zum primitiven Projektionsapparate ergänzte, einfache Bogenlichtlaterne (S. 203) zu Hilfe nimmt.

Zu den Versuchen über additive Farbenmischung gehören auch jene mit **Farbenkreisel**. Einen zur Projektion eingerichteten Farbenkreisel (Fig. 292) liefert Leybolds Nachfolger zum Preise von Mk. 15.—.

\*) Einen solchen — wie es scheint, freilich sehr wenig praktischen — Apparat findet man auch in Frick-Lehmann, Physikalische Technik, 7 Aufl., 1. Bd., S. 188, Fig. 371 abgebildet.



Auch auf die interessante Farbscheibe nach Benham sei hier aufmerksam gemacht. Obwohl nur weiß und schwarz gemischt wird, erscheinen auf der Scheibe vier farbige Ringe — eine Erscheinung, deren Erklärung in das Gebiet der physiologischen Optik gehört. Leybolds Nachfolger liefert diesen Apparat gleichfalls zur Projektionszwecken eingerichtet (Fig. 293, Preis Mk. 40.—).

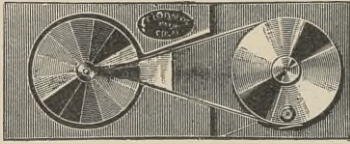


Fig. 292. Farbenkreisel, zur Projektion eingerichtet von E. Leybolds Nachf. in Köln.



Fig. 293. Farbscheibe nach Benham, zur Projektion eingerichtet von E. Leybolds Nachf. in Köln.

Eine andere Form des Versuches über additive Farbenmischung beschreibt E. Grimsehl in P. Z. VIII, S. 213. Man stellt vor den Kondensor des Skioptikons eine Blechplatte, welche mit zwei nebeneinanderliegenden kreisförmigen Ausschnitten versehen ist, die mit passend (z. B. rot und grün) gefärbten Gelatinen (Glasplatten) bedeckt sind. Dann wird mittels des Objektivs auf dem Schirm ein scharfes Bild von den Ausschnitten erzeugt. Man hält nun in den Strahlenkegel vor das Objektiv ein Prisma mit kleinem brechendem Winkel und vertikaler brechender Kante, durch welches ein Teil der Lichtstrahlen abgelenkt wird. Dadurch entstehen außer den schon erzeugten farbigen Scheiben auf dem Schirme noch zwei andere, ebenso gefärbte Scheiben. Durch passende Wahl der Ausschnitte in der Blechplatte kann man erreichen, daß der grüne Fleck des ersten Bildpaares mit dem roten des zweiten Paares teilweise zusammenfällt. Je nachdem man das ablenkende Prisma mehr oder weniger in den Strahlenkegel bringt, wird das zweite Bildpaar heller oder dunkler als das erste. Es gelingt dann leicht, den Fleck, der von beiden Farben bedeckt ist, farblos zu machen, so daß er weiß erscheint. Grimsehl gibt an, daß er die Ausschnitte von 10 mm Durchmesser 15 mm voneinander entfernt annahm und als Prisma ein Crownglasprisma von 15° brechendem Winkel benützte.

Im Gegensatz zu diesen additiven Farbenmischungen wäre nun auch ein Versuch über subtraktive Farbenmischungen anzustellen. Wenn man zwei Scheibchen aus Gelatine, die eine von tiefgelber und die andere von hellblauer Farbe, deren Farben additiv gemischt, weiß geben würden, teilweise übereinanderlegt\*) und nun projiziert, so erscheint das von beiden Scheibchen bedeckte Stück grün gefärbt. Die Erklärung für diese subtraktive Mischfarbe gewinnt man, wenn man nach der auf S. 217 ff. ausführlich beschriebenen Methode ein Spektrum projiziert und nun  $\frac{2}{3}$  der

\*) Man könnte jedes von beiden auf eine Glasplatte kleben und die Scheibchen zuerst nebeneinander projizieren, dann beide übereinander so verschieben, daß sie sich teilweise decken.



Spaltlänge mit dem gelben,  $\frac{2}{3}$  mit dem blauen Lichtfilter überdeckt, so daß im mittleren Drittel beide Lichtfilter übereinandergreifen. Die beiden Teilen gemeinsamen Komponenten können aus dem obersten und untersten Längsstreifen des Spektrums (aus den beiden Absorbtionsspektren der Lichtfilter) abgelesen werden; sie finden sich in dem mittleren Längsstreifen wieder.

#### 41. Die stereoskopische Projektion.

Obwohl jedes gute, mit kräftigen Licht- und Schatteneffekten aufgenommene Diapositiv auf dem Projektionsschirme in gewissem Sinne plastisch wirkt, war doch bald nach dem Aufschwunge, den die Projektionskunst einerseits durch die Fortschritte der Photographie, anderseits durch die stetige Vervollkommnung der Projektionsapparate erfuhr, der Wunsch immer lebhafter geworden, den Lichtbildern auf dem Projektionsschirme jene Körperlichkeit zu verschaffen, welche guten Stereoskopbildern ihren unnachahmlichen Reiz verleiht. Es darf nun bereits an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, daß man sich dabei eigentlich ein immer höchstens nur teilweise erreichbares Ziel vorsetzt. Es ist zunächst ja unmittelbar klar, daß sogar jedes gewöhnliche Diapositiv, das wir projizieren, strenge genommen aus einer Entfernung betrachtet werden sollte, welche zur Bildbreite am Schirme genau oder mindestens annähernd in demselben Verhältnisse steht, welches zwischen der Brennweite des Aufnahmeobjektivs und der Breite des Projektionsdiapositivs vorhanden ist, wenn anders uns das Bild die Wirklichkeit möglichst vollkommen ersetzen soll. In der Tat werden diejenigen Zuseher einer Lichtbildvorstellung, welche entweder auf Grund eines fein entwickelten künstlerischen Gefühles oder auf Grund theoretischer Studien die Erkenntnis dieser Beziehung erlangt haben, in der Wahl ihres Platzes im Projektionsaale unwillkürlich oder willkürlich so vorgehen, daß sie sich weder zu nahe zum Schirme begeben, noch zu weit von demselben entfernt bleiben. Wenn nun dies schon für gewöhnliche Diapositive gilt, um wieviel mehr muß es für stereoskopische Aufnahmen gelten, bei denen es ja ganz außerordentlich wichtig ist, das binokulare Betrachten der beiden Stereoskopbildhälften so einzurichten, daß jede dieser Bildhälften möglichst genau ebenso auf das betreffende Auge einwirke wie die Wirklichkeit selbst. Seit diese Erkenntnis gewonnen wurde, geht auch das Streben wissenschaftlich gebildeter Konstrukteure von stereoskopischen Aufnahmeapparaten und von stereoskopischen Betrachtungsapparaten (Stereoskopen) dahin, den einen dieser Apparate an den anderen so anzupassen, daß dem obigen Grundsatz entsprochen ist. Darum erscheinen keineswegs alle Stereoskopbilder des Handels in jedem Stereoskop gleich wirkungsvoll. Wer z. B. ein mit dem „Alto-Stereo-Quartapparate“ der Firma Steinheil in München aufgenommenes Bild in dem von derselben Firma hiezu konstruierten Stereoskop betrachtet, gewinnt den vollen Eindruck der Wirklichkeit. War z. B., um dies deutlicher zu machen, mit diesem Apparate eine Person in 2 m Distanz



aufgenommen worden, so glauben wir, diese Person, wenn wir in das Stereoskop sehen, in voller Lebensgröße in 2 *m* Distanz vor uns zu sehen, obwohl wir ja wissen, daß die Linsen des Stereoskops nur etwa 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> mal vergrößern, somit die im photographischen Bild 7 *cm* hohe Gestalt nur etwa 17—18 *cm* groß erscheinen kann. Daß wir eben tatsächlich ein körperliches Vorstellungsbild gewinnen, welches der Wirklichkeit völlig entspricht, davon können wir uns überzeugen, wenn wir dieselbe Person genau in 2 *m* Distanz von uns aufstellen und — indem wir abwechselnd durch das Stereoskop und auf die Person selbst blicken — uns davon überzeugen, daß die wirkliche Person und ihr stereoskopisches Vorstellungsbild uns gleich groß erscheinen. Diesen hohen natürlichen Effekt verlieren wir unbedingt, wenn wir dasselbe Stereoskopbild mit einem Stereoskope betrachten, dessen Linsen eine wesentlich größere oder kleinere Brennweite haben als jene des zum Aufnahmeapparate gleichsam abgestimmten Stereoskops. Wir erhalten wohl noch immer ein plastisches Bild; es wird uns aber das Objekt entweder unnatürlich verkleinert (wie ein Modell) oder unnatürlich vergrößert erscheinen. — Durch diese etwas weitschweifige, aber zum Verständnisse des Folgenden unbedingt nötige Betrachtung ist klar geworden, daß es unmöglich ist, auf dem Wege der Projektion für alle Zuseher in einem nach der Tiefe beträchtlich ausgedehnten Saale gleichwertige stereoskopische Effekte zu erzielen. Wenn auch für alle die Plastik erzielt werden kann, so wird die natürliche Plastik doch nur für die in einer bestimmten Entfernung vom Schirme sitzenden Zuseher vorhanden sein können.

Das Prinzip, durch Projektion stereoskopische Effekte zu erzielen, ist nun im wesentlichen kein anderes als beim gewöhnlichen Stereoskop: wir müssen den Beobachter in die Lage versetzen, mit dem rechten Auge das hierfür bestimmte Halbbild allein und ebenso mit dem linken Auge das für das linke Auge bestimmte Halbbild allein zu fixieren. Wenn wir also mit zwei Projektionsapparaten diese Bilder nebeneinander auf dem Schirme entwerfen, so wird ein jeder Beobachter, der seine Augenmuskeln so beherrscht, daß er jedes dieser beiden Bilder nur mit dem betreffenden Auge betrachtet, ohne weiteres die volle stereoskopische Wirkung erzielen. Das werden aber nur wenige Menschen vermögen, da es sich dabei darum handelt, die Augenachsen divergent zu stellen. Deshalb wurden zu diesem Zwecke von verschiedenen Physikern\*) „stereoskopische Brillen“ konstruiert, welche entweder durch Schauröhren oder durch lichtbrechende achromatische Prismen oder durch Spiegel (total reflektierende Prismen) u. dgl. dem Auge diese Mühe erleichtern sollten. Da somit für jeden Beschauer ein

---

\*) Unter anderen von A. Steinhäuser (vgl. dessen Schrift: Die geometrische Konstruktion der Stereoskopbilder, Graz 1870), Dr. A. Miethe (Photogr. Chronik 1895, Nr. 11, S. 81; Eders Jahrbuch 1896, S. 411), Moessard (Bulletin de la Société française 1896), Knight (Laterna magica 1899, Nr. 58, S. 53), W. Manchot (vgl. dessen Schrift: Das Stereoskop, Leipzig 1903).



solcher Apparat nötig wäre, da dieser Apparat je nach der Entfernung des Beobachters vom Schirme, nach dem Abstand seiner beiden Augen u. s. w. eine gewisse Einstellung nötig machen würde, die nicht jedermanns Sache sein dürfte, haben diese Apparate trotz ihrer sinnreichen Ideen und trotz der hiedurch erzielbaren herrlichen Wirkung keine große Verbreitung gefunden. Dasselbe gilt von einer Reihe anderer sehr sinnreicher, aber noch weit komplizierterer Apparate.\*) So haben d'Almeida und Woodbury\*\*) dieses Ziel durch Scheiben mit sektorenartigen Ausschnitten erreicht, von denen die eine vor den beiden Objektiven eines Doppelprojektionsapparates rotiert und dadurch in sehr schneller Folge abwechselnd das eine und das andere Halbbild auf derselben Stelle des Schirmes zu stande kommen läßt, während die zweite isochron vor den Augen des Beobachters rotiert und so immer nur eines der Halbbilder in das betreffende Auge gelangen läßt. J. Anderton\*\*\*) projizierte die beiden Teilbilder in verschieden polarisiertem Lichte auf einen mit matter Silberfolie belegten Schirm und gibt dem Zuseher Brillen mit entsprechend gestellten Nikolschen Prismen; die erzielten Erfolge waren vorzügliche; das Instrumentarium ist natürlich nicht billig und es darf auch nicht vergessen werden, daß zu dieser Methode, wie zu jeder der bisher besprochenen, zwei völlig gleichwertig gute Projektionsapparate erforderlich sind.

Gegenüber diesen teuren und schwerfälligen Methoden hat ein Verfahren, das zuerst vom deutschen Physiker Rollmann\*\*\*\*) beschrieben, später von I. C. d'Almeida auf die stereoskopische Projektion ausgedehnt und in jüngster Zeit in abgeänderter und wesentlich verbesserter Form durch M. Petzold†) zu ziemlich hoher Vollkommenheit ausgestaltet wurde, zu tatsächlich sehr befriedigenden Erfolgen geführt. Dabei werden die beiden Halbbilder nach dem Chromverfahren††) kopiert und in bestimmten Pigmenten†††) rot bzw. grün ausgefärbt. Beide werden dann übereinander geklebt und durch ein Skioptikon auf den Schirm projiziert. Es entsteht zunächst ein Gewirre aus roten und grünen Details. Betrachtet man dasselbe aber durch eine Art Brille, durch welche vor das eine Auge eine rote, vor das andere eine grüne Gelatinfolie gebracht wird, so ist von dem roten Bilde durch die rote Folie nichts zu er-

\*) Dieselben sind in Neuhauss, Lehrbuch der Projektion, ferner in Eders Photographischen Jahrbüchern und in fotogr. Fachzeitschriften eingehender besprochen.

\*\*) *Laterna magica* 1884, Nr. 22, S. 20. *Photogr. Rundschau* 1894, 7, S. 200.

\*\*\*) *Photogr. Rundschau* 1898, 6, S. 188.

\*\*\*\*) *Poggendorfs Annalen* XC., S. 186. — *Photogr. Rundschau* 1894, 7, 199.

†) *Laterna magica* 1897, 49, S. 1; 1900, Nr. 63, S. 33. — *Photogr. Rundschau* 1897, 3, S. 89; 1900, 7, S. 145.

††) Bezüglich der Herstellung der Bilder sei auf die in der vorigen Fußnote zitierten Quellen verwiesen. Man findet darüber auch Winke im „Jahrbuch des Photographen“ (herausgeg. v. G. H. Emmerich) Berlin, G. Schmidt, 1904, S. 132.

†††) Dieselben liefert ebenso wie die zugehörigen Brillen und fertige Bilder M. Petzold in Chemnitz, Langestraße 23.



kennen, weil die ganze Fläche (Licht und Schatten) gleichmäßig rot erscheint. Dagegen erscheint durch diese Folie die Zeichnung des grünen Bildes schwarz. Analoges findet für das zweite grüne Lichtfilter der Brille statt. So vereinigen sich die roten und grünen Lichter der beiden Bilder in den Augen des Beschauers zu weiß, während die schwarz erscheinende Zeichnung der beiden Bilder den körperlichen Eindruck hervorruft. Die Wirkung ist eine überraschende und sehr vollkommene.

Selbstverständlich werden alle diese Verfahren bei Beobachtern, deren Augen nicht völlig gleichwertig funktionieren, teilweise oder völlig versagen; solche Personen sehen natürlich überhaupt nicht in demselben Sinne „stereoskopisch“ wie binokularsehende Menschen, für sie vermag also auch die subjektive Betrachtung im Stereoskop keine eigentliche stereoskopische Wirkung hervorzubringen.

---



## VI. Abschnitt.

# Die Verwendung des Skioptikons im chemischen Unterricht.

Von Dr. Friedrich Böck,

Privatdozent an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit aller Berechtigung gewinnt die Verwendung des Projektionsapparates zur objektiven Darstellung chemischer und chemisch-physikalischer Vorgänge immer mehr an Bedeutung. Schon das einfache Skioptikon bietet dadurch unschätzbare Vorteile für den naturwissenschaftlichen Unterricht, daß es mit seiner Hilfe möglich ist, an Stelle der oft schwer und mit großen Kosten beschaffbaren Tafeln, Zeichnungen und Bilder — welche, wenn sie nicht nur in unmittelbarer Nähe deutlich sichtbar sein sollen, in großem Maßstabe ausgeführt sein müssen — die handlichen, kleinen und billigen Glasphotogramme (Diapositive) zu benützen und trotzdem alle feinen Details derselben mit voller Deutlichkeit sichtbar zu machen. Allerdings ist hierbei vom pädagogischen Standpunkte aus zu berücksichtigen, daß die während der ganzen Unterrichtsstunde entworfenen Tafelzeichnung oder eine während derselben ausgestellte Wandtafel sich dem geistigen Auge besser einprägt und auch viel leichter vom Schüler in Form einer einfachen Skizze seinen Aufzeichnungen einverleibt werden kann, als das nur kurze Zeit sichtbare Projektionsbild, während dessen Vorführung überdies das Auditorium meist stark verdunkelt werden muß. Diesem Nachteile stehen aber zwei wesentliche Vorteile gegenüber. Einmal ist die durch Projektion gewonnene Abbildung eines Gegenstands, eines Apparates oder einer Anlageskizze, unabhängig von dem mehr oder minder entwickelten zeichnerischen Talent des Vortragenden; es werden also mit anderen Worten bei den Schülern richtige Vorstellungen über den betreffenden Gegenstand erweckt. Andererseits ist es möglich, ohne bedeutenden Zeitaufwand eine größere Anzahl von Bildern zur Darstellung zu bringen, etwa verschiedene Ausführungen eines Apparates, welchen aber allen dasselbe Prinzip zu Grunde liegt, so daß schließlich durch den wiederholten Anblick solcher nur in nebensächlichen Momenten voneinander abweichenden Gegenständen ein nachhaltiger



Eindruck über das Prinzip erweckt wird. Manche der öfters nur in einer einzigen Ausführungsform käuflichen Zeichnungen oder Wandtafeln verdecken durch die Anhäufung unwichtiger Details den Kernpunkt der Sache.

Von größter Bedeutung ist aber speziell für den Unterricht der Technologie die Vorführung von Originalphotogrammen über die Räume und Einrichtungen der Fabriken, der Arbeitsstätten in der Praxis. Mit größter Einfachheit kann hier dem Schüler durch Vorführung der Bilder und Arbeitsvorgänge der aufeinanderfolgenden Maschinen oft ein besserer Einblick in die wirkliche Herstellung eines Erzeugnisses geboten werden, als etwa auf dem Wege einer Exkursion, bei welcher durch die Beschränktheit des Arbeitsraumes, durch den Fabriklärm und mannigfaltige Umstände, welche die Aufmerksamkeit abzulenken geeignet sind, nicht immer eine Erklärung der Maschine und des ganzen Vorganges in einer für alle Teilnehmer gleichmäßig vernehmlichen und verständlichen Weise gegeben werden kann. Die Vorführung technologischer Bilder bietet also geradezu einen Ersatz, zu mindestens aber eine wertvolle Vorbereitung für die Exkursionen. Es muß natürlich dem pädagogischen Gefühle des Lehrers überlassen bleiben, die Wahl zwischen Tafelzeichnung, Wandtafel und Projektionsbild zu treffen; selbstverständlich wird z. B. ersterer der Vorzug zu geben sein, wenn es sich etwa um die bildliche mit wenigen Linien durchführbare Darstellung des Prinzips einer Vorrichtung handelt, deren Besprechung und Erläuterung einen breiten Raume im Vortragstexte einnimmt. — Über die zurzeit im Handel erhältlichen Laternbilder aus dem Gebiete der Technologie, deren Zahl in Anbetracht ihrer Wichtigkeit und der möglichen Mannigfaltigkeit eigentlich noch recht klein zu nennen ist, wurde schon in einem früheren Abschnitte des Buches (S. 184) berichtet, hier sei nur auf das dort Mitgeteilte hingewiesen.

In diesem Abschnitte des Buches soll speziell eine Anleitung zur Durchführung chemischer und physikalisch-chemischer Versuche\*) mit Hilfe des Skioptikons gegeben werden. Auf diesem Gebiete ist es ebenso wie beim Unterricht der Physik, worüber S. 187 die betreffenden Verhältnisse auseinandergesetzt worden sind, oft sehr schwierig, die Experimente einem größeren Zuschauerkreise in deutlich sichtbarer Weise vorzuführen, da die zu beobachtenden Vorgänge manchmal sehr diffiziler Natur sind und weil andererseits, namentlich an Mittelschulen, das kärgliche Budget die Vorführung des Versuches in einem größeren, weithin erkennbaren Maßstabe nicht gestattet. — Die vorliegende Sammlung solcher chemischer Skioptikonexperimente soll durchaus nicht Anspruch auf Vollständigkeit haben, sondern nur als prinzipielle Anleitung dienen.

\*) Eine Anzahl von Versuchen, die vielleicht auch im Unterricht der Chemie mit Hilfe des Projektionsapparates durchgeführt werden, besonders solche über Spektren, Umkehrung der Spektrallinien, Polarisationserscheinungen u. s. w. sind im V. Abschnitte über physikalische Experimente beschrieben.



## Erfordernisse für chemische Versuche.

Für chemische Experimente reicht man in der Regel mit einem **einfachen Projektionsapparat** aus, wie er in verschiedenen Typen S. 70 ff und S. 193 ff. besprochen und abgebildet worden ist; jedenfalls aber muß der Balg, welcher für gewöhnlich die Verbindung zwischen Bildträger und Objektiv bildet, genügend weit nach vorne verschiebbar oder abnehmbar sein, um an Stelle des Bildträgers ein größeres, etwa 10 *cm* breites Tischchen für die Aufstellung von Küvetten einführen zu können. Noch bequemer, weil mehr Raum für die Anbringung der Versuchseinrichtungen ermöglichend, ist es, auf einen Balg oder ein konisches Metallverbindungsstück ganz zu verzichten und das Objektiv, umgeben von einem genügend großen Metallschirm (zur Abhaltung von Seitenlicht) auf einem Ständer in der durch

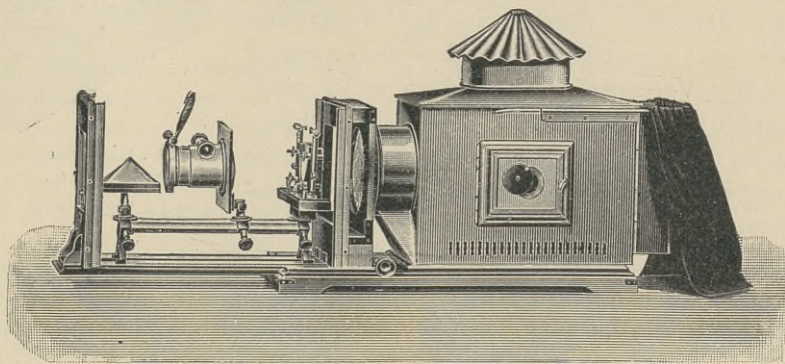


Fig. 294. Universalprojektionsapparat „Cäsar“ von Unger u Hoffmann in Dresden in der Zusammenstellung für chemische Versuche.

Fig. 174, S. 188, dargestellten Weise zu befestigen. Da bei Benützung des gewöhnlichen Skioptikons sich die Versuchsanordnungen auf dem Projektionschirme naturgemäß verkehrt abbilden, ist es angezeigt, ein **Umkehrprisma** vor dem Objektiv anzubringen, das vielleicht ebenso wie das Objektiv auf einer optischen Bank befestigt sein kann, wie in Fig. 294. Manche chemische Experimente lassen sich noch bequemer mit Hilfe eines **Horizontalprojektionsapparates** oder „Epidiaskops“ durchführen (Beschreibung S. 190). Die Versuche werden dann in Uhrgläsern oder in flachen Glasschalen mit ebenem Boden angestellt. In manchen Fällen wird ferner die Ausstattung des Projektionsapparates mit einem **Episkop** (siehe S. 96) wertvoll sein, z. B. um kleine undurchsichtige Gegenstände, wie Minerale, stark gefärbte Kristalle, kristallisierte oder geschliffene und geätzte Metalle u. dgl. objektiv anschaulich zu machen; auch kann das Episkop mit Vorteil benützt werden, um Abbildungen in Büchern und andere Zeichnungen, von denen man keine Laternbilder besitzt, direkt in sehr vergrößertem Maßstabe den Schülern vorzuführen. Freilich ist, wie an anderen Stellen des Buches (S. 96 und S. 193) betont wurde, zu nutzbringender Verwendung des Episkops eine



sehr kräftige Lichtquelle (elektrisches Bogenlicht von mindestens 20 Amp.) unerlässliches Erfordernis. An sehr gut dotierten Schulen, insbesondere an gewerblichen Fachschulen wird man im chemisch-technologischen Unterricht vielleicht auch manchmal einen Projektionsapparat mit Mikroskopeinrichtung für undurchsichtige Objekte verwenden, z. B. zum Vorführen des mikroskopischen Gefüges von Metallen und Legierungen (dazu trefflich geeignete Einrichtungen sind S. 121 abgebildet und erörtert). Einen vorzüglichen und in der Anwendung sehr bequemen Ersatz für solche immerhin schwierige und wegen der Notwendigkeit von kostspieligen Apparaten und der teuren Lichtquelle schwerer zugängliche Demonstrationen bieten **Mikrophotogramme** derartiger Objekte in der Form von Laternbildern; wengleich sie bisher nur wenigen Lehrern zur Verfügung stehen dürften, so wird vielleicht die hiemit gegebene Anregung dazu führen, daß solche höchst lehrreiche Mikrophotogramme von einer der einschlägigen Firmen in ausreichender Auswahl bald in den Handel gebracht werden.

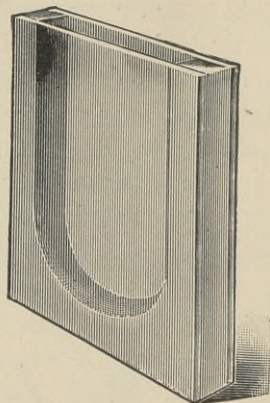


Fig. 295. Glasküvette für chemische Versuche (von E. Leybolds Nachf. in Köln).

Für die meisten chemischen Versuche mittels Projektion sind **Küvetten** erforderlich, am besten aus Spiegelglasplatten durch sorgfältigste Verkittung hergestellt, deren zwei große Platten genau planparallel gestellt sein und aus fehlerfreiem, farblosem Glase bestehen müssen.\*) Häufig benützt man auch

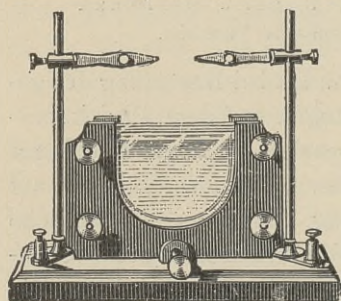


Fig. 296. Käufliche Küvette in Metallrahmen für elektrochemische Versuche.

Küvetten aus zwei Spiegelplatten, die auf einem dicken U-förmig ausgeschliffenen Glassteg oder auf eine ähnliche Holzzwischenlage aufgekittet sind (Fig. 295). In manchen Fällen ist es angezeigt, solche gekittete Küvetten zu vermeiden und sich selbst mit Hilfe zweier Spiegelglasplatten von etwa 4 bis 5 mm Dicke und eines U-förmig dazwischen gelegten, sehr dicken Kautschukschlauches eine Küvette herzustellen; durch vier bis fünf kräftige, nicht zu schmale Klemmvorrichtungen werden die Glasplatten fest an die Kautschukzwischenlage angepreßt, wie es die Fig. 307 auf S. 319 darstellt. Anstatt der Klemmen können noch besser zwei mit entsprechen den Ausschnitten versehene Metallplatten dienen, welche durch Schrauben einander genähert werden können (wie Fig. 278 auf S. 282 und Fig. 296).\*\*) Derartige Küvetten lassen sich nach dem Gebrauche in zer-

\*) Über Herstellung, Bezugsquellen und Preise der Küvetten siehe S. 222 u. 251.

\*\*\*) Preis einer Küvette für elektrische Versuche wie Fig. 296 Mk. 30.— (bei Ed. Liesegang in Düsseldorf).



legtem Zustand sehr leicht und gründlich reinigen. Beim Zusammenfügen einer solchen Küvette muß man genau darauf achten, daß der Preßdruck der Klemmen möglichst gleichmäßig über die ganzen Platten bezw. ihren Umfang verteilt und nicht stärker als unbedingt nötig ist, da sonst namentlich unter dem erwärmenden Einflusse der Lichtquelle des Skioptikons die Platten zerspringen können. Für die meisten chemischen Versuche reicht man mit Küvetten von 10 mm innerer Lichte aus, bei einer Höhe von 8 bis 12 cm und etwa gleicher Breite.

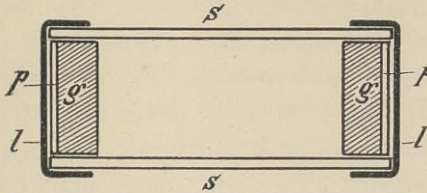


Fig. 297. Schematischer Querschnitt einer selbstzufertigenden Küvette; *ss* Glasplatten, *gg* Gipswände, *pp* Stege aus Pappe oder Blech, *ll* Leinwandstreifen.

die beiden dazu passenden Glasplatten *ss* gelegt wird, und gießt Boden sowie rechte und linke Seitenwand mit einer etwa 1—2 cm starken Gipschichte *gg* aus. Tränkt man nach dem Trocknen die Gipswände noch mit einer dünnen, mit etwas Chromalaun oder Formaldehyd versetzten Leimlösung, die auch schon dem Gipsbrei zugesetzt werden kann, und überklebt ihre Außenseiten noch mit Leinwandstreifen, so erhält man billige und ganz gut haltbare Küvetten.

Recht zweckmäßig ist auch eine **heizbare Küvette** (Fig. 298), deren Besitz die Zahl der Projektionsexperimente wesentlich vergrößert. Im Handel scheint eine solche bisher nicht erschienen zu sein, doch fällt es nicht schwer, nach den folgenden Angaben sich eine heizbare Küvette selbst anzufertigen. Aus einem schmalen parallelepipedischen Trog aus unglasiertem Ton, wie sie als Diaphragma bei elektrischen Elementen vielfach Verwendung finden, werden die beiden großen Wände derartig herausgesägt, daß ein  $\square$ -förmiger Rahmen entsteht (Fig. 298 I.); die Innenkanten werden dann in einer Breite von etwa 1 cm bis auf die Hälfte der Wanddicke abgeschabt und mit einer Laubsäge in Abständen von etwa  $\frac{1}{2}$  cm mit Einschnitten versehen, so daß diese

Sehr einfach lassen sich übrigens Küvetten in den verschiedensten Größen auch dadurch herstellen, daß zwei Glasplatten durch Gips miteinander verbunden werden (Fig. 297). Zu diesem Behufe biegt man einen Streifen aus dünnem Blech oder lackierter Pappe, dessen Breite der lichten Weite der Küvette entspricht, zu einem  $\square$ - oder besser  $\square$ -förmigen Rahmen *pp*, welcher zwischen

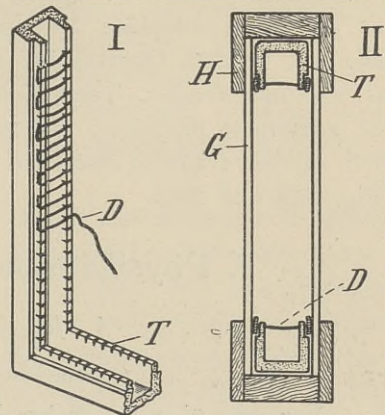


Fig. 298. Skizzen für die Anfertigung einer heizbaren Küvette; I Stück des zugeschnittenen Tonrahmens *T* mit Einkerbungen, *D* Heizdraht; II Querschnitt durch die fertige Küvette, *H* Holzrahmen, *G* Glasplatten, *T* Tonrahmen mit Asbeststreifen, *D* Heizdraht.



Innenkanten gezähnt erscheinen. Über diese Zähne wird sodann im Zickzack ein dünner Eisen-, Nickel-, Neusilber- oder am besten Platindraht gespannt, dessen Enden, mehrfach zusammengedreht, durch die seitlichen Rahmenwände nach außen geführt werden. Nach Einlage von Asbestpappenstreifen schließt man die Vorder- und Rückfläche durch Glasplatten ab und befestigt diese durch einen das ganze umschließenden Holzrahmen. Die Drahtenden laufen in Klemmen aus und werden in einen entsprechenden elektrischen Stromkreis eingeschaltet, dessen Regulierung die Einstellung des Innenraumes auf eine bestimmte Temperatur gestattet. Die oben noch offene Seite dieser heizbaren Küvette kann durch einen gut eingepaßten ebenfalls mit Asbest belegten Holzdeckel geschlossen werden (eine vollständig zusammengestellte heizbare Küvette ist in Fig. 308 auf S. 321 gezeichnet).

Soll eine derartige heizbare Küvette nicht bloß als Luftbad dienen, sondern direkt die zu erwärmende Flüssigkeit aufnehmen, dann empfiehlt es sich wohl mehr, eine gewöhnliche Glasküvette zu benutzen und den auf Glimmer- oder Schieferstreifen bzw. auf einen derartigen □-förmigen Rahmen spiralig oder zickzackförmig aufgewickelten Heizdraht einzubauen.

Als **Reaktionsgefäße** kommen manchmal auch Glasröhren (z. B. bei Projektion der Verdampfung von flüssiger Kohlensäure etc.) oder gewöhnliche Eprouvetten zur Verwendung. Da diese jedoch im Projektionsbilde infolge der Lichtbrechung durch die stark gewölbten Flächen bis auf einen schmalen Mittelstrich dunkel erscheinen, werden solche Gefäße mit rundem Querschnitte zweckmäßig nicht direkt projiziert, sondern in eine mit Wasser, Terpentinöl etc. gefüllte Küvette eingesenkt und mit ihr zusammen projiziert. Einfache und bequeme Anordnungen dieser Art sind an einer früheren Stelle des Buches (S. 251) beschrieben und abgebildet (Fig. 243 und 244).

## I. Physikalische Zustandsänderungen.

### 1. Aggregatsänderungen.

(Schmelzen, Erstarren, Sieden.)

Versuche über das **Schmelzen fester Körper** bieten keine Schwierigkeit, gewähren aber auch keinen besonderen Anblick; sie sind vielleicht aber deshalb ganz brauchbar, weil sie die Schüler im Beobachten von projizierten Vorgängen üben. Als Material eignet sich in erster Linie Eis. Man läßt einige Kubikzentimeter gewöhnliches Wasser in einer Eprouvette oder eventuell in einem schmalen Glastroge gefrieren und bringt es sodann in der mit Wasser gefüllten Küvette zum Auftauen. Die Volumsänderungen sind kaum sichtbar. — Von anderen Substanzen eignen sich hiezu auch Phenol (kristallisierte Karbolsäure, Schmelzpunkt  $40^{\circ}\text{C}$ ), Eisessig (Schmelzpunkt  $18^{\circ}\text{C}$ ) und viele mehr.



Im Gegensatze zu dem scharfen Schmelzpunkte der genannten reinen Substanzen läßt sich auch das allmähliche Erweichen anderer Stoffe zeigen, welche Gemische mehrerer chemischer Individuen vorstellen wie die meisten natürlichen Fette. Taucht man beispielsweise eine mit erstarrtem Fett (Schweineschmalz) gefüllte Epruvette oder kleine Küvette in die mit warmem Wasser versehene Projektionsküvette ein und läßt von Zeit zu Zeit Bleikügelchen auf die Fettoberfläche fallen, so erkennt man aus der mit steigender Temperatur zunehmenden Sinkgeschwindigkeit derselben leicht die sich stetig ändernde Konsistenz des Fettes, also den allmählichen Übergang vom festen in den flüssigen Zustand. Umgekehrt kann durch Abkühlenlassen geschmolzener oder flüssiger Substanzen das **Erstarren** derselben gezeigt werden, wobei nur zu bemerken ist, daß man Substanzen von nicht zu niedrigem Erstarrungspunkt wählen muß, da sonst etwa bei Füllung der Küvette mit Eiswasser durch den auftretenden „Beschlag“ derselben das Bild undeutlich wird.

Das **Sieden von Flüssigkeiten** wird durch Eintauchen der dieselben enthaltenden Gefäße in die mit entsprechend warmem Wasser gefüllte Küvette oder direkt in die heizbare Küvette (Luftbad) demonstriert oder endlich auch dadurch, daß in die betreffende Substanz, etwa Wasser, ein in mehrfachen Windungen liegender Platindraht (Heizdraht) gesenkt wird, der auf elektrischem Wege erhitzt wird. Das anfängliche Entweichen von Luftbläschen und deren Ablösung durch die beim Aufsteigen immer größer werdenden Dampfblasen sind deutlich sichtbar. Auch das Verdampfen flüssiger, in ein Glasrohr eingeschmolzener Kohlensäure oder anderer leicht kondensierbarer Gase ist unschwer zu bewerkstelligen, erheischt aber doch einige Vorsicht, damit nicht etwa durch zu starkes Erhitzen die Zerstümmung der Röhre eintritt.

**Die Verflüssigung von Ammoniak** durch Druck erfolgt in einem knieförmig gebogenen, starkwandigen, leicht schmelzbaren Glasrohre. (Der Versuch erfordert besondere Vorsicht!) Man stellt sich zunächst Chlorsilberammoniak durch Überleiten von vollkommen trockenem Ammoniak über gefälltes und bei 100° getrocknetes Chlorsilber, welches sich im Innenrohre eines Liebigkühlers befindet, dar. Da sich das Präparat hierbei stark erhitzt, muß gekühlt werden. Bei lebhaftem Ammoniakstrom ist nach etwa 15 Minuten die Absorption beendet. 20–40 g des Chlorsilberammoniaks werden nun in den unten gleichmäßig zugeschmolzenen Schenkel eines Knierohres (Fig. 299 A, d) gebracht, welches aus einem starkwandigen Thüringer Einschmelzrohr von etwa 30–40 cm Länge und 1·5–2 cm Weite derart gebogen wird, daß die Kniestelle möglichst gleiche Wandstärke beibehält. Der geschlossene Schenkel wird zweckmäßig etwas länger als der offene gehalten. Nach dem Füllen wird letzterer zu einer dickwandigen Kapillare ausgezogen und zugeschmolzen (b). Das so vorbereitete Rohr kommt nun vor den Projektionsapparat. Zweckmäßig taucht man den leeren Schenkel in eine



mit kaltem Wasser gefüllte Kuvette und erhitzt den anderen Schenkel, der behufs gleichmäßiger Erwärmung mehrfach mit Kupferdrahtnetz oder dünnem Blech umwickelt ist, mit einem kleinen Flämmchen auf etwa 100–150° C. Das Ammoniak wird hiedurch ausgetrieben und verflüssigt sich im leeren nach abwärts geneigten Teile des Rohres. Bei dem Versuche ist gehörige Vorsicht am Platze, da die Röhren infolge des hohen Druckes

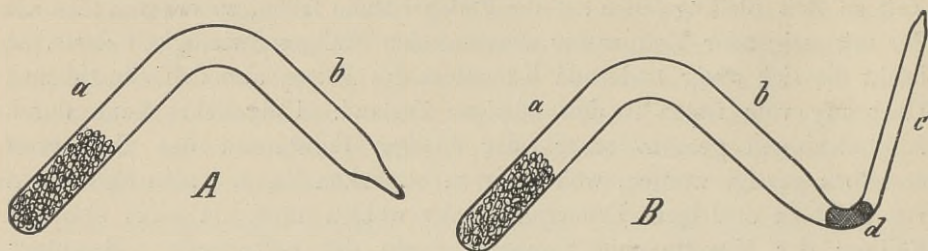


Fig. 299. A einfache U-röhre, B solche mit Quecksilbermanometer für die Versuche zur Verflüssigung von Ammoniak.

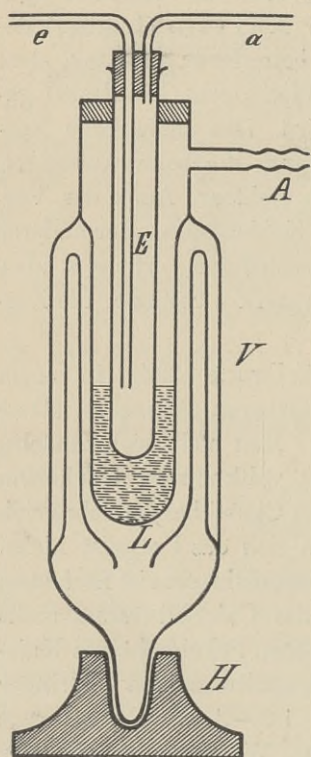


Fig. 300. Weinhold'sches Vierwandgefäß für Versuche unter Benützung von flüssiger Luft. (Beschreibung im Texte.)

leicht springen. Man schütze sich daher durch eine starke Glasplatte oder durch Augenschutzbrillen und einen feinmaschigen Drahtkorb vor den Folgen einer Explosion.

Läßt man das Chlorsilber hernach wieder auskühlen und kühlt den Schenkel dann noch mit Wasser, so beginnt das verflüssigte Ammoniak lebhaft zu sieden und wird nach und nach wieder vom Chlorsilber absorbiert.

H. Landolt schlägt vor, der Röhre die Form Fig. 299 B zu geben, bei welcher der offene Schenkel in eine nach aufwärts gebogene enge aber starkwandige Kapillare *c* übergeht, welche unten einen Tropfen Quecksilber *d* enthält und oben geschlossen ist. Diese Kapillare wirkt dann als Manometer, indem der Quecksilbertropfen während der Erhitzung durch den Druck des Ammoniaks sich nach aufwärts bewegt und die Luftschichte zwischen sich und der abgeschmolzenen Spitze der Kapillare zusammenpreßt. Diese Änderung des Volumens der abgeschlossenen Luftsäule kennzeichnet den Druck, unter dem das Ammoniak steht.

**Die Verflüssigung von Gasen und ihr Festwerden durch Kälte** zeigt man am besten unter Verwendung von flüssiger Luft als Kühl-



mittel. Letztere kommt in ein Weinhold'sches Vierwandgefäß mit Vakuummantel *V*, wie Fig. 300 zeigt, da gewöhnliche Gefäße infolge der tiefen Temperatur sich sofort mit einer undurchsichtigen Eiskruste überziehen. Die zu verflüssigenden Gase werden in eine Eprouvette *E* geleitet, die sich in der flüssigen Luft *L* befindet, und mit einem bis nahe zum Boden reichenden Gaseinleitungs- und einem knapp unter dem Stopfen endigenden Gasableitungsrohre (*e* und *a*) versehen ist. *A* ist das Ausströmungsrohr für die verdampfte Luft, *H* ein hölzerner Fuß für den Apparat. Das Weinholdgefäß darf niemals fest verschlossen sein, da es sonst durch die Spannkraft der stets siedenden flüssigen Luft gesprengt würde.

Zum Verflüssigen und Erstarrenlassen eignen sich: Ammoniak, Schwefeldioxyd, Schwefelwasserstoff, Chlor, Chlornwasserstoff, Methan, Azetylen u. s. w.; Kohlendioxyd geht beim Abkühlen unter  $-80^{\circ}$  C bei gewöhnlichem Druck aus dem gasförmigen in den festen Zustand über. Braucht man nicht so tiefe Temperaturen, wie sie die flüssige Luft bietet, dann kann man eventuell auch Gemische von Kohlensäureschnee mit Äther oder besser Gemische von flüssiger Luft mit Alkohol — wobei letzterer in erstere zu gießen ist, nicht umgekehrt — verwenden.

**Die Verflüssigung von Ozon** ist ein schönes Experiment dieser Gruppe. Hiezu wird ozonisierter Sauerstoff in die mit flüssiger Luft teilweise gefüllte Eprouvette geleitet, wobei eine immer intensiver werdende Blaufärbung zu beobachten ist. Läßt man hernach die überschüssige Luft respektive den Sauerstoff langsam absieden, so hinterbleiben schwarzblaue Tropfen von flüssigem Ozon, welcher jedoch infolge seiner höchst explosiven Eigenschaften äußerste Vorsicht (!!) erheischt. Am besten zeigt man nur die eintretende starke Blaufärbung der als Lösungsmittel für den verflüssigten Ozon dienenden flüssigen Luft und macht dieses Gemisch durch Ausgießen auf einen freien Platz unschädlich.

**Zur Verflüssigung von Stickstoff** reicht die Temperatur der unter Atmosphärendruck siedenden Luft nicht aus. Für diesen Versuch verbinde man das Einleitungsrohr *e* (Fig. 300) mit einem größeren Gasometer mit reinem Stickstoff unter Einschaltung zweier mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllter Waschflaschen und schließe, nachdem alle Luft durch Stickstoff vertrieben ist, das Ableitungsrohr *a*, während der Hahn zum Gasometer offen bleibt. Nunmehr verbinde man das Abzugsrohr *A* des Weinholdgefäßes, welches bisher offen stand, mit der Saugleitung einer bereits tätigen und auch weiter unausgesetzt in Tätigkeit bleibenden kräftigen Luftpumpe oder mit mindestens zwei gut wirkenden Körtingschen Wasserstrahlpumpen, so daß die Kühlluft im Vakuum siedet, wobei ihre Temperatur unter  $-200^{\circ}$  C. sinkt. Sehr bald beginnt in der Eprouvette sich Stickstoff zu verflüssigen und, trotzdem das Gasabzugsrohr geschlossen ist, strömt Stickstoff aus dem Gasometer lebhaft nach. Haben sich einige Kubikzentri-



meter des flüssigen Gases gebildet, dann kann man eventuell, nachdem der Gasometerhahn geschlossen wurde, auch das Gasabzugsrohr *a* (Fig. 300) mit der Pumpenleitung verbinden und läßt nun den Stickstoff im Vakuum sieden, wobei ein Teil davon in festen Zustand übergeht. \*)

## 2. Auflösen und Kristallisieren.

Die ungleiche **Löslichkeit verschiedener Substanzen**, worüber auch im Abschnitte über Projektion von physikalischen Versuchen (S. 248 und 262) gesprochen wurde, läßt sich in der Weise zur objektiven Darstellung bringen, daß auf die im Bilde noch sichtbare Oberfläche des Lösungsmittels (Wasser) in einer größeren Küvette gleichzeitig kleine Mengen dieser Stoffe, an den Enden einiger Glasstäbchen etwa mit Siegellack befestigt oder in kleinen Glasröhrchen, deren untere Enden mit Gaze verbunden sind, gebracht werden. Man wähle etwa kristallisiertes Chlorkalzium oder Salpeter als leicht lösliche, Kaliumchlorat oder Bleichlorid als schwer lösliche, Kaliumpermanganat, Kupfersulfat, Kobaltsulfat als gefärbte lösliche Stoffe. Die herabsinkenden Schlieren der entstehenden Lösungen kennzeichnen je nach ihrer Stärke die verschiedene Lösungsgeschwindigkeit und gewähren namentlich bei den gefärbten Salzen einen prächtigen Anblick.

**Kristallisation.** Zu den schönsten Projektionsexperimenten gehören unstreitig die Kristallisationen, da sie Bewegung, Schönheit der Kristallgestalt und eventuell Farbenwirkung vereinen. Die Art der Anstellung der Versuche wurde, insbesondere mit Zuhilfenahme der Horizontalprojektionsapparates, schon im V. Abschnitt (S. 228) ausführlich erörtert. Es möge unter Hinweis darauf nur noch hervorgehoben werden, daß dazu am besten möglichst groß und deutlich kristallisierende Substanzen dienen, z. B. Chlornatrium, Kaliumnitrat, Salmiak, Kupfersulfat, Zinksulfat, Kaliumbichromat, Ammoniumbichromat und Alaun.

**Kristallisation in Gelatine.** Man fixiert einige gewöhnliche photographische Trockenplatten in einer 5%igen Lösung von unterschwefligsaurem Natrium bis zur völligen Durchsichtigkeit und wässert sie hierauf eine Stunde lang in fließendem Wasser vollkommen aus; dann tränkt man sie mit Lösungen von Chlorammonium, von Ammoniumbichromat oder von anderen gut kristallisierbaren Salzen und läßt sie vollkommen trocknen. Es entstehen innerhalb der Gelatine herrliche farbige Zeichnungen, an Eisblumen erinnernd, welche sich mittels des Skioptikons vortrefflich projizieren lassen,\*\*) wie Fig. 301. (Vgl. auch S. 228.)

\*) Näheres über die Versuche mit flüssiger Luft und deren Handhabung ist zu finden in Karl Heumanns Anleitung zum Experimentieren, III. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904.

\*\*) Dr. St. Meyer, Über das Wachstum der Kristalle; Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, XLIII. Bd., 1902/3, S. 155.



**Kristallisieren aus übersättigten Lösungen.** Hiefür eignet sich am besten das Natriumthiosulfat (Fixiersalz der Photographen). Man löst dieses Salz unter Zusatz von geringen Mengen Wasser oder Glycerin (100 Teile des Salzes auf 10 Teile Wasser) durch Erhitzen am Wasserbade, kocht nach Verschließen des Kolbens mit einem losen Wattepfropfen einige Augenblicke auf und läßt dann erkalten; schließlich füllt man die so erhaltene Lösung in eine schmale Küvette, die vor den Kondensor des Skioptikons gesetzt wird, und projiziert. Bringt man nun eine Spur festen Thiosulfats,

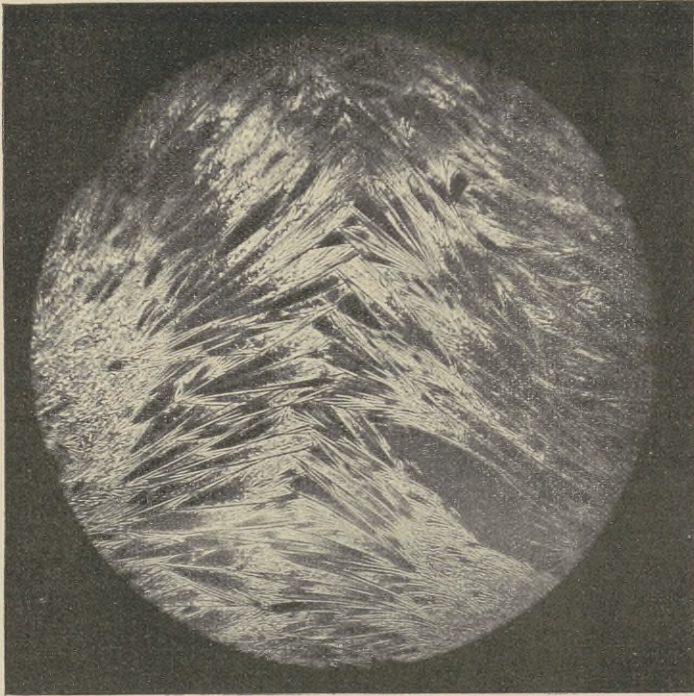


Fig. 301. Ammoniumbichromat in Gelatine auskristallisiert. (Nach Dr. St. Meyer.)

etwa mit Hilfe eines Glasstäbchens, welches mit den festen Kristallen in Berührung war, auf die Oberfläche der übersättigten Lösung, so tritt alsbald von der Impfstelle aus die Kristallisation ein und die Kristalle ordnen sich, stetig wachsend, zu prächtigen Gruppen.

Um eine unbeabsichtigte Impfung zu vermeiden, ist es notwendig, sich peinlichster Reinlichkeit zu befleißigen und namentlich nichts von der Substanz, gleichgültig, ob fest oder gelöst, auf den Fußboden fallen zu lassen, von wo die Teilchen bald zu Staub zertreten, als unwillkommene und unsichtbare Impfkristalle auffliegen. Alle Gefäße, Küvetten, Fülltrichter etc. sind unmittelbar vor Gebrauch mit warmem Wasser abzuspülen und am besten noch naß zu benutzen; ebenso muß sich der Experimentierende sorgfältig vorher die Hände waschen.



Unter Anwendung solcher Vorsichtsmaßregeln läßt sich auch zeigen, daß die übersättigte Lösung oder überkaltete Schmelze des Natriumthiosulfats weder durch Kratzen mit einem Glasstabe noch auch durch eingeworfene Kristalle anderer Substanzen zum Auskristallisieren gebracht werden kann, während aber bei Berührung mit dem gleichen oder isomorphen Salz sofort die Kristallisation eintritt. — Die von den anschließenden Kristallen aufsteigenden Schlieren kennzeichnen die durch die freiwerdende Schmelzwärme und durch die Ausscheidung eines Teiles der gelösten Substanz bedingte Abnahme des spezifischen Gewichtes der Mutterlauge.

Interessant ist auch das Verhalten einer übersättigten Lösung von **essigsauerm Natrium**. Das kristallisierte Salz wird unter Zusatz weniger Tropfen Wasser im Wasserbade geschmolzen, einige Augenblicke aufgekocht und unter peinlichst sorgfältigem Abschlusse aller Kristallkeime heiß in eine schmale Küvette filtriert. Beim Abkühlen erstarrt die Lösung zu einer weichen halbflüssigen, durchscheinenden Masse, welche neben dünnen Kristallen erhebliche Mengen von Mutterlauge erkennen läßt. Bei Impfung mit einer Spur festen Salzes mittels eines Platindrahtes oder Glasstabes fängt diese Mutterlauge rasch zu kristallisieren an, jedoch auch die ursprünglich ausgeschiedenen Kristalle wandeln sich in neue Formen um und werden dabei undurchsichtig weiß. Offenbar wurden zuerst Kristalle von anderem Wassergehalte gebildet.

H. Landolt gibt folgenden hierher gehörigen Versuch, der sich besonders für die Horizontalprojektion (Epidiaskop) eignet, an. Man stellt sich eine Lösung von 1 bis 2 g Chloralalkoholat, die vorher mit 5—6 Tropfen absoluten Alkohols angefeuchtet wurden, in etwa 20 cm Äther her und gießt diese auf eine gut gereinigte Glasplatte aus. Das Lösungsmittel verdunstet rasch und hinterläßt das Chloralalkoholat als amorphen firnartigen Rückstand. Legt man diese Platte nun auf den Objektträger des Epidiaskops und streut einige Körnchen Kaliumchlorat, Ferrosulfat etc. darauf, so erfolgt keine Veränderung; erst bei Berührung der Schichte mit einem isomorphen Salze oder mit kristallisiertem Chloralalkoholat tritt Kristallisation ein, indem jeder Impfkristall zum Mittelpunkte einer schönen Kristallrosette wird.

### 3. Kristallinische Ausfällung von Salzen aus konzentrierter Lösung durch gleichionige Zusätze.

a) Eine kalt gesättigte Chlornatriumlösung wird in der Küvette mit etwas rauchender Salzsäure versetzt. Es tritt sehr bald die Abscheidung von Kochsalzkristallen ein (Heumann-Kühling).

b) Man bringt zu einer kalt gesättigten Lösung von Ammoniumkupfersulfat eine genügende Menge von fein gepulvertem Ammoniumsulfat hinzu und löst dieses Salz durch Umrühren auf. Die ursprüngliche



blaue Farbe hellt sich durch Auskristallisieren von Ammoniumkupfersulfat ganz bedeutend auf (Rüdorff).

c) Eine konzentrierte Lösung von Bleichlorid und eine ebensolche von Kaliumchlorat, die sich in Eprouvetten in der mit Wasser gefüllten Küvette befinden, werden mit einer konzentrierten Lösung von Kaliumchlorid versetzt. In beiden Proben tritt Ausfällung der Salze ein, und zwar wirken im ersten Falle die Chlorionen, im zweiten Falle die Kaliumionen des zugesetzten Chlorkaliums. Zum Beweise zeige man, daß die Bleichloridlösung zwar durch eine gesättigte Lösung von Chlornatrium, nicht aber durch eine solche von Kaliumnitrat gefällt wird, während in der Lösung von Kaliumchlorat wohl ein Zusatz von Chlornatrium wirkungslos ist, aber der von Natriumchlorat oder von Kaliumnitrat die kristallinische Ausscheidung zur Folge hat.

Bedingung für diese Versuche ist die vollkommene Sättigung der Lösungen mit den betreffenden Salzen. Auch achte man darauf, daß nicht etwa durch zu langes Verweilen der Lösungen im Projektionsapparat eine Erwärmung derselben eintritt, wodurch die Sättigungsgrenze hinauf gertückt wird.

## II. Indikatorreaktionen.

(Säuren, Basen, neutrale Salze.)

Zur Darstellung der Farbenreaktionen der gebräuchlichen Indikatoren werden einfache mit destilliertem Wasser gefüllte Küvetten benützt, von denen je eine mit einigen Tropfen der Indikatorlösung beschickt wird. Als solche dienen Lackmustinktur, Phenolphthalein, Methylorange etc. Die Farben dieser wässrigen Lösungen sind in obiger Reihenfolge violett, farblos, orangegelb und schlagen nach Zusatz einiger Tropfen von verdünnter Säure (Schwefelsäure oder Salzsäure) bzw. auf Zusatz von verdünnter Kali- oder Natronlauge in rot bzw. blau, farblos bzw. rot, rot bzw. gelb um. Nimmt man die Reaktionen mit äquivalenten Mengen von Säure und Base vor, zeigt also erst die Rotfärbung der Lackmuslösung durch  $1 \text{ cm}^3 \frac{n}{10}$  Salzsäure und versetzt diese Lösung sodann mit  $1 \text{ cm}^3 \frac{n}{10}$

Kalilauge, so beweist die Wiederherstellung der violetten Färbung beim gründlichen Mischen die Bildung eines Neutralsalzes — des Chlorkaliums — welches auf Lackmus weder sauer noch basisch reagiert. Noch lehrreicher wird dieser Versuch, wenn man die Küvette in der Mitte durch einen gut passenden Glas- oder besser Kautschukstreifen in zwei Hälften teilt und die eine mit Säure, die andere mit der äquivalenten Menge Lauge färbt. Nach der Entfernung der Scheidewand und dem Durchmischen kommt wieder der Neutralton zum Vorschein.



Auch die Empfindlichkeit mancher Indikatoren, wie Lackmus oder Phenolphthalein, gegen schwache Säuren, wie Kohlensäure, läßt sich durch den Farbumschlag der nur mit einer Spur Alkalilauge versetzten Lösungen beim Einleiten eines Kohlensäurestromes mit Hilfe eines kapillar ausgezogenen Glasröhrchens zeigen.

### III. Elektrolyse.\*)

#### 1. Elektrolyse von Wasser.

In einer größeren, mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Küvette werden zwei kleine, eventuell mit Volumteilung versehene und an einem Halter aus Draht befestigte Epruvetten über die Elektroden gestülpt (Fig. 302). Die Elektroden bestehen aus Platinblech mit angenieteten Drähten, welche durch Kautschuk oder Guttapercha etc. bis zu den Blechen isoliert sind. Im Moment des Stromschlusses beginnt die Gasentwicklung und das Volumverhältnis von Sauerstoff zu

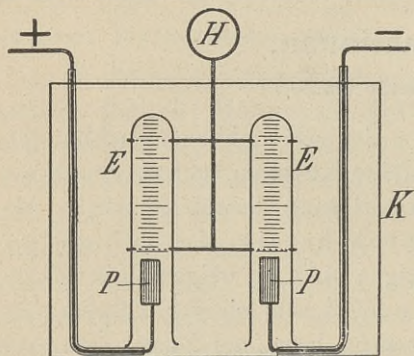


Fig. 302. Apparat für Elektrolyse von Wasser; *K* Küvette, *E E* Epruvetten mit Volumteilung, *H* Halter dazu, *PP* Platinelektroden an isolierten Drähten.

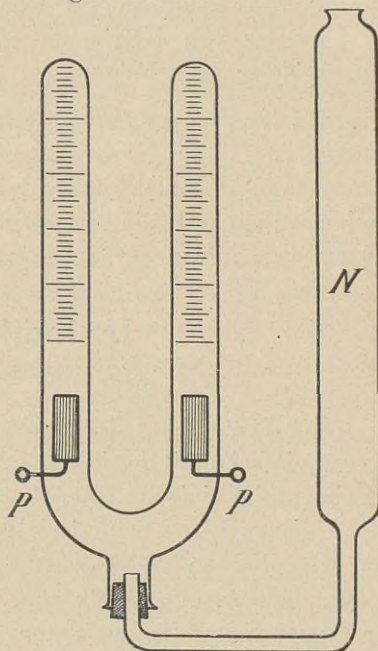


Fig. 303. Vorrichtung für Elektrolyse von Wasser nach Landolt; *N* Niveauröhr, *PP* Platinelektroden.

Wasserstoff (1 : 2) wird bald deutlich sichtbar. Wenn kein genügend gespannter Strom (0,5—1 Amp. bei 100 Volt) zur Verfügung steht, so genügen einige hintereinander geschaltete Bunsenelemente, namentlich wenn die Elektroden nahe aneinanderstehen.

Fig. 303 zeigt einen von W. Landolt angegebenen Apparat zu demselben Zwecke. Das U-Rohr wird mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und dann das Niveauröhr *N* im Tubus befestigt. Der Apparat kann direkt oder besser in einer Küvette mit Wasser stehend projiziert werden.

\*) Siehe darüber auch im Abschnitte V. über physikalische Versuche, S. 277.



## 2. Sekundäre Umsetzung der entladenen Ionen.

Bei der **Elektrolyse einer Salzlösung** werden die Ionen an den Elektroden entladen und entweder im elementaren Zustand abgeschieden oder sie treten mit dem Lösungswasser bezw. bei löslichen Anoden mit diesen in Reaktion. Die sekundäre Umsetzung der entladenen Ionen mit dem Lösungswasser läßt sich an der Elektrolyse von Alkalisalzen zeigen. Man verwendet den geteilten Trog. Eine Küvette wird in der Mitte durch ein gut passendes Glasprisma oder durch einen weichen flachen Kautschukschlauch oder ein rechteckiges Stück einer Kautschukplatte, welche bis etwa 1—2 *cm* vom Boden eingesenkt werden, in zwei Hälften geteilt, so daß diese miteinander kommunizieren. In jede Hälfte taucht eine Platinelektrode und das ganze Gefäß wird mit verdünnter, durch etwas Lackmuskintur violett gefärbter Kaliumsulfatlösung gefüllt. Nach Stromschluß färbt sich der Anodenraum rot, der Kathodenraum blau, indem das in ersterem entladene  $\text{SO}_4$ -Ion mit Wasser Sauerstoff und Schwefelsäure, das an der Kathode primär abgeschiedene Kaliummetall mit Wasser Wasserstoff und Kaliumhydroxyd bildet. Die entwickelten Gase entweichen, es wird also nur Wasser zersetzt. Entfernt man nach Stromunterbrechung die Scheidewand und mischt den ganzen Küvetteninhalt gut durch, dann erhält man wieder die violette Neutralfarbe des Lackmus, zum Beweise, daß in den beiden Elektrodenräumen äquivalente Mengen von Säure und Base gebildet wurden, die nach dem Mischen wieder zum Neutralsalze zusammentreten.

Derselbe Versuch kann auch mit Hilfe des *Landolt*schen Apparates Fig. 303 projiziert werden, welcher mit durch Lackmus gefärbter Kaliumsulfatlösung gefüllt wird. Wieder wird der Anodenschenkel rot, der Kathodenschenkel blau gefärbt, während die aus denselben durch die Gasentwicklung verdrängten Flüssigkeitsmengen im Niveaugefäß die neutrale Färbung annehmen, da sie äquivalente Mengen von Säure und Base enthalten.

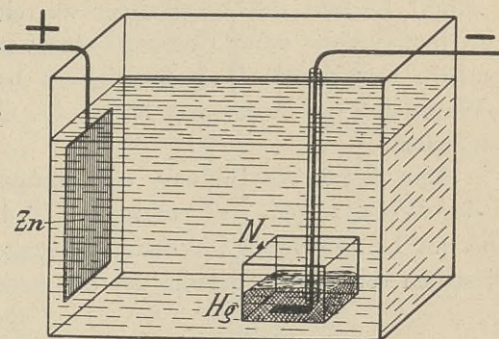


Fig. 304. Apparat zur Elektrolyse von Natriumsulfat; *Zn* Zinkanode, *N* Näpfchen mit Platinkathode in Quecksilber *Hg*.

Eine dritte Versuchsanordnung, welche gestattet, die sekundäre Reaktion der entladenen Ionen auszuschalten, ist folgende (Fig. 304): In die mit konzentrierter Natriumsulfatlösung gefüllte Küvette wird als Anode (an Stelle der in der Figur gezeichneten Zinkplatte *Zn*) zunächst ein Platindraht, als Kathode ein kleines Platinblech eingeführt, welches, an isoliertem Draht befestigt, in ein kleines Glasgefäß (Bechergläschen) Eprou-



vette etc. hineinragt. Statt dessen kann man auch eine einfache Epruvette, in deren Boden ein Platindraht als Kathode eingeschmolzen ist, verwenden, während eine von oben eingehängte Platinspirale als Anode dient. Man stellt diese der besseren Sichtbarkeit halber in eine Küvette mit Wasser. Nach Stromschluß sieht man wieder beiderseits Gasentwicklung. Zieht man nun den Anodendraht heraus und senkt statt desselben einen Streifen Zink oder Kupferblech ein, so hört bei nicht zu starkem Strom (0.3 Amp.) an dieser nunmehr löslichen Anode die Sauerstoffentwicklung auf, da das entladene  $\text{SO}_4$ -Ion sich mit Zink resp. Kupfer verbindet und in Form des Metallsulfats durch die Schlierenbildung und bei Cu durch die Blaufärbung sichtbar wird.

Überdeckt man nunmehr die Kathode vollständig mit Quecksilber durch Eingießen desselben in das sie umgebende Näpfchen (N Fig. 304) bzw. in die Epruvette, so hört auch die Wasserstoffentwicklung, wenigstens anfangs auf, indem sich Natriumamalgam bildet, welches nach Stromunterbrechung langsam wieder das Wasser zersetzt.

**Herstellung von Ammoniumamalgam.** Den Beweis für die Ähnlichkeit des Ammoniumradikales mit den Leichtmetallen erbringt man durch Elektrolyse einer Ammoniumsazlzlösung mit einer Quecksilberkathode. Der Boden einer Küvette wird mit Quecksilber überdeckt und dieselbe dann mit konzentrierter Ammonsulfatlösung gefüllt. Als Anode dient ein dicker Platindraht oder ein Platinblech, während die Quecksilberschichte durch einen mittels eines Glasrohres von der Salzlösung isolierten Draht mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden ist. Bald nach Stromschluß (1 bis 2 Amp.) beginnt das Quecksilber zu einer schwammigen Masse aufzuschwellen, welche unter Gasentwicklung stellenweise immer wieder zusammenfällt. Der Zerfall des anfänglich als Amalgam auftretenden  $\text{NH}_4$  Radikals in Wasserstoff und Ammoniak bringt das Quecksilber zum „Schäumen“ und Aufquellen.

Man kann die Bildung von Ammoniumamalgam auch ohne Strom in der Weise zeigen, daß Stücke von 2 bis 3%igem Natriumamalgam in eine mit konzentrierter Chlorammonlösung gefüllte Küvette gebracht werden. Dieselben schwellen ebenfalls um ihr mehrfaches Volumen auf.

### 3. Elektrolytische Metallfällung.\*)

Hiezu wählt man am besten Zinnchlorür oder Bleiazetatlösungen in einer einfachen Küvette. Die Elektroden, etwa 1—2 mm starke Drähte, bestehen aus demselben Metall. Nach Stromschluß sieht man die Kathode sich verstärken und prächtige baumartig verzweigte Gebilde aus dem kristallinisch abgeschiedenen Zinn oder Blei ansetzen (Zinnbaum,

\*) Die Versuche über den Bleibaum und den Zinnbaum sind ausführlicher und mit Abbildungen der Apparate versehen im Abschnitte über physikalische Versuche S. 282 besprochen.



Bleibaum). Bei Umkehrung des Stromes verschwinden diese Gebilde wieder und erscheinen an der anderen Elektrode. Das Bild gewinnt durch Anwendung schmaler Küvetten an Schönheit. (Für diesen Versuch kann mit Vorteil auch die in Fig. 296 abgebildete, bei allen Lieferanten von chemischen und physikalischen Apparaten erhältliche Küvette mit Metallrahmen und Stromklemmen benützt werden.)

#### 4. Nachweis der freien Ionen einer Lösung.

Um nachzuweisen, daß in der Lösung eines Elektrolyten die Ionen bereits vorhanden sind und nicht etwa erst durch den Stromdurchgang erzeugt werden, bedient man sich folgender Anordnung (Fig. 305): Der Boden einer Küvette wird von zwei etwa 2 cm weiten dünnwandigen Glasröhren  $E_1$  und  $E_2$  durchsetzt, deren

untere Enden durch einen langen Kautschukschlauch verbunden sind. Der Apparat wird entweder durch Ausschleifen zweier runder Öffnungen im Boden einer gläsernen Küvette hergestellt oder es werden zwei Glasplatten in einem Metallrahmen, durch dessen Boden die oben erwähnten Glasröhren hindurch gehen, mit Hilfe von Gips, der nach dem Trocknen paraffiniert oder gefirnist wird, befestigt. Die beiden Glasröhren und der sie verbindende Schlauch werden mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 10) gefüllt und die Platin- oder Kohlenelektroden von oben eingesenkt. Die Küvette wird mit Wasser gefüllt, um das Bild der beiden Glasröhren besser sichtbar zu machen. Die eine Elektrode ist mit dem einen Pol der Stromquelle verbunden, die andere taucht mit ihrem Poldraht in ein kleines im Bilde sichtbares Quecksilbernäpfchen  $N$ , welches zwischen den Glasröhren steht. Taucht man den zweiten Pol der Stromquelle ebenfalls in dieses

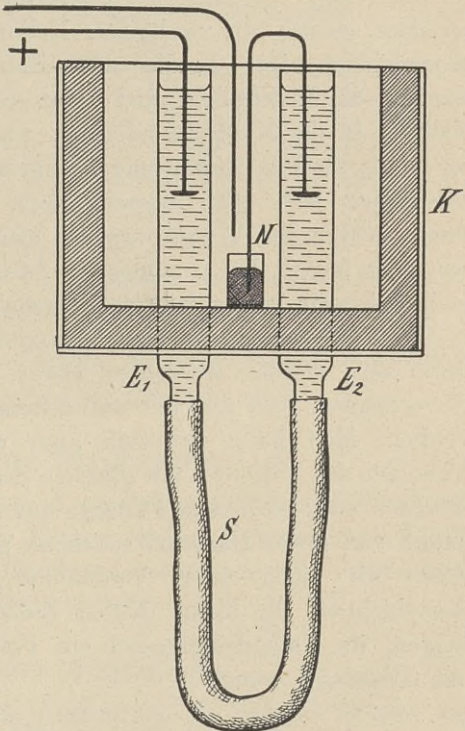


Fig. 305. Apparat zum Nachweise der freien Ionen eines Elektrolyten;  $K$  Küvette mit Gipswand,  $E_1 E_2$  Epruvetten durch Schlauch  $S$  verbunden,  $N$  Quecksilbernäpfchen für sichtbaren Stromschluß.

Hg-Näpfchen ein, dann ist der Strom geschlossen und durchfließt die ganze Flüssigkeitssäule im Kautschukschlauch. Man bemerkt im Bilde, daß im Moment des Stromschlusses an den beiden Elektroden Gasentwicklung eintritt. Es folgt daraus, daß schon vor dem Durchgange des Stromes



in der Umgebung der Elektroden und somit auch in der ganzen Flüssigkeit Anionen und Kathionen sich befunden haben müssen, welche an der Anode bzw. Kathode entladen werden. Wäre das nicht der Fall, sondern müßten die Ionen etwa erst von der Anode zur Kathode wandern, so müßte bei der geringen Wanderungsgeschwindigkeit derselben geraume Zeit verstreichen, bis sie an letzterer eintreffen und als gasförmiger Wasserstoff entweichen könnten.

## 5. Ionenwanderung.

In eine größere, mit kaltem Wasser gefüllte Küvette ist ein etwas weites dünnwandiges U-rohr eingesenkt. Im unteren Teile desselben befindet sich konzentrierte Zinksulfatlösung, welche in dem einen Schenkel sehr vorsichtig mit verdünnter Kupfersulfatlösung, in dem anderen Schenkel ebenso mit verdünnter Kaliumpermanganatlösung (0·5 g im Liter) überschichtet wird. In die obere Hälfte dieser beiden gefärbten Lösungen tauchen die Elektroden, und zwar die Anode in die Permanganat-, die Kathode in die Kupfersulfatlösung. Die gefärbten Lösungen müssen scharf gegen die farblose Zinklösung abgegrenzt sein. Bei Durchgang des Stromes verschieben sich diese Abgrenzungen, beide gegen die Elektroden (nach oben), infolge der Wanderung der blauen Cu-Ionen gegen die Kathode und der roten Mn O<sub>4</sub>-Ionen gegen die Anode. Die Wanderungsgeschwindigkeit ist jedoch sehr gering und der Versuch muß daher etwa 10—20 Minuten in Tätigkeit bleiben, um eine Verschiebung der Abgrenzungen von einigen Millimetern sichtbar werden zu lassen. Um hiebei zu starke Erwärmung zu vermeiden, darf nur mit schwachem Strom (etwa 0·25 Amp.) gearbeitet werden. Man kann natürlich auch die Zinksulfatlösung in den beiden Schenkeln des U-Rohres mit gleichen Salzen, z. B. Kaliumpermanganat, überschichten oder als untere Füllung eine Kaliumpermanganatlösung, die durch Zusatz von etwas Harnstoff spezifisch schwerer gemacht wird, wählen und diese mit einer sehr verdünnten (0·003-normal) Kaliumnitratlösung überschichten. In diesen Fällen beobachtet man im Anodenschenkel ein Steigen, im Kathodenschenkel ein Fallen der Grenzfläche zwischen roter und farbloser Lösung.

## IV. Chemische Auflösung von Metallen.

### 1. Wasserzersetzung durch Alkalimetalle.

Die Zersetzung von Wasser durch Alkalimetalle wird man wohl selten im Skioptikon vorführen, obwohl sich keine Schwierigkeiten hiebei ergeben. Man wähle eine nicht zu schmale Küvette und schütze deren Glaswände vor der Berührung mit den Natrium- oder Kaliumkügelchen durch eingelegte Glimmerplatten, da sie sonst meist springen. Die Bildung der Ätzalkalien wird durch Färben des Lösungswassers mit roter Lackmustinktur sichtbar gemacht.



## 2. Auflösen von Zink.

Interessanter ist das Verhalten von Zink gegenüber Säuren. Ein Stückchen gewöhnliches Zink (Stab oder Blech oder Granalien) wird in die in der Küvette befindliche verdünnte Schwefelsäure (1 : 10) getaucht. Es löst sich unter stürmischer Wasserstoffentwicklung. Wiederholt man den Versuch mit absolut chemisch reinem Zink, so ist die Wasserstoffentwicklung sehr spärlich, um nach kurzer Zeit ganz aufzuhören. Berührt man das Metall jedoch mit einem Platindraht (Fig. 306), so wird sofort Wasserstoff entwickelt, jedoch nicht am Zink, sondern nur vom Platin aus; es wird eben eine galvanische Kette gebildet. Auch in Berührung mit anderen Metallen, wie Kupfer, tritt dieselbe Erscheinung ein. Besonders stark wird die Gasentwicklung, wenn man zur Säure ein paar Tropfen Kupfersulfat oder Platinchloridlösung gibt, deren Metalle sich auf dem reinen Zink in feinstverteilter Form niederschlagen und die Entwicklungsstellen für den Wasserstoff bilden.

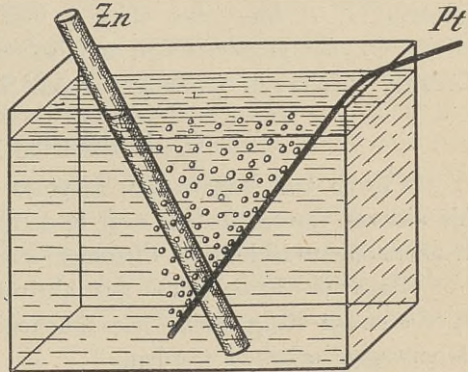


Fig. 306. Küvette mit verdünnter Schwefelsäure, darin Zink (Zn) und Platin (Pt) in Berührung.

Amalgamiertes gewöhnliches Zink entwickelt in verdünnter Schwefelsäure ebenfalls keinen Wasserstoff, wohl aber wenn es mit Platin in Berührung gebracht wird.

## 3. Auflösen von Magnesium.

Magnesium ist auf kaltes reines Wasser ohne sichtbare Einwirkung, es löst sich jedoch, sobald man dem Wasser in der Küvette etwas Chlorammon oder geringe Mengen von Kupfer-, Quecksilber- oder Platinsalzen zuzügelt, unter stürmischer Wasserstoffentwicklung.

## 4. Auflösen von Aluminium.

In ähnlicher Weise verhält sich Aluminium. In reinem Wasser unlöslich (in Lauge löslich), entwickelt sich sofort stürmisch Wasserstoff, sobald man das Aluminium durch Zugabe von Quecksilberchloridlösung verquickt, d. h. oberflächlich in Aluminiumamalgam überführt. Dieses ist sogar schon gegen die gewöhnliche feuchte Luft sehr empfindlich. Um dies im Skioptikon zu zeigen, überzieht man einen etwa 1 mm dicken Aluminiumdraht durch Verreiben eines Tröpfchens Quecksilber mit einem mit Sublimatlösung befeuchteten Lederfleckenchen mit der Amalgamschicht, bringt diesen Draht nunmehr in den Objektraum des Projektionsapparates und stellt scharf ein. Nach kurzer Zeit sieht man die früher blanke Oberfläche des



Drahtes sich mit Ausblütungen bedecken, die rasch zu moosartig verästelten Gebilden heranwachsen und aus Aluminiumhydroxyd bestehen.

## 5. Anodische Auflösung von Mangan unter Bildung von Permanganat.

Eine Küvette wird mit etwa 10%iger Kalilauge gefüllt. Als Anode dient ein Stück Manganmetall oder einer hochprozentigen Manganlegierung (Ferromangan), welches an einem Eisendraht befestigt ist, als Kathode ein Eisen-, Kupfer- oder Platinblech. Schließt man nun den Stromkreis (es genügen 1—2 Amp. bei etwa 2 Volt Spannung), so geht das Mangan infolge Oxydation durch den anodischen Sauerstoff als Kaliumpermanganat in Lösung, welches in prächtigen roten Schlieren herabsinkt.

## 6. Auflösung von Chrom.

Chrom tritt bekanntlich in einer aktiven und einer passiven Form auf. Als aktives Chrom löst es sich in kalten, verdünnten Mineralsäuren unter Wasserstoffentwicklung zu Chromchlorür, als passives wird es nicht verändert.

Passives Chrom kann aus aktivem durch Behandlung desselben mit oxydierenden Reagentien, wie rauchender Salpetersäure, Chlor oder besser Bromwasser erhalten werden.

Versuche: Man bringt ein Stück passives Chrom vor dem Projektionsapparate in ein Becherglas mit 4%iger Salzsäure. Es löst sich nicht. Erwärmt man nun die Säure (bei Verwendung einer Küvette, indem man durch ein in dieselbe passendes □□-förmiges Glasrohr Dampf durchleitet), dann fängt eine spärliche Wasserstoffentwicklung an, die plötzlich sehr energisch wird. Die Lösung wird unter Bildung von Chromchlorür blau.

Das Chrom ist nunmehr aktiv geworden und behält seine Aktivität auch bei. Nimmt man es aus der Lösung heraus und bringt es nach dem Abspülen mit Wasser in eine frische aber kalte 4%ige Salzsäure, so entwickelt es auch hier Wasserstoff.

Bringt man nunmehr das so aktivierte Metall auf einige Minuten in Bromwasser, so wird es wieder passiv und nach dem Abspülen in obige kalte Säure zurückgebracht, geht es nicht in Lösung.

„Ansteckung“ des passiven Chroms durch aktives. Ein Stück kräftig aktives und ein Stück passives Chrom werden mit je einem Ende zweier Platindrähte fest umwickelt; hängt man nun die beiden Stücke an ihren Platindrähten im Skioptikon in verdünnte Salzsäure (4%), so sieht man nur an dem aktiven Chrom sich Wasserstoff entwickeln. Verbindet man jetzt die beiden freien Enden der Platindrähte miteinander, so perlt auch von dem passiven Chrom Wasserstoff auf. Löst man diese Verbindung nach einigen Augenblicken wieder, dann verhält sich dasselbe wieder passiv. Dauert die Verknüpfung der Platindrähte jedoch längere Zeit an, so wird das früher passive Stück nunmehr ebenfalls bleibend aktiv.



**Aktivierung auf elektrolytische Wege.** Ein etwas längliches Stück passives Chrom wird mit einem Platindraht umwickelt und so in die mit 4prozentiger Salzsäure gefüllte Küvette als Kathode eingehängt, daß nur das Chrom, nicht aber der Platindraht mit der Flüssigkeit in Berührung ist. Die Anode wird von einem Platinbleche gebildet. Das Chrom zeigt keine Wasserstoffentwicklung. Schließt man nun den Strom und läßt 12—14 Amp. durchfließen, so setzt natürlich am Chrom heftige Wasserstoffentwicklung ein, welche aber nunmehr auch nach Unterbrechung des Stromes andauert, da das Chrom aktiv geworden ist.

**Elektrolytische Auflösung von Chrom.** Ein Stück vollkommen passives Chrom wird wieder wie oben an einem Platindraht, nunmehr aber als Anode in den Elektrolyten (4% Salzsäure oder Kochsalzlösung) gehängt. Die Kathode bildet ein Platinblech. Elektrolysiert man nun mit etwa 2—4 Amp., so geht das Chrom in Lösung, jedoch in Form von Chromsäure, welche in Form gelber Schlieren von der Anode herabsinkt. Auch nach Stromunterbrechung ist das Chrom noch passiv. Mit aktivem Chrom erhält man bei derselben Versuchsanordnung keine Chromsäure. Erst wenn ein weit stärkerer Strom (14 Amp.) längere Zeit durchgeschickt wird, tritt die Bildung von Chromsäure auf, indem das Stück nunmehr bleibend passiv wurde.

## V. Osmotischer Druck.

Sehr anziehend sind Skioptikonversuche über osmotische Vorgänge mit Hilfe der semipermeablen Membranen, welche hier nicht wie bei den makroskopischen Demonstrationen durch feste poröse Wände gestützt werden brauchen.

Eine kleine Küvette wird mit etwa 5—10%iger Lösung von gelbem Blutlaugensalz (Ferrocyankalium) so weit gefüllt, daß ihr Boden sowie die Flüssigkeitsoberfläche im Bilde noch sichtbar sind. Nun läßt man aus einem zu einer Kapillare ausgezogenen Glasrohre aus geringer Höhe (1 cm) einen Tropfen konzentrierter Kupfersulfatlösung in den Inhalt der Küvette fallen. Dieser Tropfen sinkt rasch unter und umgibt sich sofort mit einer braunen Hülle von Ferrozyankupfer (semipermeable Membran), welche vor allem eine Vermischung des Tropfens mit der übrigen Flüssigkeit verhindert. Weitere Tropfen lassen sich eventuell mitten im Bilde an eines der Küvettengläser ankleben oder auch bei einiger Vorsicht an der Oberfläche schwimmend erhalten. Endlich kann man auch ein Kriställchen festen Kupfervitriols oder besser -Nitrats in die Küvette fallen lassen.

Nach wenigen Minuten beobachtet man, daß alle diese mit dem Ferrocyankupfer umschlossenen Tropfen zu wachsen beginnen, sich blähen und, indem sie von Zeit zu Zeit hiebei ihre Membran zerreißen, aber an der Rißstelle im Momente des Austrittes der Kupferlösung in die des Ferro-



cyankaliums sofort wieder eine neue Membran bilden, die abenteuerlichsten Formen annehmen.

Die Erscheinung macht fast den Eindruck, als habe man es mit lebender Substanz zu tun, als wüchsen hier vor unseren Augen Pilze und moosartige Gebilde, aus anorganischen toten Substanzen künstlich erzeugt. Die Ursache dieses „Treibens“ ist bekanntlich die, daß die semipermeable Membran wohl Wasser, aber weder Kupfer- nach Blutlaugensalz hindurchläßt. Die konzentrierte Kupferlösung sucht sich zu verdünnen und dehnt durch den osmotischen Druck ihrer Moleküle die umhüllende Membran, indem Wasser eindringt. Noch schöner werden diese Erscheinungen wenn der Kupferlösung etwa 30—50% Rohrzucker oder Traubenzucker beigefügt werden. Das Wachsen der Membranblasen beginnt dann fast momentan und erfolgt viel rascher. — Ebenso gut kann statt Kupferlösung eine konzentrierte syrupdicke Lösung von Chlorzink und Zucker verwendet werden, welche weiße Membranen aus Ferrocyanzink bildet; es empfiehlt sich aber hierbei eine 10—20% Blutlaugensalzlösung als Küvettenfüllung.

Endlich können diese Versuche auch mit Eisenchlorid angestellt werden, wozu man einige Kriställchen trockenen sublimierten Eisenchlorids in die Blutlaugensalzlösung fallen läßt. Es bilden sich dann Membranen aus Berlinerblau.

## VI. Experimente mit kolloidalen Lösungen

sind meist leicht auszuführen. Zunächst seien einige Darstellungsweisen kolloidaler Lösungen angegeben.

### 1. Kolloidales Arsensulfid.

Reinstes sublimiertes Arsentrioxyd (weißer Arsenik) wird in Wasser gelöst, indem man einige Zentigramme mit etwa 200—300  $cm^3$  destilliertem Wasser einige Minuten kochen läßt. Dann wird filtriert, abgekühlt und die erhaltene Lösung in eine größere Küvette bis zu etwa  $\frac{2}{3}$  der Bildhöhe gefüllt. Die Lösung ist farblos. Setzt man nun derselben (während der Projektion) durch Einleiten von gut gewaschenem Schwefelwasserstoff in destilliertes Wasser hergestelltes, gesättigtes Schwefelwasserstoffwasser zu, so färbt sich die Lösung tief gelb, ohne aber eine Spur des gebildeten Arsensulfids als Niederschlag oder Trübung zu zeigen, während doch bekanntlich Arsensulfid unlöslich in Wasser ist. Es befindet sich dasselbe eben im Zustand der kolloidalen Lösung, welcher durch Zusatz weniger Tropfen verdünnter Schwefel- oder Salzsäure sofort aufgehoben wird, wobei das Kolloid gerinnt und das gewöhnliche, in Wasser unlösliche Arsensulfid in Form von zitronengelben Flocken ausgefällt wird.



## 2. Kolloidale Edelmetalle.

Kolloidale Lösungen von Silber und Gold sind durch Reduktion der betreffenden sehr verdünnten Metallsalze ebenfalls leicht in der Küvette herzustellen, allerdings wird im Bilde nur die Farbe des Kolloids im durchfallenden, nicht aber das ebenfalls charakteristische Aussehen im auffallenden Lichte sichtbar.

Besonders schön läßt sich aber die Bildung dieser Edelmetallkolloide nach dem Verfahren Bredigs durch elektrische Zerstäubung im Lichtbogen unter Wasser zeigen.

Hiezu dient eine ziemlich große Küvette (Fig. 307), welche aus zwei Spiegelglasplatten *S*, dem dazwischengelegten Vakuumschlauch *V* und den fünf Klemmen *kk* gebildet ist. Dieselbe wird mit möglichst kaltem, reinstem Wasser (sogenanntem Leitunfähigkeitswasser, welches durch wiederholtes Destillieren von Wasser durch einen Silberkühler oder mindestens einen aus Jenaer Glas und Auffangen der Mittelfraktion erhalten wird) gefüllt. Als Elektroden dienen

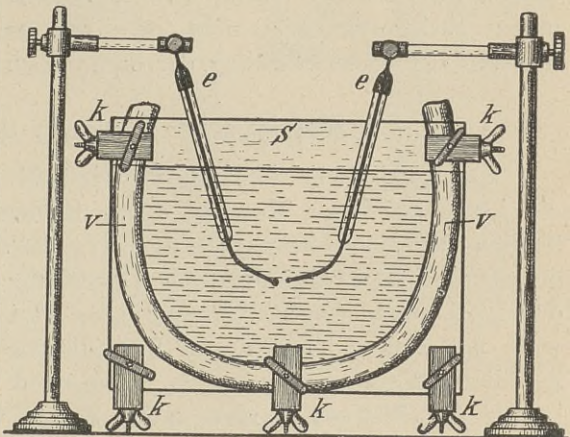


Fig. 307. Anordnung des Versuches zur Darstellung von kolloidalem Gold nach Bredig; Küvette aus zwei Glasplatten mit zwischengelegtem Vakuumschlauch *vv* und Klemmen *kkk*; *ee* Elektroden.

etwa 1—2 mm dicke, auf kleinen Stativen befestigte Gold-, respektive Silber- oder Platindrähte *ee*, welche durch einen Widerstand und ein Amperemeter in einen Stromkreis von 110 Volt geschaltet werden. Der Widerstand wird so eingestellt, daß bei Kurzschluß (Berührung der Elektroden) etwa 6—12 Amp. (je nach der Drahtstärke) durchfließen. Zieht man nunmehr die Elektroden ein wenig (1 mm) auseinander, so bildet sich zwischen ihnen ein zischender Lichtbogen und man sieht das sich bildende Metallsol im Bilde in prächtig gefärbten Wolken aus der Kathode hervorschießen. Die Lösungen sind bei Silber rotbraun bis olivgrün; bei Platin tiefbraun, bei Gold blau bis rubinrot. Die roten Goldlösungen bilden sich besonders leicht und schön, wenn dem Wasser eine Spur freies Alkali ( $\frac{1}{1000}$  normal) zugesetzt wird. Ohne diesen Zusatz geht die Zerstäubung erst bei 10—12 Amp. halbwegs befriedigend und liefert blaurote Lösungen.\*)

\*) Näheres siehe bei Bredig „Anorganische Fermente“, 1901. Leipzig, Verlag W. Engelmann.



Der Lichtbogen erlischt natürlich sehr leicht und muß dann durch Kurzschluß und Wiederauseinanderziehen der Drähte neu gebildet werden. Bei zu dünnen Drähten tritt auch leicht ein Verschweißen derselben ein.

Durch Zusatz ganz geringer Mengen von Elektrolyten, wie Mineralsäuren oder deren Alkalisalzen, zu Kolloidalen Edelmetalllösungen tritt sofort Koagulation des Kolloids ein, welche sich zunächst nur durch den Farbenumschlag, nach längerer Zeit, bei den konzentrierteren Kolloidlösungen (Silber) auch sofort, durch die Ausflockung des Metalles kennzeichnet. Setzt man jedoch vorher eine geringe Menge der Lösung eines organischen Kolloids (Leim, Eiweiß etc.) zu, dann tritt die Koagulation durch Elektrolyte gar nicht oder erst bei viel größeren Mengen der letzteren ein. (Schutzwirkung der organischen Kolloide.)

### 3. Katalytische Wirkung der Platinsole.

Die katalytische Wirkung der Platinsole auf Wasserstoffsperoxyd und die Lähmung dieser Katalyse durch Spuren von Giften, wie Blausäure, Sublimat, Kohlenoxyd etc. (siehe Bredig) wird wohl meistens makroskopisch gezeigt, doch bietet ihre projektive Darstellung keine Schwierigkeit. Die verdünnte Wasserstoffsperoxydlösung (etwa 3<sub>0</sub>/<sub>0</sub>ig) kommt in die Küvette und wird mit einigen Tropfen der Kolloidlösung versetzt. Sofort beginnt der Zerfall des Wasserstoffsperoxyds in Sauerstoff und Wasser. „Vergiftet“ man jedoch das Platinsol vorher durch Zusatz von minimalen Mengen von Sublimat oder von Blausäure oder durch Schütteln mit Kohlenoxydgas, so erweist sich das Kolloid als nicht mehr katalytisch wirksam. Bekanntlich vermögen auch verschiedene organische und organisierte Substanzen, wie frisches Blut, Hefe etc., Wasserstoffsperoxyd katalytisch zu zersetzen und es ist eine interessante Tatsache daß bei diesen sogenannten organischen fermenten dieselben Gifte eine Lähmung der katalytischen Kraft hervorrufen wie bei den Edelmetallsolen, die nach Bredig auch den Namen „anorganische Fermente“ führen.

## VII. Zelluloidzersetzung.

Endlich sei noch eines Experiments unter Benützung der heizbaren Küvette Erwähnung getan, welches sehr schön die Selbstzersetzung von Zelluloid bei höheren Temperaturen zeigt. In der Mitte der heizbaren (Luftbad-)küvette Fig. 308 wird an einen Draht *T* ein Stückchen Zelluloid (dünne durchsichtige Platte, ein Stück Kamm etc.) befestigt und durch entsprechende Einstellung des mittels der Klemmen *KK* zugeleiteten Heizstromes eine Temperatur von etwa 100 bis 110<sup>0</sup> erzeugt. Die Küvette muß dabei natürlich oben durch einen gutpassenden, aber nur lose aufsitzenden Deckel *D* verschlossen sein. Nach einigen Minuten, je nach Temperatur und Sorte des Zelluloids, wird das bisher hellgelbe durchsichtige Stück trübe, bekommt



Bläschen (bei einem Kamm verbiegen sich dessen Zähne), bis endlich an einer Ecke traubenartige Auswüchse entstehen, an denen bald darauf die Zersetzung der Substanz unter Entwicklung mächtiger Dampfvolken beginnt und rasch durch die ganze Masse sich fortsetzt. Die kohligten Rückstände werden dabei infolge der Gasentwicklung kräftig abgeschleudert.

Es empfiehlt sich, auch gleichzeitig ein Thermometer zu projizieren, einerseits um die Temperatur ablesen zu können, andererseits um die auch bei kleinen Zelluloidstückchen recht deutlich wahrnehmbare Wärmeentwicklung während der Zersetzung sichtbar zu machen. Da sogenannte Projektionsthermometer (mit sehr breitem Faden und flacher Hülse) ziemlich teuer sind, wende man ein Metallthermometer *M* an. Dieses wird aus zwei etwa 1 cm breiten und 0.1 bis 0.2 mm dicken, aufeinander gelöteten Kupfer- und Zinkblechen in der Weise gebildet, daß dieser Metallstreifen zu einer Spirale aufgewickelt wird. Das eine Ende

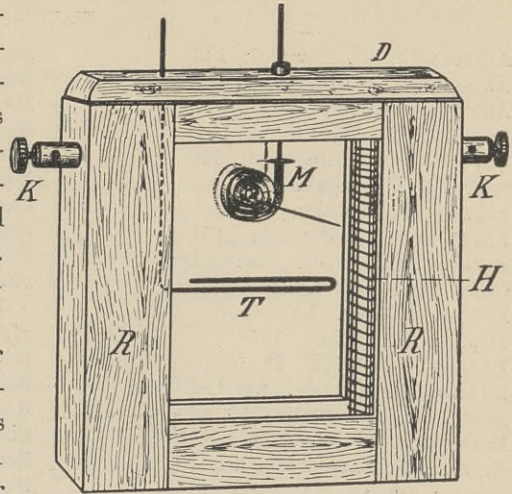


Fig. 308. Heizbare Küvette für Versuche mit Zelluloid; *RR* Holzrahmen, *D* Deckel, *H* Heizdraht, *KK* Stromklemmen, *T* Träger für Zelluloid, *M* Metallthermometer.

wird mit Hilfe eines dicken Drahtes am Küvettendeckel befestigt, das andere Ende (Mitte) der Spirale, die zur besseren Wärmeaufnahme gleichmäßig beruht wird, trägt einen dünnen, rechtwinkelig abgebogenen Stahldraht als Zeiger, welcher über einer auf der Küvettenglaswand angebrachten Strichteilung, die empirisch nach einem Thermometer geeicht wird, spielt. Je nach der gewünschten Empfindlichkeit wird die Spirale aus einem längeren oder kürzeren Streifen gewickelt (für den Zelluloidversuch genügt eine Länge von etwa 20 bis 25 cm), jedoch so, daß die einzelnen Windungen sich nicht berühren. Während der Zersetzung des Zelluloides, welche jedoch ohne Flammenbildung vor sich geht, sieht man den Thermometerzeiger von etwa 120° auf 140—150° C emporschnellen.

BIBLIOTEKA PROFESORSKA  
 Gimnazjum Kupieckiego  
 w KRAKOWIE

BIBLIOTEKA I. I. TECHNICZNA  
 KRAKÓW



# Verzeichnis

der im Texte genannten Firmen.

(Auf der angegebenen Seite ist die Adresse der Firma verzeichnet.)

- Allister Th. M., Newyork, 138  
Akt.-Ges. f. Anilinfabrikation, Berlin, 140  
Autotypie Co., London, 151  
Bamforth J., Yorkshire, 170  
Bayer & Co., Elberfeld, 150  
Beer Alois, Klagenfurt, 135  
Böhme Paul, Brünn, 63  
Braun & Co., Dornach, 151  
Busch, Emil, A.-G., Rathenow, 10  
Cadet & Neall, London, 145  
Dräger, Lübeck, 59  
Dümler H., Wien, 135  
Ebeling F., Wien, 71  
Edwards B. J. & Co., London, 145  
Elkan, Dr. Th., Berlin, 59  
Engelmann J., Wien, 71  
Ernecke Ferdinand, Berlin, 72, 136, 193  
Fessler August, Wien, 88  
Fuess R., Berlin, 72  
Fuhrmann, Berlin, 137  
Goerz, Berlin, 29  
Hanfstängl & Co., München, 151  
Herzka, Dresden, 145  
Hüttig R. & Sohn, Dresden u. Wien 72, 136  
Hford Comp., London, 140  
Jersche, Johann, Graz, 72  
Kinematographen-Gesellschaft, Berlin, 127.  
Kohl Max, Chemnitz, 72  
Körting & Mathiesen, Leipzig, 51  
Kranseder & Co., München, 145  
Krüchel, Franz & Co., Wien, 65  
Krüss A., Hamburg, 72, 136  
Lachenal J., Paris, 137  
Lainer A., Wien, 140  
Langenbartels, Charlottenburg, 150  
Langer & Co., Wien, 136  
Lechner R. (W. Müller), Wien, 135  
Lenoir & Forster, Wien, 136  
Levy J. & Co., Paris, 137  
Leybolds Nachf., Köln, 72  
Liesegang Ed., Düsseldorf, 72, 136  
Lumière et ses fils, Lyon, 145  
Luscombe H. Toms, London, 137  
Lüttke & Arndt, Wandsbeck, 150  
Meissl, Sieg. F., Berlin, 137  
Messters Projektion, Berlin, 73  
Mittelstrass, Gebr., Magdeburg, 76, 136  
Moll A., Wien, 136  
Molteni A., Paris, 137  
Müller & Wetzig, Dresden, 72, 137  
Müller-Uri, Braunschweig, 223  
Neubronner, Dr. J., Cronberg, 158  
Neumann Felix, Wien, 136  
Newton & Co., London, 137  
Perutz, München, 145  
Petzold M., Chemnitz, 295  
Pfeiffer Artur, Wetzlar, 236  
Photographische Gesellschaft, neue, Berlin, 152  
Pichlers Witwe & Sohn, Wien, 71, 136.  
Rathenower optische Industrieanstalt, 10  
Reichert C., Wien, 71  
Reiffenstein Leo, Wien, 135  
Riebensahn & Posselt, Berlin, 150  
Rodenstock G., München, 72  
Rohrbecks Nachfolger, Wien, 136, 208  
Ruhstrat Gebr., Göttingen, 201  
Schattera E., Wien, 150  
Schleussner, Frankfurt a. M., 145  
Schmidt & Haensch, Berlin, 102  
Schmidt & Schübel, Frauenwald, 262  
Schneider Hugo, Glauchau, 155  
Schütze & Noack, Hamburg, 150  
Siegel & Butzigers Nachf., Dresden, 67  
Siemens, Fr., Berlin, 5  
Skioptikon, Verein, Wien, 138  
Smith, Zürich, 145  
Sommer G. & Figlio, Neapel, 137  
Stanley, W. F., London, 137  
Steege, Dr. von, & Reuter, Homburg, 236  
Steinheil, München, 29  
Stoedtner, Dr. F., & Sohn, Berlin, 136  
Stöhrer Dr. & Sohn, Leipzig, 43  
Talbot Romain, Berlin, 73, 136  
Umann Joh., Tiefenbach, 212  
Unger & Hoffmann, Dresden, 72, 137  
Voigtländer & Sohn, Braunschweig, 11  
Wagner, Günther, Hannover-Wien, 155  
Wigand Otto, Zeitz, 137  
Wilde & Sohn, Görlitz, 146  
Wilson Brothers, Aberdeen, 137  
Wolz Max, Bonn, 63  
Wood E. G., London, 137  
Würthle & Sohn, Wien, 136  
York & Son, London, 137  
Zeiss K., Jena, Wien u. Berlin 80, 97



# Alphabetisches Sachregister.

## A.

- Abbeescher Beleuchtungsapparat 116.  
Abdunkeln des Lehrsaales 250.  
Abendröte 229.  
Ablesung von Barometerständen 253.  
Abplattung des Öltropfens 260.  
Abschwächer, Ammoniumpersulfat- 148.  
— Farmerscher 144.  
Absorption der Wärmestrahlen durch farbige Gläser 265.  
Absorptionsröhren 223.  
Absorptionsspektren 221.  
Abweichung, chromatische, der Linsen 221.  
— sphärische, bei Linsen 215.  
Abziehbare Kopierpapiere 150.  
Achromatisiertes Kalkspatprisma 239.  
Additive Farbmischungen 290.  
Afrika, Laternbilder 166.  
Aggregatsänderungen 302.  
Aktivierung auf elektrolytischem Wege 317.  
Alaunlösung 16.  
Algen, Präparieren für Projektion 174.  
Alkoholgärung der Hefe 176.  
Allens Wechselvorrichtung 21.  
Aluminium, Auflösen von 315.  
Amerika, Laternbilder 166.  
Amici, Prismen nach 217.  
Amidolentwickler 147.  
Ammoniak, Verflüssigung 303.  
Ammoniumamalgam, Herstellung von 312.  
Ammoniumpersulfat-Abschwächer 148.  
Ampèremeter 39.  
Analysator, drehbarer, nach Reiff 236.  
— nach Grimsehl 237.  
— mit schwarzer Glaskugel 238.  
— mit Spiegelpyramide 238.  
Anastigmat 29.  
Anatomie des Menschen, Laternbilder zur 171.  
Anforderungen an Kondensorlinsen 11.  
— — Laternbilder 133.  
— — das Objektiv 27.  
— — Präparate für Mikroprojektion 116.  
— — ein gutes Skioptikon 69.  
Anorthoskop 290.  
Ansteckung des passiven Chroms 316.  
Antiplanete, Gruppen- 29.  
Apparat von Recknagel 254.  
Archäologische Bilder 167.  
Arendts Rauchvorrichtung 204.  
Aristotrop 22.  
Arsensulfid, kolloidales 318.  
Asien, Laternbilder 166.  
Assimilation des Kohlendioxyds 178.  
Astronomie, Laternbilder 167.  
Äther 61.  
Ätherdampf 249.  
Äthergasator 61.  
Atmung der Pflanzen 180.  
Auerglühllicht 66.  
Aufbewahren der Laternbilder 159.  
Aufbewahrungskästen f. Laternbilder 159.  
Auflösen 306.  
Auflösen von Farbstoffen 262.  
Auflösung, chemische, von Metallen 314.  
Aufnahme, photographische 140.  
Aufstellung des Skioptikons 81.  
Ausbreitung des Lichtes 205.  
— von Flüssigkeiten 261.  
Ausdehnung starrer Körper 263.  
Ausfällung von Salzen aus konzentrierten Lösungen 308.  
Auskopierbare Platten 150.  
Ausleihen von Laternbildern 138.  
Australien, Laternbilder 166.  
Auswechselfassung für Objektivsätze 34, 141.  
Automatische Lampen 42.  
Autophotogramme von Pflanzenteilen 174.



Autotrop 22.  
 Autotypen, Reproduktion von 148.  
 Azetylenapparat in Kastenform 65.  
 — „Loki“ 64.  
 Azetylen-Dissous 65.  
 Azetylenlampen 65.  
 Azetylenlicht 63.

## B.

Bajonettverschluß 11.  
 Bakterien, Mikrophotogramme 172.  
 — Stickstoffbildung durch 178.  
 Balkanhalbinsel, Laternbilder 166.  
 Bandlüftungselementen, Widerstand aus 40.  
 Bank, optische 188.  
 — — nach Paalzow 240.  
 Barometerständen, Ablesung von 253.  
 Baudenkmal, kirchliche 164.  
 Bedienung des Skioptikons 93.  
 Beleuchtung, geeignetste 93.  
 — intermittierende 268.  
 — stroboskopischer, Versuche mit 267.  
 Beleuchtungsapparat, Abbeescher 116.  
 Beleuchtungslinse 6.  
 Belgien, Laternbilder 166.  
 Bemalen von Laternbildern 154.  
 Benhams Farbenscheibe 292.  
 Benzolprismen 216.  
 Berechnung der Brennweite 30.  
 Bergers Wechseleinrichtung 23.  
 Berühmte Männer, Portraits 168.  
 Berußen von Glasplatten 266.  
 Betrieb einer Bogenlampe 52.  
 — des Kalklichtes 91.  
 — des Skioptikons 91.  
 Beugung des Lichtes 233.  
 — durch eine Spalte 233.  
 Beugungserscheinungen an einer runden Öffnung 234.  
 Beugungsringe an Straßenlaternen 235.  
 Bewegung, harmonische, Ableitung aus kreisender 241.  
 Bewegungseinrichtungen der Bogenlampe 44.  
 Bewegungserscheinungen der Pflanzen, Wiedergabe von 183.  
 Zeichnen der Laternbilder 157.  
 Bibelbilder 164.  
 Biblische Geschichte, Laternbilder 164.  
 Bildbezeichnung 158.  
 Bildbrücke 17.

Bildfeldebenheit 27.  
 Bildrahmen 17.  
 Bildschieber 17.  
 — einseitiger 17.  
 — mit Ausschnitten 18.  
 — mit Hebevorrichtung 18.  
 — zweiseitige 17.  
 Bildschlitten 17.  
 Bildträger, vertikal beweglicher 20.  
 Bildwechsel, Verschluß des Objektivs beim 35.  
 Bildwechsler, pendelförmig beweglicher 19.  
 Bildweite 109.  
 Bioskop 124.  
 Blättchen, Farben dünner 231.  
 Blätter, Präparieren für Projektion 174.  
 Blattgold, Durchlässigkeit für grünes Licht 286.  
 Blecheinsätze für Projektion von Probieröhren 252.  
 Bleibaum 282.  
 Bleisicherungen 39.  
 Blüten, Öffnen und Schließen 180.  
 Bogenlampe, einfachste 45.  
 — mit automatischer Regulierung 42.  
 — mit Handregulierung 44.  
 — selbstregulierende, f. Wechselstrom 49.  
 — von Engelmann 47.  
 — — Ernecke 46, 48.  
 — — Goldner und Ariston 49.  
 — — Köhler 46.  
 — — Reichert 46.  
 — — — große 47.  
 — — — neueste 50.  
 — — Schuckert 43.  
 — — Stöhrer und Sohn 43.  
 Bogenlicht, elektrisches 38.  
 Bogenlichtlaterne, einfache 202.  
 Bomben, Stahl- 57.  
 Botanik, Laternbilder zur 171.  
 Brechung des Lichtes 210.  
 — Polarisation durch 238.  
 Brechungsgesetz 211.  
 Bremerlicht 229.  
 Brenner für Azetylen 66.  
 Brennweite, Kosten der Lichtquelle für eine 38.  
 Brennweite des Kondensators 8.  
 — — Objektivs 30.  
 Bromkupfer-Verstärker 144.  
 Buschsche Projektionssätze 192.  
 Bussole 270.



### C.

Chemieunterricht, Verwendung d. Skioptikons 297.  
 Chirurgische Operationen, Laternbilder über 171.  
 Chlorbromsilberplatten 145.  
 Chlorsilbergelatineplatten 150.  
 Chlorsilberplatten 146.  
 Chromatische Abweichung der Linsen 221.  
 — Polarisation 239.  
 Chrom, Auflösung von 316.  
 Chromomegaskop von Ives 290.  
 Classens Interferenzversuch 231.  
 Cloth für Vorhänge 88.  
 Coulombsches Gesetz, Nachweis 244.  
 Crovas Wellenmaschine 266.

### D.

Dampfkesselsysteme, Laternbilder 185.  
 Dampfmaschine, Schiebersteuerung einer 265.  
 Dampfmaschinen und -turbinen, Laternbilder 185.  
 Dampfschiffe (Passagierdampfer), Bilder 165.  
 Darlots Bilderwechsler 19.  
 Darstellende Geometrie 241.  
 Deckelverschluß am Projektionsobjektiv 36.  
 Deckgläser für Laternbilder 158.  
 Demonstrationselektroskope 246.  
 Deutsches Reich, Laternbilder 165.  
 Deviation, Minimum der 214.  
 Diamagnetismus, Versuche 285.  
 Diapositive 129.  
 — für chemischen Unterricht 297.  
 — nach dem Pigmentverfahren 151.  
 Diapositivplatten des Handels 145.  
 — Kopieren auf 146.  
 Diapositivträger, Drehscheibe für 22.  
 Diapositivverfahren, Literatur über 139.  
 Diathermanität der Luft 249.  
 — des Steinsalzes 265.  
 Diatomaceen, Laternbilder 172.  
 Dichroismus von Edelsteinen 186.  
 — — Mineralen 184.  
 Dichte, verschiedene, des Wassers 248.  
 Dicke der Kohlen für Gleichstrom 45.  
 — — — — Wechselstrom 45.  
 — — Kühlkammer 14.  
 Dispersion des Lichtes, farbige 216.

Dissous, Azetylen- 65.  
 Dochkohle 44.  
 Doppelbrechung, Grunderscheinung 239.  
 — Versuche über 235.  
 Doppelkondensator, Spiegelbildchen am 11.  
 — Strahlengang im 7.  
 — unsymmetrischer, von Rodenstock 8.  
 Doppellichtbrechung von Edelsteinen 184.  
 — — Mineralen 184.  
 Doppelobjektive 28.  
 Doppelplatte für Interferenzversuche 232.  
 Doppelprojektionsapparat von Krüss 291.  
 Doppelspat-Spaltungsrhomboeder 239.  
 Dose, flache Glas-, für Projektion 261.  
 Drägers Kalklichtbrenner 59.  
 Drahtspiralen-Widerstand 40.  
 Drehfeld, Ferrarisches, Modelle zur Erklärung 286.  
 Drehscheibe für Diapositivträger 22.  
 Drehspulengalvanometer 276.  
 Drehstrom, Modelle zur Erklärung 286.  
 Dreifußständer für Projektionsapparate 83.  
 Drehung der Schwingungsebene 240.  
 Dreiteiliger Kondensator 9.  
 Druck, osmotischer 317.  
 Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten 254.  
 Druckmessung in einer Seifenblase 257.  
 Drummondsches Licht 56.  
 Duboseq-Lampe 42.  
 Dunkelkammer 140.  
 Durchlässigkeit des Blattgoldes für grünes Licht 286.  
 Durchmesser des Kondensators 9.

### E.

Ebelings Salon-Projektionsapparat 71.  
 Ebenheit des Bildfeldes 27.  
 Edelmetalle, kolloidale 319.  
 Eichung einfacher Elektroskope 246.  
 Einrichtung des Saales für Projektion 81.  
 — zum Aushängen der Vorderlinse 11.  
 Einrichtungen, besondere, am Projektionsapparat 96.  
 Einschalter 39.  
 Einschließen der Laternbilder 157.  
 Einstellen eines Versuches mit dem Skioptikon 191.  
 Eisentonung für Laternbilder 153.  
 Elektrische Kraftlinien 274.  
 Elektrisches Bogenlicht 38.  
 Elektrisches Glühlicht 54.



Elektrodynamik, Versuche aus 284.  
 Elektrolyse der Salzsäure 281.  
 — einer Salzlösung 311.  
 — Versuche über 277.  
 — von Wasser 310.  
 Elektrolytische Auflösung von Chrom 317.  
 — Metallfällung 312.  
 — Versuche, U-Röhre für 278.  
 Elektromagnetisch betriebene Stimmgabel 268.  
 Elektrometer von Kolbe 273.  
 Elektroskope, Eichung einfacher 246.  
 — für Projektion 273.  
 Element, Voltasches, Vorgänge im 283.  
 Embryologie, Laternbilder zur 171.  
 Emissionsspektren 221.  
 Engelmanns Bogenlampe 47.  
 — Projektionsapparat 71.  
 England, Laternbilder 166.  
 Englische Geschichten, Laternbilder 168.  
 Engländer 88.  
 Entwickeln der Negative 143.  
 Entwickler, Amidol 147.  
 — Hydrochinon- 143.  
 — Metolhydrochinon- 147.  
 — Pyrogallus- 147.  
 Epiaskop von Zeiss 79, 103.  
 Epiaskopvorsatz von Schmidt & Haensch 102.  
 Episkope 96.  
 Episkopeinrichtung von Reichert 98.  
 Episkopische Projektion 96.  
 Episkopkasten von E. Liesegang 101.  
 Episkopvorsatz von A. Krüss 101.  
 — — Schmidt & Haensch 103.  
 Ermüdungserscheinungen 287.  
 Erneckes Bogenlampen 46, 48.  
 — Schulprojektionsapparat 193.  
 Erosionsbilder 172.  
 Ersatz für Sonnenlicht 202.  
 Erstarren 303.  
 Erste Hilfe bei Unfällen, Laternbilder über 171.  
 Euriskope 29.  
 Exners Elektroskop 273.  
 Experimente, pflanzenphysiologische 175.  
 Exposition bei Reproduktionen 142.

## F.

Fadenversuch Meldes 268.  
 Farbanstrich für Projektionswand 88.

Farben dünner Blättchen 231.  
 Farbleinwand, Newtons 232.  
 Farbkreis 291.  
 Farbmischung, additive, nach Grimsehl 292.  
 — subtraktive 292.  
 Farbmischungen, Versuche 290.  
 Farbringe, Newtonsche 196.  
 Farbenscheibe nach Benham 292.  
 Farbentafel mit Gelatineblättchen 222.  
 Farbenveränderung infolge Ausscheidung von Kristallwasser 263.  
 Farbige Schatten 288.  
 Farbstoffe, Auflösen von 262.  
 Farmerscher Abschwächer 144.  
 Fehler bei Reihenbildervorführungen 125.  
 Felder, magnetische, von Stromleitern 274.  
 Fensterläden 88.  
 Ferrarisches Drehfeld, Modelle 286.  
 Festwerden von Gasen durch Kälte 304.  
 Fettindustrie, Laternbilder 185.  
 Filmbänder für Kinematograph 125.  
 Filmkleber 127.  
 Filmwickler 127.  
 Finimeter 58.  
 Fluoreszenz 224.  
 Fluoreszierende Flüssigkeiten 224.  
 Flüssigkeiten, Druckfortpflanzung in 254.  
 — Erscheinungen der Ausbreitung von 261.  
 — fluoreszierende 224.  
 — Zusammendrückbarkeit 254.  
 Flüssigkeitsprisma von Wernicke 217.  
 Fokusglühlampe 55.  
 Folien, Diapositiv-Zelluloid- 151.  
 Format der Laternbilder 129.  
 — deutsches 132.  
 — englisches 131.  
 — französisches 132.  
 Fortpflanzung des Lichtes, geradlinige 204.  
 Foucaults Pendelversuch 243.  
 Frankreich, Laternbilder 165.  
 Fresnels Spiegelversuch 229.  
 Friedrich der Große, Laternbilder 168.  
 Füllen der Kühlkammer 16.  
 Fußklemmen, Holtzsche 279.

## G.

Galvanometer für Projektion 276.  
 Garbassos Versuch 285.  
 Gasator 62.  
 Gasaustritt durch die Lentizellen 178.



Gase, Verflüssigung der 304.  
 Gasflaschen 14.  
 Gasmischer 61.  
 Gasolin 59.  
 — Füllen der Dose 59.  
 Gastechnik, Laternbilder 185.  
 Gaußsches Tischstativ 189.  
 Gegenstände, undurchsichtige, das Projizieren von 96.  
 Gehäuse des Skioptikons 3.  
 — Schaufensterchen im 5.  
 — Türen 5.  
 Gelatinefolien, farbige 214.  
 — Zeichnen auf 157.  
 Gemälde, berühmte, in Laternbildern 169.  
 — kirchliche 164.  
 Genußmittel, Laternbilder 185.  
 Geographie, Bilder zum Unterricht 164.  
 — physikalische 165.  
 Geologie, Laternbilder zur 172.  
 Geometrie, darstellende 241.  
 Geradliniger Leiter, Magnetfeld 275.  
 Geradsichtprisma 217.  
 Geschichte, Laternbilder zur 167.  
 — Biblische 164.  
 — englische, Laternbilder 168.  
 — österreichische, Laternbilder 168.  
 Gesteine 184.  
 Gesteinsdünnschliffe, Mikrophotogramme 172.  
 Gewebelehre der Pflanzen, Laternbilder zur 172.  
 Gitter, Kreis- 235.  
 — Noberts 234.  
 — Rowlands 234.  
 Gitterkopien, photographische 234.  
 Glas, Zeichnen auf 157.  
 Glasdose, flache, für Projektionen 261.  
 Glasgefäße von Leybold 216.  
 — zylindrische, Projektion von 251.  
 Glaskugelanalysator 238.  
 Glasphotogramme für chemischen Unterricht 297.  
 Glasplattenkeile 259.  
 Glasplattensatz 238.  
 Glasstäben, Totalreflexion in 212.  
 Glaswannen 252.  
 Glazebrook, Apparat von 264.  
 Gleichstrom 38.  
 Glimmerplatte 5.  
 Glühlicht, elektrisches 54.  
 Glühstrumpffabrikation, Laternbilder 185.

Glyzerin-Kühlkammer 16.  
 Gold-Platintonung 154.  
 Grenzwinkel 211.  
 Grimsehl, Polarisor nach 236.  
 Grönland, Laternbilder 166.  
 Größe der projizierten Bilder 33.  
 — des Kondensors 9.  
 Grundbegriffe, geographische 165.

## H.

Haarröhrchenwirkung 258.  
 Häfen, österreichische, Laternbilder 167.  
 Handelsflotte, deutsche, Laternbilder 165.  
 Handelsgeographie, Laternbilder 166.  
 Handhabung einer Bogenlampe 52.  
 Handregulator 188.  
 Handregulierung der Bogenlampe 42.  
 Harmonische Bewegung, Ableitung aus kreisender 241.  
 Hartglasplatte 5.  
 Hartls optische Scheibe 208.  
 Harz-Kautschuk-Klebemittel 207.  
 Hebevorrichtung am Bildschieber 18.  
 Hefe, Alkoholgärung der 176.  
 Hefner-Altenecksche Kontaktlampe 42.  
 Heizbare Küvette 301.  
 Helligkeit der Lichtquellen 37.  
 Herstellung von Negativen nach Vorlagen 139.  
 Herzbewegung 183.  
 Hilfsskiotikon, kleines, 55.  
 Himmelsgewölbe, Projektionserscheinungen am 243.  
 Hinterlinse des Kondensors 7.  
 Hochschulprojektionsapparat von Unger und Hoffmann 76.  
 Hohlprismen 216.  
 Holland, Laternbilder 166.  
 Holtzsche Fußklemmen 279.  
 Holz, Mikrophotogramme 172.  
 Holzgehäuse 3.  
 Hölzer, Schnitte für Projektion 175.  
 Holzindustrie, Laternbilder 185.  
 Homogenität der Spektralfarben 219.  
 Homogenkohle 44.  
 Horizontalprojektionsapparat 190.  
 — für chemische Versuche 299.  
 Huyghensche Okulare 115.  
 Hydrochinonentwickler 143.  
 Hydrographie, Bilder 165.  
 Hygiene, Laternbilder zur 171.



**I.**

Indikatorreaktionen 309.  
 Industriebilder 185.  
 Influenz, magnetische 269.  
 Infusorien, Pulsieren der Vakuolen von 183.  
 Injektionspräparate 117.  
 Inklination, magnetische 272.  
 Insektenflügel 173.  
 Interferenzerscheinungen in konvergentem  
 Lichte 239.  
 — — parallelem Lichte 239.  
 Interferenzversuch nach J. Classen 231.  
 Intermittierende Beleuchtung 268.  
 Ionen, Nachweis der freien, einer Lösung  
 313.  
 — sek. Umsetzung der entladenen 311.  
 Ionenwanderung 314.  
 Irradiation, Versuche 288.  
 Isolarplatten 140.  
 Italien, Laternbilder 165.  
 Ives Chromomegaskop 290.

**J.**

Jesu, Bilder aus dem Leben 164.

**K.**

Kaleidoskop 286.  
 Kaliumsulfatlösung, Elektrolyse 281.  
 Kalkkörper 60.  
 Kalklicht 56.  
 Kalklichtbrenner von Dräger 59.  
 Kalkspatprisma, achromatisiertes 239.  
 Kamera, photographische, für Negative  
 139.  
 Kampher, Rotationserscheinung 262.  
 Kapillargefäße zur Projektion 258.  
 Kapillarität 255.  
 Kapillarrohr, konisches 258.  
 Karbidspülung 65.  
 Kästchen für Herstellung von Latern-  
 bildern 149.  
 Kasten für Skioptikon 84.  
 Kästen für Laternbilder 159.  
 Katalytische Wirkung der Platinsole 320.  
 Kautschukindustrie, Laternbilder 185.  
 Kautschukleinwandstreifen für Laternbil-  
 der 158.  
 Keile von Glasplatten 259.  
 Kinematograph 124.  
 — Anwendung im Unterricht 128.

Kinematographie, Anwendung in der  
 Botanik 183.  
 Kirchliche Baudenkmäler und Gemälde  
 164.  
 Klebmittel, Harz-Kautschuk- 207.  
 Klammbügel zum Einschließen der Latern-  
 bilder 158.  
 Klemmen für Objektische 116.  
 Kobalttonung 154.  
 Kohäsionsfiguren 261.  
 Köhlers Bogenlampe 46.  
 Kohlehalter in Handleuchterform 222.  
 Kohlen, richtige Stellung der 44.  
 — Schrägstellung der 188.  
 Kohlendioxyd, Assimilation des 178.  
 — Verflüssigung des 265.  
 Kohlenstellung bei Gleichstrom 53.  
 Kolbes Elektrometer 273.  
 Kollodium 154.  
 Kolloidale Lösungen 318.  
 Kommunikationsrohr mit kapillarem  
 Schenkel 257.  
 Komplementärfarben 220.  
 Kondensor 6.  
 — Brennweite des 8.  
 — dreiteiliger 9.  
 — Durchmesser des 9.  
 — rechteckiger 8.  
 — Strahlengang im 6.  
 — zweiteiliger 6.  
 Kondensoren, Preise der 10.  
 Kondensorenlinen 189.  
 — Anforderungen an 11.  
 Konkavlinse für paralleles Licht 205.  
 Kontinuierliches Spektrum 221.  
 Kontrast, simultaner 288.  
 — sukzessiver 287.  
 Konvergentes Licht 205.  
 Kopieren der Laternbilder 145.  
 — in der Kamera nach größeren Nega-  
 tiven 148.  
 Kopierpapiere, abziehbare 150.  
 Korallenriffe, Laternbilder 173.  
 Körper, Ausdehnung starrer 263.  
 Körperfarben, Versuch 228.  
 Kosten der Lichtquelle für eine Brenn-  
 stunde 38.  
 Kraftfelder 271.  
 Kraftlinien, elektrische 274.  
 — magnetische 269.  
 — — Sichtbarmachen der 271.  
 Kreisgitter 235.



- Kreisnonius, Modell zur Projektion 259.  
 Kreisstrom, Magnetfeld 276.  
 Kriegsflotte, österr-ungar., Laternbilder 167.  
 Kriegshäfen, Laternbilder 168.  
 Kriegsschiffe, Laternbilder 168.  
 Kristallisation einer Salzlösung 228.  
 — in Gelatine 306.  
 Kristallisieren 306.  
 Kristallwasserausscheidung, Farbenänderung bei 263.  
 Kritische Temperatur 265.  
 Krupp und sein Werk, Laternbilder 185.  
 Kühlkammer 13.  
 — Dicke der 14.  
 — Füllen der 16.  
 — Stellung der 15.  
 Kulturpflanzen, Laternbilder 185.  
 Kunstgeschichte, Laternbilder 168.  
 Kupfertonung 154.  
 Kurven von Stimmgabeln, Aufzeichnen 266.  
 Küvette für den Bleibaum 282.  
 — heizbare 301.  
 — in Metallrahmen 300.  
 Küvetten (Wannen) 251.  
 — für chemische Versuche 300.  
 — Herstellung von 300.  
 — von Leybolds Nachfolger 222.
- L.**
- Lampe, automatische 42.  
 — von Stock 68.  
 — Zentrieren der 7.  
 Landschaftsbilder, geologische 173.  
 Landschaftsplatten 140.  
 Landwirtschaft, Laternbilder zur 171.  
 Laterna magica 1.  
 Laternbild-Formate 129.  
 Laternbild, Vergrößerung des 28, 31.  
 Laternbilder 129.  
 — Anfertigung der 139.  
 — Anforderungen an 133.  
 — Aufbewahren 159.  
 — Ausleihen von 138.  
 — Bemalen von 154.  
 — Bezeichnen der 157.  
 — Einschließen der 157.  
 — käufliche (Firmen) 134.  
 — Kopieren der 145.  
 — Montieren 157.  
 — nach größeren Negativen 148.
- Papierkopien von 161.  
 — Putzen der 162.  
 — Retusche von 148.  
 — Schadhaftwerden von 161.  
 — Tonen von 152.  
 — Verbleichen von 161.  
 — Wassertröpfchen an 161.  
 — Zeichnen von 155.  
 — Zettelkatalog 161.  
 Lebensrad 124.  
 Lederbalm 27.  
 Lentizellen, Gasaustritt durch die 178.  
 Leuchtgas 66.  
 Leyboldsche Glasgefäße 216.  
 — Küvetten 259.  
 Licht, Ausbreitung des 205.  
 — geradlinige Fortpflanzung 204.  
 — konvergentes 205.  
 — Mita- 67.  
 — Reflexion des 207.  
 — zerstreutes im Saale 4, 91.  
 Lichtauffall, streifender 204.  
 Lichtband 205.  
 Lichtbogen bei Gleichstrom, Kohlenstellung 53.  
 — elektrischer, Projektion des 283.  
 Lichtbrechung 210.  
 Lichtfilter 214.  
 Lighthoffreie Platten 140.  
 Lichtkreis auf dem Projektionsschirme 92.  
 Lichtpunkt, Verschiebbarkeit des 188.  
 Lichtquelle, Skioptikon als 202.  
 Lichtquellen 36.  
 — für Mikroprojektion 110.  
 — Helligkeit der 37.  
 Liliput-Bogenlampe 204.  
 Linienspektren 222.  
 Linnemannbrenner 62.  
 Linsen, Versuche 215.  
 Linsenkasten, Machscher 215.  
 Lissajousche Schwingungskurven 266.  
 Literatur über Diapositivverfahren 139.  
 — — Mikrophotographie 108.  
 — — Projektionswesen 1.  
 Literaturgeschichte, Laternbilder 168.  
 Literaturunterricht, deutscher 163.  
 Lochkamera 206.  
 Lommels Beugungsversuch 234.  
 Löslichkeit verschiedener Substanzen 306.  
 Lösungen 248.  
 — kolloidale 318.  
 — übersättigte, Kristallisieren 307.



Luft, Diathermanität der 249.  
Luftöffnungen 3.  
Luther, Dr. M., Bilder 164.

## M.

Machscher Linsenkasten 215.  
Magnesium, Auflösen von 315.  
Magnetfeld eines geradlinigen Leiters 275.  
— eines Kreisstromes 276.  
Magnetische Felder von Stromleitern 274.  
— Influenz 269.  
— Inklinaton 272.  
— Kraftlinien 269.  
Malen von Laternbildern 154.  
Malus, Spiegelversuch von 235.  
Malvenblütenabkochung 278.  
Mangan, Anodische Auflösung von 316.  
Manometer für Sauerstoffflaschen 58.  
— Füllen 264.  
Manöverbilder 168.  
Marinebilder 165, 168.  
Marmorschalttafel 39.  
Megadiaskop von Max Kohl 78, 104.  
Megaskop 96, 232.  
— von Leybolds Nachf. 101.  
— — Reichert 98.  
Megaskopansatz 196.  
Meldes Fadenversuch 268.  
Meniskuslinse 8.  
Messuren zum Projizieren 254.  
Messen der Vergrößerung bei Mikroprojektion 117.  
Messung der Wellenlänge 232.  
Metallfällung, elektrolytische 312.  
Metallindustrie, Laternbilder 185.  
Metallkühlkammer 13.  
Metallmikroskop zur Projektion 121.  
Metallrähmchen für Laternbilder 158.  
Metallstutzen zum Objektiv 27.  
Meteoriten, Laternbilder 173.  
Meteorologie, Laternbilder 167.  
Metolhydrochinon-Entwickler 147.  
Mikroautoskop, Watkins 127.  
Mikrochemische Reaktionen 186.  
Mikrometerplatte, Objekt- 117.  
Mikrometerschraube 113.  
Mikrophotogramme, Bedeutung der 108.  
— für den chemischen Unterricht 300.  
— von Gesteinsdünnschliffen 172.  
— zoologische 171.  
— zur Warenkunde 185.  
— zur Botanik 171.  
Mikrophotographie, Literatur über 118.  
Mikroplanare 115.  
Mikroprojektion, Ansatzkörper von Rodenstock 113.  
— Bedingungen für gute 108.  
— Präparate für 116.  
Mikroprojektionsapparat, großer, von C. Zeiss 120.  
Mikroskop, vertikalstehendes, Projektion damit 227.  
Mikroskopansatz, kleiner, von M. Kohl 111.  
— mit Revolver von Leybolds Nachf. 114.  
— von C. Reichert 112.  
Mikroskoprichtungen f. Projektion 113.  
— verschiedener Fabrikanten 117.  
Mikroskopische Gegenstände, unmittelbare Projektion 107.  
— Objekte, Projektion von 226.  
Mikroskopstativ f. Projektionszwecke 113.  
Milchglasscheibe 35.  
Militärische Bilder 168.  
Mimosa, Reizbewegung an 180.  
Minerale 184.  
Mineralogie, Laternbilder zur 172.  
Mineralogisch-petrographischer Unterricht, Projektionsmikroskop für 122.  
Minimum der Deviation 214.  
Mita-Licht 67.  
Mitteln, trüben, Erscheinung an 229.  
Modelle zur Erklärung des Drehstromes 286.  
Mond, Laternbilder 167.  
Montieren von Laternbildern 157.  
Morgenröte 229.  
Mosis, fünf Bücher, Laternbilder 164.  
Musternegative 147.  
Mutoskop 124.

## N.

Nachbilder 287.  
Nachweis des Coulombschen Gesetzes 244.  
Nahrungsmittelindustrien, Laternbilder 185.  
Napoleon I., Laternbilder 168.  
Naturobjekte 173.  
Natriumlinie, Umkehrung der 223.  
Natriumsulfatlösung, Elektrolyse 281.  
Naturgeschichte, Verwendung des Projektionsapparates in 170.  
Negative, Entwickeln der 143.



— Herstellung der 139.  
 — Muster- 147.  
 — Vorbereiten der 144.  
 Neigbarkeit der Tischplatte 189.  
 Nernstlampen 55.  
 Netzspannung 38.  
 Neuseeland, Laternbilder 166.  
 Newtons Farbenglas 232.  
 — Farbenringe 196.  
 Nickeltonnung 154.  
 Nicolsches Prisma 239.  
 Noberts Gitter 234.  
 Noniusmodelle zur Projektion 253.  
 Nordpolreise, Laternbilder 166.

### O.

Oberflächenspannung 255, 261.  
 Objekte für Mikroprojektion 117.  
 Objektiv, Anforderungen an das 27.  
 — Brennweite des 30.  
 — für Kamera 139.  
 — für Projektion 191.  
 — für Skioptikon 27.  
 — Prüfen des 36.  
 — Rotationsdeckel am 36.  
 Objektivsatz 34.  
 Objektivständer 189.  
 Objektivsysteme für Mikroprojektion 114.  
 Objektisch des Mikroskops 116.  
 Odstrčil-Dechants Versuch zum Nachweise  
 des Coulombschen Gesetzes 245.  
 Okulare, Huyghenssche 115.  
 Öltropfen, Abplattung des 260.  
 Operationen, chirurgische, Laternbilder  
 von 171.  
 Optik, Versuche aus der 204.  
 Optische Bank 188.  
 — — nach Paalzow 240.  
 — Instrumente, Strahlengang 226.  
 — Scheibe 208.  
 — Täuschungen 288.  
 Osmotischer Druck 317.  
 Österreich, Laternbilder 165.  
 Österreichische Geschichte, Laternbilder  
 für 168.  
 Ozon, Verflüssigung von 305.

### P.

Paalzows optische Bank 240.  
 Paläontologie, Laternbilder zur 172.

Panoramabildschieber 26.  
 Papierindustrie, Laternbilder 185.  
 Papierkopien von Laternbildern 161.  
 Parallele Leiter, elektro-dynamische Wir-  
 kung 285.  
 Parasiten, Laternbilder von 171.  
 Passiflora-Ranken, Reizbarkeit 182.  
 Pathologische Anatomie, Laternbilder zur  
 171.  
 Pausleinwand für Schirme 88.  
 Pauspapier für Schirme 88.  
 Peltiersches Phänomen 284.  
 Pendelversuch Foucaults 243.  
 Permeabilität des Eisens 271.  
 Petrographischer Unterricht, Projektions-  
 mikroskop für 122.  
 Petroleumlicht 67.  
 Petzvalsche Portraitobjektive 28.  
 Pflanzenanatomie, Laternbilder zur 171.  
 Pflanzenbewegungserscheinungen, Wieder-  
 gabe 183.  
 Pflanzenbilder, tropische 171.  
 Pflanzenphysiologische Experimente 175.  
 Pflanzenteile, Präparieren für Projektion  
 174.  
 Phänomen, Peltiersches 284.  
 Phosphoreszenz 225.  
 Photogramme für Physik 201.  
 — Projektion der 200.  
 Photographische Aufnahme 140.  
 Photomechanische Platten 140.  
 Physikalische Versuche, Projektion 249.  
 Picëin 207.  
 Piezometer 254.  
 Pigmentdiapositive 151.  
 Planare von Zeiss 97.  
 Planparallele Platte 213.  
 Planspiegel 208.  
 Plateauscher Versuch 259.  
 Platinsole, katalytische Wirkung der 320.  
 Platte, planparallele 213.  
 Platten, auskopierbare 150.  
 Plattenmaterial 140.  
 Platten-Wechselvorrichtung 19.  
 Plättzange 158.  
 Polarisation, chromatische 239.  
 — durch Brechung 238.  
 — durch Turmalinplatten 239.  
 — Versuche über 235.  
 Polarisationsapparat von E. Liesegang 237.  
 Polarisationserscheinungen an Gesteins-  
 dünnschliffen 184.



- Polarisationsversuche, optische Scheibe für 240.  
 Polarisator, einfacher 236.  
 Polreagenzpapier 281.  
 Polsucher 53.  
 Polsucherflüssigkeit 281.  
 Portrait-Anastigmat 29.  
 Portraitobjektive von Petzval 28.  
 Portraits berühmter Männer 168.  
 Portugal, Laternbilder 165.  
 Prähistorische Bilder 173.  
 Präparate für Mikroprojektion, Anforderungen 116.  
 — naturhistorische, für direkte Projektion 173.  
 Preßgaslicht 67.  
 Prisma 213.  
 — Nicolsches 239.  
 — Rutherfordsches 217.  
 Prismen, Bezugsquellen 216.  
 — nach Amici 217.  
 Proberöhren, Projektion von 252.  
 Projektion des elektrischen Lichtbogens 283.  
 — episkopische 96.  
 — horizontaler Objektive 190.  
 — mikroskopischer Objekte 226.  
 — mittels aufrecht stehendem Mikroskop 227.  
 — physikalischer Versuche 249.  
 — stereoskopische 293.  
 — undurchsichtiger Gegenstände 96, 193.  
 — von Photogrammen 200.  
 — zylindrischer Glasgefäße 251.  
 Projektions-Anastigmat 29.  
 Projektions-Anastignare 29.  
 Projektionsapparat 1.  
 — für undurchsichtige Gegenstände von R. Fuess 107.  
 — nach Dr. Heine 121.  
 Projektionsapparate für chemische Versuche 299.  
 — für physikalische Zwecke 187.  
 — — — Typen 193.  
 — große 78.  
 — kleine 70.  
 — mittlere 73.  
 — von Ebeling 51.  
 — von Engelmann 71.  
 — von Ernecke 72, 193.  
 — von R. Fuess 196.  
 — von Hüttig & Sohn 72.  
 — von Jersche 72.  
 — von Kohl 76, 194.  
 — von Krüss 72, 76.  
 — von Lechner 71, 74.  
 — von Leybolds Nachfolger 72, 197.  
 — von Liesegang 72, 77, 194.  
 — von Mittelstraß 77, 198.  
 — von Pichlers Witwe & Sohn 71, 73.  
 — von Müller & Wetzig 72, 76.  
 — von Reichert 74, 75, 196.  
 — von Rodenstock 72.  
 — von Schmidt und Haensch 196.  
 — von Talbot 73.  
 — von Unger & Hoffmann 73.  
 — von Zeiss 79, 104, 120.  
 Projektionselektroskope 273.  
 Projektionserscheinungen am Himmelsgewölbe 243.  
 Projektionsgalvanometer 276.  
 Projektionslampe von Körting & Mathiesen 43.  
 Projektionsmikroskop 107.  
 — für mineralogisch' - petrographischen Unterricht 122.  
 — zum Megadioskop von Kohl 112.  
 Projektionsobjektiv, Deckelverschluß am 36.  
 Projektionsobjektive 115, 191.  
 Projektionsokulare 115.  
 Projektionssätze von Busch 192.  
 Projektionsschirm 85.  
 Projektionsstroboskop 289.  
 Projektionsteleobjektiv 34.  
 Projektionsthermometer 262.  
 Projektionswand 84.  
 Projektionswesen, Literatur über 1.  
 Prüfen der Objektive 36.  
 Putzen der Laternbilder 162.  
 Pyrogallusentwickler 147.

## R.

- Rahmen für Projektionswand 85.  
 Rahmenträger 17.  
 — Stellung des 18.  
 Rändelapparat für Laternbilder 158.  
 Randschärfe 27.  
 Ranken, Reizbarkeit der 182.  
 Rapid-Wechsler 17.  
 Rauchvorrichtung von Arendt 204.  
 Reaktionen, mikrochemische 186.  
 Reaktionsgefäße 302.



Recknagels Apparat 254.  
 Reduzierventil 58.  
 Reflexe am Kondensator 7.  
 Reflexion des Lichtes 207.  
 Reflexionsgesetz 208.  
 Regulator, Hand- f. Bogenlampe 188.  
 Regulierwiderstände 40.  
 Reiff, Analysator nach 236.  
 Reiff'sche Methode der Projektion zylindrischer Gefäße 252.  
 Reihenbilder, Vorführung von 124.  
 Reizbare Staubfäden 181.  
 Reizbarkeit der Ranken 182.  
 Reizbewegung an Mimosa 180.  
 Reliefspektren 220.  
 Religion, Laternbilder zum Unterricht 163.  
 Reproduktionskamera 149.  
 Retusche von Laternbildern 148.  
 Retuschierkasten zum Bemalen von Laternbildern 156.  
 Revolution, französische, Laternbilder 168.  
 Revolverseiche zur Bogenlampe 221.  
 Reziprozität, Gesetz der 211.  
 Richters Wechseleinrichtung 24.  
 Richtige Stellung der Kohlen 44.  
 Rogetsche Spirale 285.  
 Rolläden 88.  
 Rollvorrichtung für Projektionsschirme 86.  
 Rotationsdeckel am Objektiv 36.  
 Rotationserscheinung an Kampf 262.  
 Rowlands Gitter 234.  
 Ruhstratscher Schiebewiderstand 41, 268.  
 Rußland, Laternbilder 166.  
 Rutherford'sches Prisma 217.

## S.

Saal für Projektion 81.  
 Saalbeleuchtung 84.  
 Salzindustrie, Laternbilder 185.  
 Salzlösungen, Kristallisation von 228.  
 Salzsäure, Elektrolyse 281.  
 Sauerstoff-Entwicklungsapparat 57.  
 Sauerstoffflaschen 57.  
 Säulenelektrometer 273.  
 Schadhaftwerden von Laternbildern 161.  
 Schalttafel 39.  
 Schatten 206.  
 — farbige 288.  
 Schattenbilder 241.  
 Schaufensterchen im Gehäuse 5.

Scheibe, optische 208.  
 — — für Polarisationsversuche 240.  
 Scheinwerfer von Körting & Mathiesen 51.  
 Schieberahmen für Laternbilder 19.  
 Schiebersteuerung einer Dampfmaschine 265.  
 Schiebewiderstand 41, 201.  
 — von Ruhstrat 41, 268.  
 Schirm, in Rahmen gespannter 85.  
 Schirme, durchscheinende 88.  
 Schlierenmethode, Versuche nach der 246.  
 Schmelzen fester Körper 302.  
 Schnellseher 124.  
 Schornstein 4.  
 Schottland, Laternbilder 166.  
 Schrägstellung der Kohlen 188.  
 Schulapparat von Müller & Wetzig 72.  
 — Type NOR, Ernecke 193.  
 Schulspektroskop, kleines, von Lechner 71.  
 Schumanns Apparat für das Peltiersche Phänomen 284.  
 Schwarzgrund, weiße Linien auf 156.  
 Schwarzweiß-Bilder, Reproduktion von 142, 148.  
 Schwefelkohlenstoff-Prisma 216.  
 Schweiz, Bilder 165.  
 Schwingende Bewegung, Ableitung aus kreisender 241.  
 Schwingungsebene, Drehung der 240.  
 Schwingungskurven, Lissajoussche 266.  
 Seemanöver, Laternbilder 168.  
 Seifenblasen 255.  
 — Messung des Druckes in 257.  
 Seifenblasenversuche 231.  
 Seifenlamelle 232, 256.  
 Seifenlamellenrouleau 255.  
 Seifenlösung, Herstellung der 256.  
 Shirting für Projektionszwecke 85.  
 Sichtbarmachen der magnetischen Kraftlinien 271.  
 Sieden von Flüssigkeiten 303.  
 Simpsons Wechseleinrichtung 21.  
 Simultaner Kontrast 288.  
 Skandinavien, Laternbilder 166.  
 Skelette, Laternbilder von 170.  
 Skioptikon 1.  
 — als Lichtquelle 202.  
 — Anforderungen an ein gutes 69.  
 — wissenschaftlicher Verein 138.  
 — Typen von 69.  
 Skioptikonzimmer 84.  
 Solar 29.



Soldatenbilder 168.  
 Somatologie, Laternbilder zur 170.  
 Sonne, Laternbilder der 167.  
 Sonnenlicht, Ersatz für das 202.  
 Spaltsysteme für Reliefspektren 220.  
 Spanien, Laternbilder 165.  
 Spannkraft des Wasserdampfes 263.  
 Spektralfarben, Homogenität der 219.  
 — Wiedervereinigung der 219.  
 Spektren von Sternen, Laternbilder 167.  
 Spektrum, kontinuierliches 221.  
 — Entwerfen des 217.  
 — ultravioletter Teil 225.  
 Spezialobjektive, einfache 193.  
 Sphärische Abweichung bei Linsen 215.  
 — Spiegel 210.  
 Spiegel, sphärische 210.  
 Spiegelapparat Fresnels von Ernecke 230.  
 Spiegelbildchen am Doppelkondensor 11.  
 Spiegelpaar für Fresnels Versuch 229.  
 Spiegelpyramiden-Analysator 238.  
 Spiegelsystem zum Projizieren der Ka-  
 leidoskoperscheinung 286.  
 Spiegelversuch, Fresnels 229.  
 — von Malus 235.  
 Spirale, Rogetsche 285.  
 Spiritus für Sauerstofflicht 62.  
 Spiritusglühlicht 66.  
 Sprachunterricht 163.  
 Städtebilder, deutsche 165.  
 Staffelei 140.  
 Stahlflaschen 57.  
 Starre Körper, Ausdehnung 263.  
 Stativkamera 139.  
 Stativschrank 84.  
 Statuen, Laternbilder von 169.  
 Staubfäden, reizbare 181.  
 Steckdose 39.  
 Steinindustrie, Laternbilder 185.  
 Steinsalz, Diathermanität 265.  
 Stellung der Kühlkammern 15.  
 — des Objektivs im Skioptikon 31.  
 — des Rahmenträgers 18.  
 Stereoskopische Projektion 293.  
 Sterne und Sternspektren, Laternbilder  
 167.  
 Sternenhimmel, Laternbilder 167.  
 Sternwarten, Laternbilder 167.  
 Stickstoff, Verflüssigen von 305.  
 Stickstoffbildung durch Bodenbakterien  
 178.

Stimmgabel, elektromagnetisch betriebene  
 268.  
 Stimmgabelkurven 266.  
 Stocks Lampe 68.  
 Stoffschirme zum Aufrollen 85.  
 Stöpselkontakt 39.  
 Strahlenbündel, zentrales 209.  
 Strahlengang in Kondensoren 67.  
 — in optischen Instrumenten 226.  
 Strahlengangapparat von Ernecke 209.  
 Streifender Lichtauffall 204.  
 Strichzeichnungen, Reproduktion von 143,  
 148.  
 Stroboskop 124.  
 — für Projektion 289.  
 Stroboskopische Beleuchtung, Versuche  
 mit 267.  
 Stromleiter, magnetische Felder von 274.  
 Stülpkästen für Laternbilder 160.  
 Subtraktive Farbmischung 292.  
 Sukzessiver Kontrast 287.  
 Summar 101.

## T.

Täuschungen, optische 288.  
 Technologie, Anwendung des Projektions-  
 apparates für 184.  
 — chemische, Bedeutung des Skioptikons  
 298.  
 Teleobjektiv, Projektions- 34.  
 Temperatur, kritische 265.  
 Textilindustrie, Laternbilder 185.  
 Thermometer für Projektion 262.  
 Thermoskope 262.  
 Thomsons Wechseleinrichtung 21.  
 Tierbilder aus zool. Gärten 170.  
 Tierphysiologische Versuche 183.  
 Tierrassen, Laternbilder 171.  
 Tierzucht, Laternbilder zur 171.  
 Tisch, fahrbarer, für den Projektions-  
 apparat 83.  
 Tischplatte, Neigbarkeit der 189.  
 Tischstativ, Gaußsches 189.  
 Tönen von Laternbildern 152.  
 Tonwarenindustrie, Laternbilder 185.  
 Totalreflexion 211.  
 — in Glasstäben 212.  
 — im Wasserstrahl 212.  
 Triplexkondensor 9.  
 — Strahlengang im 7.  
 Trocken-Klebestreifen in U-Form 158.



Tropfenbildung 255.  
 Tropfenformen 269.  
 Trüben Mitteln, Erscheinung an 229.  
 Türen des Gehäuses 5.  
 Turmalinplatten 239.  
 Tuschzeichnungen für Laternbilder 157.  
 Typen von Projektionsapparaten 69.  
 — — — für physikalische Versuche 193.

## U.

U-Röhre für elektrolytische Versuche 278.  
 Umkehrprisma 196, 250.  
 Umkehrung der Natriumlinie 223.  
 Umsetzung, sekundäre, der entladenen Ionen 311.  
 Unare von Zeiss 97.  
 Undurchsichtige Objekte, Projektion 193.  
 Ungarn, Laternbilder 165.  
 Universal-Projektionsapparat von Ed. Liesegang 77.  
 — C. Reichert 196.  
 — neuer, von Reichert 121.  
 Unsymmetrischer Doppelkondensator von Rodenstock 8.  
 Unterlage, verstellbare, für ein Skioptikon 82.  
 Unterricht unter Verwendung des Skioptikons 94.  
 Ultravioletter Teil des Spektrums 225.  
 Uranglaswürfel 211, 213.  
 Urantonung für Laternbilder 152.  
 Uranverstärker 144.

## V.

Vakuolen, Pulsieren der, an Infusorien 183.  
 Velotrop 21.  
 Veränderungen an Laternbildern 161.  
 Verbleichen von Laternbildern 161.  
 Verdunkeln mehrerer Fenster, Einrichtung für 90.  
 Verdunkelungseinrichtung 88.  
 Verflüssigung von Ammoniak 303.  
 — — Gasen 304.  
 — — Kohlendioxyd 265.  
 — — Ozon 305.  
 — — Stickstoff 305.  
 Vergaserdosen 59.  
 Vergrößerung, anzuwendende, bei Mikroprojektion 108.  
 — eines Laternbildes 28, 31.  
 — Messen der, bei Mikroprojektion 117.

— mikroskopische Objekte, Tabelle 109.  
 — objektive 109.  
 — subjektive 109.  
 Verschiebbarkeit des Lichtpunktes 188.  
 Verschuß des Objektivs beim Bildwechsel 35.  
 Verstärker, Bromkupfer- 144.  
 — Uran- 144.  
 Versuch, Plateauscher 259.  
 Versuche aus der Optik 204.  
 — mit Linsen 215.  
 — mit Skioptikon, Einstellen 191.  
 — tierphysiologische 183.  
 Vertikalilluminator 121.  
 Verwendung des Projektionsapparates in einzelnen Lehrfächern 163.  
 Vierwandgefäß, Weinholds 304.  
 Völkerkunde, Bilder zur 164.  
 Voltmeter 39.  
 Voltaschen Element, Vorgänge im 283.  
 Vorbereiten der Negative 144.  
 Vorführen von Reihenbildern 124.  
 Vorderlinse des Kondensators 7.  
 Vorhänge, rollbare 89.  
 — schwarze Stoff- 88.  
 Vorschaltwiderstand 40, 201.  
 Vulkane, Laternbilder 173.

## W.

Wannen (Küvetten) 251.  
 — keilförmige, für Projektionen 259.  
 Warenkunde, Anwendung des Projektionsapparates für 184.  
 Wärmestrahlen, Absorption durch farbige Gläser 265.  
 Wasser, verschiedene Dichte des 248.  
 Wasserdampf, Spannkraft von 263.  
 Wasserkammer für Mikroprojektion 111.  
 Wasserkühlapparat 226.  
 Wasserstoff 57.  
 Wasserstoffflaschen 57.  
 Wasserstoffgas 57.  
 Wasserstrahl in stroboskopischer Beleuchtung 269.  
 — Totalreflexion im 212.  
 Wassertiere, kleine lebende 183.  
 Wassertröpfchen von Laternbildern 161.  
 Wasserzersetzung durch Alkalimetalle 314.  
 Wasserzersetzungsapparat nach Weinhold 277.  
 Watkins Mikroautoskop 127.



Wechseleinrichtung von Berger 23.  
Wechselrahmen 17.  
Wechselrähmchen 25.  
— für verschiedene Bildformate 26.  
Wechselstrom 38.  
Wechselstrom-Bogenlampe 49.  
Wechselvorrichtung von Allen 21.  
— nach Richter 24.  
— von Simpson 21.  
— von Thomson 21.  
— von Unger & Hoffmann 21.  
Weinholds Vierwandgefäß 304.  
— Wasserzersetzungsapparat 277.  
Weiße Linien auf schwarzem Grunde 156.  
Weitwinkel-Objektiv 125.  
Wellenapparat zur Projektion 266.  
Wellenlänge, Messung der 232, 235.  
Wellenlinien durch Stimmgabeln 266.  
Wernickesches Flüssigkeitsprisma 217.  
Widerstand, Vorschalt- 39.  
— aus Bandlüftungselementen 40.  
— in Kastenform 40.  
— in Trommelform 41.  
Widervereinigung der Spektralfarben 219.  
Wirbelringe 248, 262.  
Wunderkamera 97.

## Z.

Zaponlack 154, 173.  
Zeichen für Bilderwechsel 93.  
Zeichengeber, elektrischer 94.  
Zeichenunterricht 241.  
Zeichnen auf Glas 157.  
— von Laternbildern 155.  
Zeichnungen mit Tusche 157.  
Zelloidinplatten 150.  
Zelluloidfolien für Diapositive 151.  
Zelluloidzersetzung 320.  
Zentralbewegungen 242.  
Zentrales Strahlenbündel 209.  
Zentrieren der Lampe 7, 92.  
Zerstreutes Licht 4.  
Zettelkataloge für Laternbilder 161.  
Zink, Auflösen von 315.  
Zinnbaum 282.  
Zirkonlicht 62.  
Zoologie, Laternbilder zur 170.  
Zuckerlösung, Polarisation einer 240.  
Zuckerprüfung durch Polarisationsapparat 186.  
Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten 254.  
Zusatz zur optischen Scheibe 208.  
Zustandsänderungen, physikalische 302.

















Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297542