

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. _____

~~369~~

358

...eisteswelt

H. Lehmann
Die
Kinematographie

Zweite Auflage



B. G. Teubner. Leipzig. Berlin

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt“

nunmehr über 800 Bände umfassend, bietet wirkliche „Einführungen“ in abgeschlossene Wissensgebiete für den Unterricht oder Selbstunterricht des Laien nach den heutigen methodischen Anforderungen und erfüllen so ein Bedürfnis, dem weder umfangreiche Enzyklopädien, noch skizzenhafte Abrisse entsprechen können. Die Bände wollen jedem geistig Mündigen die Möglichkeit schaffen, sich ohne besondere Vorkenntnisse an sicherster Quelle, wie sie die Darstellung durch berufene Vertreter der Wissenschaft bietet, über jedes Gebiet der Wissenschaft, Kunst und Technik zu unterrichten. Sie wollen ihn dabei zugleich unmittelbar im Beruf fördern, den Gesichtskreis erweiternd, die Einsicht in die Bedingungen der Berufsarbeit vertiefend.

Die Sammlung bietet aber auch dem Fachmann eine rasche zuverlässige Übersicht über die sich heute von Tag zu Tag weitenden Gebiete des geistigen Lebens in weitestem Umfang und vermag so vor allem auch dem immer stärker werdenden Bedürfnis des Forschers zu dienen, sich auf den Nachbargebieten auf dem laufenden zu erhalten. In den Dienst dieser Aufgaben haben sich darum auch in dankenswerter Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, gern die Gelegenheit benutzend, sich an weiteste Kreise zu wenden.

So konnte der Sammlung auch der Erfolg nicht fehlen. Mehr als die Hälfte der Bände liegen bereits in 2. bis 8. Auflage vor, insgesamt hat die Sammlung bis jetzt eine Verbreitung von fast 5 Millionen Exemplaren gefunden.

Alles in allem sind die schmucken, gehaltvollen Bände besonders geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden.

Jeder der meist reich illustrierten Bände

ist in sich abgeschlossen und kann ohne weiteres

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

Leipzig, im



100000296031

J. Teubner

Sur Biologie, Botanik und Zoologie

sind bisher erschienen:

Einführung in die Biologie.

Allgemeine Biologie. Einführung in die Hauptprobleme der organischen Natur. Von Prof. Dr. H. Mehe. 3. verb. Aufl. Mit 44 Abbildungen im Text. (Bd. 130.)

Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. 2 Bände. I. Bd.: Die Beziehungen der Tiere zueinander. Mit 64 Abbildungen. (Bd. 426.) II. Bd.: Die Beziehungen der Pflanzen zueinander und zu den Tieren. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 427.)

Die Schädlinge im Tier- und Pflanzenreich und ihre Bekämpfung. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Eckstein. 3. Aufl. Mit 36 Figuren im Text. (Bd. 18.)

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Oberstudientat Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 236.)

Einführung in die Biochemie in elementarer Darstellung. Von Prof. Dr. W. Eöb. 2., durchgef. u. verm. Aufl. von Prof. Dr. H. Friedenthal. Mit 12 Fig. im Text. (Bd. 352.)

Abstammungs- und Vererbungslehre, vergl. Anatomie.

Die Entwicklungsgeschichte des Menschen. Von Dr. A. Heilborn. 2. Auflage. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 388.)

Experimentelle Abstammungs- u. Vererbungslehre. Von Prof. Dr. E. Lehmann. 2. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 379.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. K. Hesse. 6. Aufl. Mit 41 Textabbildungen. (Bd. 39.)

Die Tiere der Vorwelt. Von Prof. Dr. O. Abel. Mit 31 Abb. (Bd. 399.)

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. C. Keller. 2. Aufl. Mit 29 Figuren. (Bd. 252.)

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

Fortpflanzung.

Befruchtung und Vererbung. Von Dr. E. Reichmann. 3. Aufl. Mit 13 Abbild. im Text. (Bd. 70.)

Fortpflanzung und Geschlechtsunterschiede des Menschen. Eine Einführung in die Sexualbiologie. Von Prof. Dr. S. Voruttau. 2., verb. Aufl. Mit 39 Abbildungen im Text. (Bd. 540.)

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Direktor Prof. Dr. K. Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Bd. 253.)

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt. (Dimorphismus.) Von Dr. F. Knauer. Mit 37 Figuren. (Bd. 148.)

Mikroorganismen.

Die Bakterien im Haushalt der Natur und des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 242.)

Die krankheitserregenden Bakterien. Grundtatsachen der Entstehung, Heilung und Verhütung der bakteriellen Infektionskrankheiten des Menschen. Von Prof. Dr. M. Eöblein. 2. Aufl. Mit 93 Abbildungen. (Bd. 307.)

Die Viren. Eine Einführung in die Wissenschaft vom Leben. Von Direktor Prof. Dr. K. Goldschmidt. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 160.)

Mikroorganismen.

Das Süßwasser-Plankton. Von Prof. Dr. O. Zacharias. 2. Aufl. M. 57 Abb. (Bd. 156.)

Das Meer, seine Erforschung und sein Leben. Von Direktor Prof. Dr. O. Janson. 3. Aufl. Mit 40 Figuren. (Bd. 30.)

Einführung in die Mikrotechnik. Von Prof. Dr. V. Franz und Studienrat Dr. S. Schneider. Mit 12 Abbildungen. (Bd. 765.)

Das Mikroskop. Seine wissenschaftlichen Grundlagen und seine Anwendung. Von Dr. A. Ehringhaus. Mit 76 Abbildungen. (Bd. 678.)

Botanik, insbesondere angewandte Botanik.

Pflanzenphysiologie. Von Dr. Prof. Dr. S. Molisch. 2. Aufl. Mit 63 Fig. (Bd. 569.)

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit 64 Abb. (Bd. 334.)

Pilze und Flechten. Von Dr. W. Nienburg. Mit 88 Abb. im Text. (Bd. 675.)

Einkeimblättrige Blütenpflanzen. Von Privatdoz. Dr. K. Suesenguth. (Bd. 676.)

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Prof. Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)

***Unsere Blumen und Pflanzen im Garten.** Von Prof. Dr. H. Dammer. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 300.)

Der Kleingarten. Von Joh. Schneider, Redakteur und Sachschriststeller. 2., verbesserte u. vermehrte Auflage. Mit 80 Abb. (Bd. 498.)

Werdegang und Züchtungsgrundlagen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Von Prof. Dr. A. Jada. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 766.)

Weinbau u. Weinbereitung. Von Dr. J. Schmittbener. Mit 34 Abb. (Bd. 332.)

Der Tabak. Anbau, Handel und Verarbeitung. 2., verbesserte und ergänzte Auflage. Von Jac. Wolf. Mit 17 Abb. im Text. (Bd. 416.)

Botanisches Wörterbuch. Von Professor Dr. O. Berke. (Leubners kleine Sachwörterbücher Bd. 1.)

Zoologie, insbesondere angewandte Zoologie.

Tierzüchtung. Von Dr. G. Wisdorff. 2. Aufl. Mit 23 Abbild. auf 12 Tafeln und 2 Figuren im Text. (Bd. 369.)

Die Kleintierzucht. Von Joh. Schneider, Redakteur und Sachschriststeller. 2. verb. Aufl. Mit 60 Abbildungen im Text und auf 6 Tafeln. (Bd. 604.)

Tierpsychologie. Eine Einführung in die vergleichende Psychologie. Von Prof. Dr. K. Luth. Mit 29 Abb. (Bd. 826.)

Deutsches Vogelleben, zugleich als Exkursionsbuch für Vogelfreunde. Von Prof. Dr. A. Voigt. 2. Aufl. (Bd. 221.)

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. A. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

Bienen und Bienenzucht. Von Prof. Dr. E. Zander. Mit 41 Abb. (Bd. 705.)

Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. Maß. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Zoologisches Wörterbuch. Von Dr. Th. Knottnerus-Meher. (Leubners kleine Sachwörterbücher Bd. 2.)

Die mit * bezeichneten und weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

358. Bändchen

Die Kinematographie

ihre Grundlagen und ihre Anwendungen

Von
Dr. H. Lehmann †

Zweite Auflage besorgt von
Dr. W. Merté
wissenschaftl. Mitarbeiter am Zeisswerk in Jena

Mit 68 zum Teil neuen Abbildungen im Text



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1919

Wrt/25



I 301560

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~I 369~~

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright 1919 by B. G. Teubner in Leipzig

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten

Druck von B. G. Teubner, Dresden.

Akc. Nr.

~~3752/49~~
BPK - B - 99/2017

Dorwort.

Die zweite Auflage beabſichtigt, unter möglichſter Wahrung des dem Büchlein in der erſten Bearbeitung von H. Lehmann gegebenen Charakters, die Darſtellung der Kinematographie dem heutigen Stand der Wiſſenſchaft und Technik anzupaffen, wo es wünſchenswert erſchien, zweckentsprechender zu geſtalten und auf gewiſſe Gebiete der Kinematographie neu auszudehnen.

Um Raum einzusparen, ſind manche Erörterungen der erſten Auflage entweder gänzlich fortgefallen, wie z. B. die Systematik der Erfindungen, die eingehende Beſprechung der ſtereoskopischen Kinematographie u. a., oder doch ſtark gekürzt, ſo beſonders die Darſtellung der psychologiſchen und phyſiologiſchen Grundlagen für das Zuſtandekommen der kinematographiſchen Täuſchungen, wobei aber gleichzeitig durch die Neueinfügung von Abbildungen und der Beſchreibung einfacher Experimente eine anſchaulichere Form des Vortrags angeſtrebt iſt.

Der ſo gewonnene Raum iſt zunächſt dem Ausbau des techniſchen Teils des Büchleins zugute gekommen in der Beſprechung neuer Apparate, der Beigabe erläuternder Abbildungen u. a. Weiter konnten in dem Abſchnitte über die Anwendung der Kinematographie in Wiſſenſchaft und Technik die intereſſanteſten Gebiete, wie z. B. die Röntgen-Kinematographie und die balliſtiſche Kinematographie, noch eine etwas eingehendere Berücksichtigung finden. Auf Wunſch des Verlags widmet die neue Auflage der Bedeutung der Kinematographie für Unterhaltung und Belehrung und der ſo wichtigen Kinoreform einen beſonderen Abſchnitt und gibt in einem Schlußkapitel einen kleinen Einblick in die Kinoinduſtrie.

Damit iſt kurz angedeutet, wodurch ſich die zweite Auflage von der erſten im weſentlichen unterſcheidet. Im einzelnen ſind außerdem zahlreiche Änderungen und Ergänzungen eingetreten.

Neben der Mehrzahl der alten Abbildungen bringt die zweite Auflage auch eine Reihe von neuen Bildern, die größtenteils der beſtehenden Literatur entnommen, in geringer Zahl vom Herausgeber angegeben ſind. Für die Überlaſſung von Klishees bzw. geeigneten Druckvorlagen zu den neuen Abbildungen habe ich, zugleich im Namen des Verlags, zu danken: Herrn Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Franz, der ICA A.-G., Dresden und den Verfaſſerwerken, Frankfurt a. M.

Jena, im Februar 1918.

W. Merté.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Stoffanordnung	5
I. Das Prinzip und die Wirkungsweise der kinematographischen Apparate; ein historischer Überblick	5
II. Über die psychologischen und physiologischen Grundlagen der Kinematographie	13
III. Die technischen Grundlagen der Kinematographie	31
IV. Die Kinematographie in Wissenschaft und Technik	66
V. Die Kinematographie im Dienste der Unterhaltung und Belehrung. Kinoreform	92
VI. Die Kinoindustrie	100

Stoffanordnung.

Die hier gegebene Darstellung der Kinematographie gliedert sich in folgender Weise: Zunächst wird ein entwicklungsgeschichtlicher Überblick über die Vorgänger des neuzeitlichen Kinematographen gegeben. Dabei findet sich Gelegenheit, das allen diesen Apparaten zugrunde liegende Prinzip, den sogenannten stroboskopischen Effekt, kurz zu skizzieren. Hierauf wird die Wirkungsweise des modernen Kinoapparates behandelt. Das geschieht nach zwei Richtungen hin. Einmal werden die psychologischen und physiologischen Bedingungen untersucht, denen die Erzeugung des Eindruckes eines bewegten Bildes unterworfen ist, und dann werden die technisch-physikalischen Lösungen für die Herbeiführung dieser Bedingungen, d. h. die technisch-physikalischen Einrichtungen des Kinematographen besprochen. Damit ist die Darstellung der Kinematographie als solcher beendet.

In drei weiteren Abschnitten wird die Bedeutung der Kinematographie für unsere Zeit gewürdigt, indem sie einerseits als wissenschaftliches und technisches Hilfsmittel, andererseits im Dienste der Unterhaltung und Belehrung gezeigt wird und schließlich die Kinoindustrie kurze Betrachtung findet.

I. Das Prinzip und die Wirkungsweise der kinematographischen Apparate; ein historischer Überblick.

Ein einfacher kinematographischer Apparat ist das sogenannte Lebensrad, auch Phänakistoskop genannt. Diese Vorrichtung wurde im Jahre 1832 von zwei Forschern unabhängig voneinander erfunden, von Plateau in Brüssel und einen Monat später von Stampfer in Wien. Sie besteht aus einer kreisrunden Scheibe, in welche eine Anzahl Spalte in radialer Richtung eingeschnitten sind, und die um ihre Achse in rasche Rotation versetzt werden kann. Blickt man durch diese Spalte in einen Spiegel, so erscheint statt des ganzen Spiegelbildes eine ruhende Scheibe, die Spalte verharrten scheinbar an ihrer Stelle. Der Apparat vernichtet also Bewegungen, die objektiv gegeben sind, und verwandelt sie in Ruhe. Wenn man nun unter oder neben die einzelnen Spalte je eine Phase eines bewegten

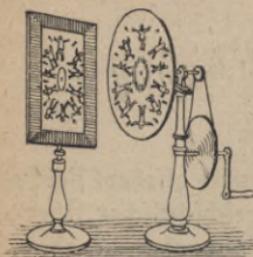


Abb. 1. Das Lebensrad. Gegenstandes zeichnet, derart, daß zeitlich aufeinanderfolgende Phasen auch räumlich aufeinander folgen, und wieder durch die Spalte in den Spiegel blüßt, so erscheint unter oder neben den ruhenden Spalten ein bewegter Gegenstand. Diese Bewegung ist jedoch der Art nach von der objektiven rotierenden der Scheibe ganz unabhängig, denn der Gegenstand scheint die räumlich nacheinander dargestellten Bewegungsphasen wirklich auszuführen, mit anderen Worten, das Bild scheint zu leben. Der Apparat ruft also Bewegungen ins Dasein, die vor dem nicht vorhanden waren. In Abb. 1 ist dieser einfache kinematographische Apparat, das Lebensrad, abgebildet.

Später gab Stampfer selbst eine Abänderung der ursprünglichen Konstruktion an, wie sie Abb. 2 zeigt. Hier ist die Benutzung eines Spiegels unnötig; die Spalte und die Phasenbilder befinden sich auf zwei voneinander getrennten, auf einer gemeinsamen Achse befestigten Scheiben. Die Achse mitsamt den Scheiben wird in Rotation versetzt, während der durch die Spalte nach der Scheibe mit den Phasenbildern geblüßt wird. Der Erfolg ist genau derselbe wie oben. Der abgebildete Gegenstand scheint zu leben, nur daß man hier die ruhenden Spiegelbilder der Spalte nicht sieht.

Es wurde sehr bald gefunden, daß das lebende Bild viel schärfer und deutlicher erschien, wenn die Spaltenscheibe in entgegengesetzter Richtung wie die Bilderscheibe rotierte. Hierdurch wird die relative Geschwindigkeit, welche Spalte und Phasenbilder gegenüber dem Auge besitzen, wesentlich erhöht, so daß die einzelnen Phasen nur sehr kurze Zeit dem Auge dargeboten werden und ihre Eigenbewegung praktisch unmerklich wird. Bei der ursprünglichen Konstruktion mit dem Spiegel ist letzteres nämlich nicht der Fall, wodurch die Unschärfe der Bilder hervorgerufen wird.

Eine weitere Verbesserung erfuhr der Apparat im Jahre 1833 durch Horner. Dessen Konstruktion, genannt „Wundertrommel“ oder „Dädaleum“, besteht aus einem Hohlzylinder mit achsenparallelen Schlitzen, der um seine Achse in rasche Umdrehungen versetzt wird. Die Phasen-

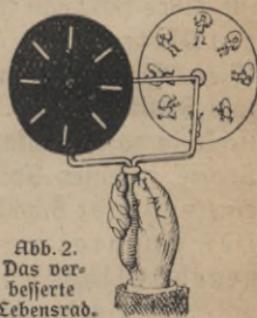


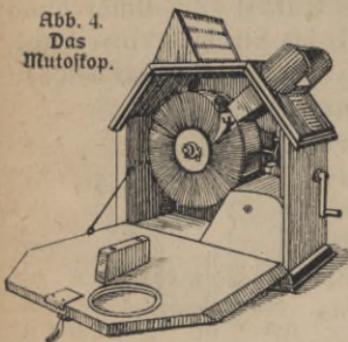
Abb. 2.
Das verbesserte Lebensrad.

bilder sind auf Papierstreifen aufgedruckt, welche einfach an die innere Wandung des Zylinders gelegt werden, oder sie sind auch auf kreisrunden Papierscheiben aufgezeichnet, die auf den Boden des Zylinders gelegt werden. Der Beobachter blickt durch die Schlitze auf die gegenüberliegenden Phasenbilder (Abb. 3). Die Wirkung ist hierbei genau dieselbe wie bei dem verbesserten Lebensrad (Abb. 2). Aber hier bewegen sich Spalte und Phasenbilder entgegengesetzt, so daß also das lebende Bild in genügender Schärfe erscheint. Diese „Wundertrommeln“ haben eine weite Verbreitung gefunden und sind auch jetzt noch ein beliebtes Spielzeug.



Abb. 3. Die Wundertrommel.

Eine fast noch einfachere kinematographische Vorrichtung, als sie das ursprüngliche Lebensrad ist, wurde in dem „Taschenkinematographen“ erfunden. Dieser besteht in einem Buch, dessen Blätter einseitig mit den aufeinanderfolgenden Phasenbildern bedruckt sind. In Tätigkeit wird diese Vorrichtung dadurch gesetzt, daß man die Blätter des Buches mittels Daumens und Zeigefingers umbiegt und einzeln in rascher Folge fallen läßt. Hierdurch wird jedes Phasenbild dem Auge einen Moment dargeboten und sofort durch ein anderes ersetzt. Die Wirkung dieses Taschekinetographen ist ganz verblüffend gut, die lebenden Bilder erscheinen in großer Schärfe und Deutlichkeit, und die Bewegungen können vollkommen lebenswahr sein, vorausgesetzt, daß das Bildmaterial ein gutes ist. Auf dem gleichen Prinzip beruht das vollkommeneren Mutoskop, dessen Wirkungsweise unschwer aus Abb. 4 zu erkennen ist. Das Mutoskop ist auch heute noch vielfach als Automat in Betrieb zu sehen, z. B. auf Bahnhöfen oder sonstigen öffentlichen Orten.

Abb. 4.
Das
Mutoskop.

Als eine Verbindung der Wundertrommel mit dem Lebensrad ist das Praxinoskop aufzufassen, von dem Abb. 5 eine Ansicht gibt. Die wie bei der Wundertrommel innerhalb des Zylinders liegenden Bilder werden hier nicht durch Spalte betrachtet, sondern wie beim Lebensrad durch einen Spiegel; jedoch hat beim Praxi-

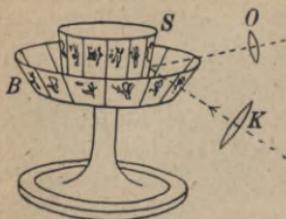


Abb. 5. Das Praxinoskop.

noskop jedes Phasenbild einen Spiegel; alle diese Spiegel S sind innerhalb des größeren Zylinders auf der Außenfläche eines kleineren angebracht und rotieren mit. Der Beobachter blickt in die Spiegel auf das Spiegelbild der Phasenbilder; hierbei wirken die einzelnen Spiegel gleichsam als Spalte. Das Praxinoskop hat aber noch eine ganz besondere Eigen-

schaft: jedes in der Spiegeltrummel S gespiegelte Phasenbild scheint im Raume dauernd ruhig zu stehen und wird allmählich in das nächste Phasenbild verwandelt. Somit ist das Praxinoskop der Urtyp der modernen Kinematographenapparate mit „optisch stationär“ gemachter kontinuierlicher Bildbandbewegung (vgl. S. 40ff.). — Das Praxinoskop wurde 1877 von Reynaud erfunden.

Beim Lebensrad und dem Mutoskop können immer nur eine oder jedenfalls nur sehr wenige Personen die Erscheinung des lebenden Bildes beobachten, bei der Wundertrommel und dem Praxinoskop schon eine größere Anzahl, aber von einem ganzen Auditorium würde die Erscheinung jedoch noch nicht zu gleicher Zeit beobachtet werden können. Man ist daher frühzeitig auf den Gedanken gekommen, das lebende Bild als Lichtbild einer größeren Versammlung sichtbar zu machen. Der erste Versuch dieser Art rührt von S. v. Uchatius her, der schon im Jahre 1845 das verbesserte Lebensrad Stampfers mit dem Projektionsapparat kombiniert haben soll, wie es nachstehende Abb. 6 darstellt. Hierin sind *a* die Scheibe mit den transparenten Phasenbildern, *b* die Scheibe mit den Spalten; beide Scheiben sind auf einer gemeinsamen Achse befestigt, die durch die Kurbel *E* in Umdrehung versetzt werden kann. Die Linse *B* sammelt die Strahlen einer Lichtquelle und leitet sie durch die Scheiben nach dem Objektiv, das von den einzelnen Phasenbildern, die rasch nacheinander in die Bildebene *a* des Objektivs treten, ein nunmehr lebendes Lichtbild auf dem Projektionsschirm *G* entwirft. v. Uchatius verbesserte später seinen Apparat erheblich, der natürlich zunächst, der Natur des Lebensrades entsprechend, noch ungenügende Schärfe der Bilder gab. Recht gute Resultate wurden den fer-

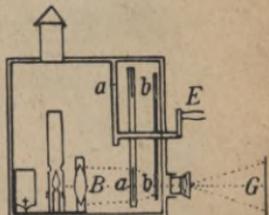


Abb. 6. Der erste Apparat zur Erzeugung lebender Lichtbilder.

ner mit dem oben genannten Praxinoskop erzielt (Abb. 5), das man mit dem Projektionsapparat verband. Hierbei mußten die Phasenbilder ebenfalls transparent sein; sodann wur-

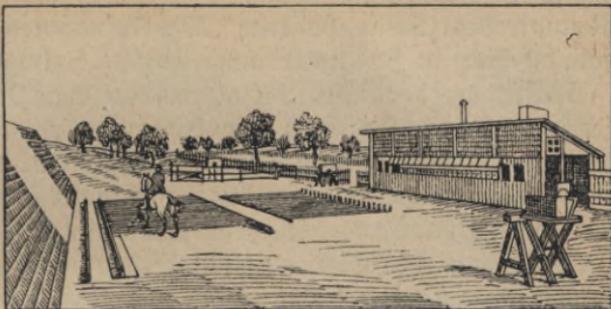


Abb. 7. Der erste kinematographische Aufnahmeapparat: Muybridges Vorrichtung zur Aufnahme von Serienbildern.

den mit der Sammellinse *K* die Lichtstrahlen durch die Phasenbilder *B* auf die Spiegel *S* geleitet, von wo sie nach dem Projektionsobjektiv *O* reflektiert wurden, welches dann auf der Projektionswand das lebende Bild erzeugte.

Bei allen bisher beschriebenen Apparaten wurden zunächst natürlich die Phasenbilder gezeichnet. Auf diese Weise konnten nur ziemlich primitive, wenig lebenswahre Wirkungen erzielt werden. Erst die Momentphotographie brachte hier Abhilfe.

Der erste, welcher sich der Momentphotographie mit gutem Erfolg zur Erzeugung der Wirklichkeit entsprechender Bilder bediente, war der amerikanische Amateurphotograph Muybridge, der sich seit 1877 mit diesem Problem beschäftigte. In der Hauptsache studierte er die Fortbewegung der Tiere. Seine Versuchsanordnung ist in Abb. 7 skizziert. In einem besonders zu diesem Zweck errichteten Gebäude waren bis gegen 30 photographische Kammern nebeneinander gestellt, deren Objektive alle gegen eine weiße Wand gerichtet wurden, von der sich dann auf den einzelnen Aufnahmen die Bilder wie Silhouetten scharf abhoben. Zwischen der Wand und dem Gebäude waren Säden gespannt, die nach elektrischen Kontakten führten. Beim Berühren jedes dieser Säden wurde ein solcher Kontakt geöffnet oder geschlossen, wodurch mittels eines Elektromagneten jedesmal der Momentverschluß eines Objektivs geöffnet wurde, und zwar immer derjenigen Kammer, in deren „Schußlinie“ sich der berührte Saden befand. Muybridge ließ nun Pferde über die Bahn galoppieren, wodurch ein Apparat nach dem anderen in Tätigkeit gesetzt wurde. Das Endergebnis war dann eine „Serienaufnahme“, wie sie z. B. nachstehende Abb. 8 zeigt. Es ist das eine Aufnahme des seinerzeit berühmten

Rennpferdes „Sallie Gardner“. Die Aufnahmen erfolgten hier in Zwischenräumen von $\frac{1}{25}$ Sekunden.

Später wurde dieses Verfahren von dem Deutschen Ottomar Anschütz dadurch wesentlich verbessert, daß sogenannte „Schlitzverschlüsse“ zur Anwendung kamen, die eine gute Ausnutzung des Lichtes und kurze Expositionszeiten gestatten. Infolgedessen sind die von Anschütz erzielten Bilder meist viel detailreicher als die von Muybridge. Abb. 9 zeigt einen Teil einer Serienaufnahme von Anschütz. O. Anschütz war der erste, der in Deutschland lebende Photographien herstellte (im Jahre 1885), und seine Aufnahmen sind in künstlerischer Beziehung auch heute noch kaum übertroffen worden; sie können als klassisch in ihrer Art gelten.

Die von Muybridge und Anschütz hergestellten Serienaufnahmen haben jedoch noch einen großen Fehler: es konnten nur in Fortbewegung begriffene Gegenstände aufgenommen werden, und ferner war die Anzahl der Aufnahmen eine recht beschränkte. Auch erhielt das „lebende Bild“ in einem der oben beschriebenen Betrachtungsapparate dadurch etwas Unnatürliches, daß der Aufnahmeapparat mit dem Objekt gewandert war: es bewegte sich gar nicht von der Stelle. Erst dem französischen Physiologen M. Marey gelang es, diese Fehler zu beseitigen. Marey kann als Begründer der modernen Kinetographie gelten, und seine Verdienste auf diesem Gebiete sind ganz außerordentlich hohe. Wir werden später noch einmal auf seine Untersuchungen zurückkommen. Seine Studien beginnen im Jahre 1870. Das erste Instrument, mit dem er bereits hervorragende Erfolge erzielte, war die photographische Glinte. Die Anregung hierzu erhielt er durch den Astronomen Janssen, der im Jahre 1874 bei einer Expedition nach Japan den Vorübergang der Venus vor der Sonne mit Hilfe seines „photographischen Revolvers“



Abb 8. Eine Serienaufnahme von Muybridge.



Abb. 9. Eine Serienaufnahme von O. Anshütz.

aufnahm. Dieser Apparat gab in 72 Sekunden 48 Aufnahmen, die auf einer ruckweise bewegten kreisförmigen Platte her gestellt waren. Die ruckweise Bewegung geschah mittels des sogenannten Malteser kreuzrades, worauf wir später im technischen Teil dieses Buches näher eingehen werden. Diesen Bewegungsmechanismus und die kreisförmige photographische Platte setzte Marey an Stelle des Schlosses in den Schaft einer Glinte ein, in deren Laufmündung vorn sich das ziemlich langbrennweitige Objektiv befand. Wurde der Drücker oder „Abzug“ der Glinte in Bewegung gesetzt, so brachte ein Uhrwerk den Bewegungsmechanismus der Platte in Tätigkeit, wodurch in der Sekunde 12 Aufnahmen auf der Platte entstanden. Die Abb. 10 zeigt eine Mareysche Glinte im Gebrauch, während Abb. 11 eine Platte mit einer Serienaufnahme daraus darstellt; es ist hier der Flug einer Möve abgebildet. Marey studierte nämlich zunächst den Vogelflug. Diese photographische Glinte war insofern eine Verbesserung der bisherigen Apparate, als hier in einfacher Weise mit einem einzigen Apparate gearbeitet wurde. Doch die Bilder selbst waren nicht besser als die des Amerikaners Muybridge, sie zeigten noch wenig „Detail“, auch war die Bilderzahl noch eine beschränkte. Aber Marey gelang es, auch diese Mängel zu beseitigen. Er verwendete lange, biegsame Bänder aus



Abb. 10 Mareys photographische Glinte.

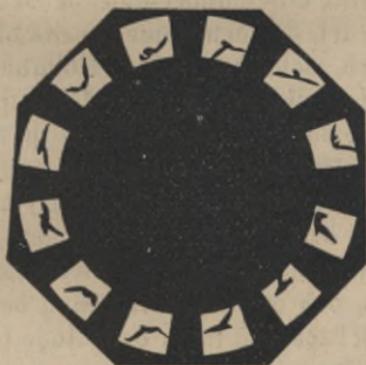


Abb. 11. Eine Serienaufnahme, hergestellt mit der photographischen Glinte.

Papier, auf denen die lichtempfindliche Schicht aufgebracht war, zur Aufnahme an Stelle der photographischen Glasplatte. Dieses Band war zu einer Rolle aufgewickelt und wurde von die-

12 1. Das Prinzip u. d. Wirkungsweise d. kinematographischen Apparate usw.

ser durch einen Mechanismus ruckweise ab- und auf eine andere Rolle aufgewickelt. Zwischen den beiden Rollen wurde das Band durch das Objektiv belichtet, das während der Bewegung des Bandes jedesmal durch eine rotierende Blende geschlossen wurde. Dieser erste kinematographische Filmapparat entstand im Jahre 1888; die damit erzielten Resultate waren sehr gut, denn nun konnte ja Marey auch lichtstarke Objektive verwenden. So erzielte Marey mit einem einzigen Apparat viel mehr und mindestens ebenso gute Bilder, denn die Anzahl seiner Bilder war ja nun nur noch von der Länge des Filmbandes abhängig.

Später wurde die Mareysche Konstruktion von anderer Seite weiter verbessert. So führte 1889 W. Friese-Gr een den Zelluloidfilm ein, der ja auch heute noch in der Kinematographie üblich ist. Freilich war damals die Qualität dieser Films noch sehr mangelhaft, aber das Zelluloid war doch infolge seiner Transparenz und größeren Haltbarkeit weit besser als Papier für kinematographische Zwecke geeignet.

Seit dieser Zeit datiert die Begründung einer kinematographischen Industrie, die sogleich einen fast explosionsartigen Aufschwung nahm. Näheres hierüber werden wir noch in einem späteren Abschnitt hören.

Nachdem wir uns soeben über die Konstruktion der ältesten und einfachsten kinematographischen Apparate einigermaßen orientiert haben, können wir bezüglich des ihnen zugrunde liegenden Prinzips und über ihre Wirkungsweise folgendes feststellen: es wird dem Auge eine Reihe oder „Serie“ von Bildern dargeboten, die von ein und demselben Objekt zeitlich aufeinanderfolgende Bewegungsphasen darstellen, und zwar derart, daß dem Auge jeweils nur ein einziges Phasenbild exponiert wird, wobei der zeitliche Abstand je zweier Phasenbilder gleich dem Zeitintervall der in Wirklichkeit aufeinanderfolgenden Bewegungsphasen gewählt wird. Letzteres ist nicht zum Eintritt des „stroboskopischen“ Effekts (so heißt die Gruppe der Gesichtstäuschungen, zu denen die Kinematographie gehört) nötig, es unterstützt ihn nur, indem es die dargestellten Bewegungen natürlicher erscheinen läßt. Dagegen ist zum Eintritt des stroboskopischen Effekts unbedingt erforderlich, daß die Eigenbewegung der Bildserie, die ja am Auge vorbeigeführt werden muß, dem Auge selbst verdeckt oder unmerklich gemacht ist.

II. Über die psychologischen und physiologischen Grundlagen der Kinematographie.

Es ist nun die Frage zu beantworten: Wie können die im vorigen Kapitel besprochenen Apparate jene Gesichtstäuschung, die wir stroboskopischen Effekt nannten, hervorrufen? Die Antwort hierauf wird durch den einfachen experimentellen Tatbestand gegeben: alle jene stroboskopischen Apparate lassen statt mehrerer nacheinander dargebotenen Bilder eines Gegenstandes ein einziges Bild dieses Gegenstandes, das im Regelfall bewegt ist, in Erscheinung treten. Der stroboskopische Effekt besteht also darin, daß die einzelnen Bilder in unserer Wahrnehmung identifiziert werden. Dann und nur dann, wenn solche „Identitätstäuschungen“ der Wahrnehmung vorliegen, kann von stroboskopischen (und also auch von kinematographischen) Erscheinungen die Rede sein. Eine weitere Vertiefung unserer Einsicht in das Wesen dieser Gesichtstäuschungen (beispielsweise gibt ja nicht jede vorgeführte Bilderreihe eines Gegenstandes ein Bild desselben) gewinnen wir durch die Betrachtung einiger Experimente, die den stroboskopischen Effekt in einfachster und damit lehrreichster Form zeigen. Wir benutzen dazu das von Paul S. Linke¹⁾ ([11] S. 269ff.)²⁾ angegebene „Tautoskop“.

Das Prinzip dieses Apparates besteht in der abwechselnden Projektion zweier mehr oder weniger ähnlicher Bilder auf den Schirm derart, daß die beiden Bildausschnitte zu ungefährer Deckung kommen. Eine einfache Anordnung des Tautoskops besteht in der Nebeneinanderanstellung zweier gleicher Projektionsapparate, die so zueinander orientiert werden, daß sie auf dem Schirm das gleiche Feld auszeichnen. Je zwei zusammengehörige Diapositive, die z. B. die nebeneinander stehenden Figuren als helle Linien bzw. Flächen auf dunklem Grunde tragen, werden in die beiden Projektionsapparate eingesetzt und durch diese nacheinander in angemessenen Zwischenräumen auf die gleiche Stelle des Schirmes projiziert.

Bei Abb. 12 sieht man statt der tatsächlich vorliegen-



Abb. 12. Diapositivebilder zum „Tautoskopversuch“.

1) Linke hat als erster den hier vorgetragenen Sachverhalt der kinematographischen Gesichtstäuschungen klargestellt.

2) Die in eckigen Klammern stehenden Ziffern verweisen auf die gleichen Nummern des Verzeichnisses der Bücher und Schriften S. 103—104.

den zwei Figuren nur eine einzige, die sich in deutlicher Bewegung befindet: einen Winkel, der zu einer Linie zusammen- und (bei entsprechender Fortsetzung des Versuchs) wieder zum Winkel auseinanderklappt. Die Projektionen der beiden Wellenlinien der Abb. 13 erzeugen

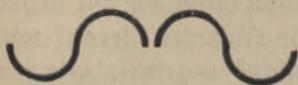


Abb. 13. Diapositivbilder zum „Tautostopversuch“.

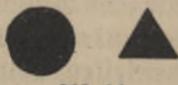


Abb. 14. Diapositivbilder zum „Tautostopversuch“.

den Eindruck der Drehung einer Wellenlinie um eine horizontale Achse aus der Bildebene heraus.

Auch einander weniger ähnliche Figuren können den Schein einer Bewegung erwecken. So zeigen die Projektionen von Abb. 14, wie die Seiten des Dreiecks sich kontinuierlich umbiegen, bis sie einen Kreis bilden, und umgekehrt. Ebenso kann man etwa einen Apfel sich in eine Birne verwandeln, d. h. in eine solche gleichsam hineinwachsen sehen.

Die angeführten Experimente zeigen also, daß bereits zwei Bilder ausreichen, um die Identifikation und damit den stroboskopischen Effekt zu erzeugen. Sollen diese zwei Bilder nicht als einzeln und getrennt wahrgenommen werden (sonst wäre selbstverständlich die Identifikation aufgehoben), so müssen die Bilder einmal, besonders in ihren räumlichen Eigenschaften (d. h. in Gestalt und Lage), genügend ähnlich sein, vor allem aber so schnell aufeinanderfolgen, daß sie dem Bewußtsein ein „jetzt“ vorliegendes zusammengehöriges Ganze etwa in demselben Sinne sind, in welchem dies von den einzelnen aufeinanderfolgenden Lauten eines gesprochenen Wortes oder von den Tönen einer Melodie gesagt werden kann. In diesem Sachverhalt ist weiter enthalten, daß die Bewegung (ähnlich wie beispielsweise die des Sekundenzeigers einer Taschenuhr) unmittelbar wahrgenommen und nicht (wie die des Stundenzeigers) bloß auf Grund von reproduktiven Erinnerungen erschlossen wird. Die eigentlichen kinematographischen Apparate unterscheiden sich hinsichtlich der Erzeugung des stroboskopischen Effekts, abgesehen von der größeren Bilderzahl, im Prinzip nicht von der hier beschriebenen Einrichtung.

Selbstverständlich braucht nicht bei jeder stroboskopischen Gesichtstäuschung Bewegung gesehen zu werden. Nehmen wir einmal den Sonderfall an, daß immer völlig gleichartige Bilder durch ein Tautostop oder auch einen Kinovorführungsapparat an dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes pausenlos projiziert werden. Es ist klar, daß dann gar nicht eine Mehrheit von Bildern bemerkt werden kann. Durch

diesen Eindruck eines möglichst pausenlosen Übergangs ist eben die Identifikation und damit der stroboskopische Effekt bedingt. Ein Beispiel hierfür sind die bekannten, bei kinematographischen Vorführungen den einzelnen Szenen vorangehenden, ruhenden Titelüberschriften, die durch genügend schnell aufeinanderfolgende Projektionen einer großen Zahl unter sich völlig gleichartiger Filmbilder dieser Überschriften zustande kommen. Sind aber die durch einen stroboskopischen Apparat dargebotenen Bilder in ihren räumlichen Eigenschaften mehr oder weniger verschieden, so bleibt die Identifizierung noch weiter bestehen, die räumliche Verschiedenheit aber kommt (auf Grund „assimilativer Wahrnehmung“ nach Linke) als Bewegung zum Vorschein. Es sei noch betont, daß der Eindruck des pausenlosen Übergangs rein psychologisch aufzufassen ist. Die veraltete Annahme, daß zu seiner (und damit des stroboskopischen Effekts) Herbeiführung die sogenannte Nachbildwirkung, genauer die Verschmelzung der zugehörigen Netzhautreize notwendig sei wird im folgenden noch widerlegt werden.

Wird ein Lichtreiz, der auf das Auge einwirkt, plötzlich unterbrochen, so erlischt nicht mit ihm zugleich auch die Empfindung, sondern bleibt noch eine längere oder kürzere Zeit bestehen, und zwar nimmt sie vom Augenblick der Reizunterbrechung an allmählich oder rasch, je nach den Verhältnissen, bis zur Unmerklichkeit ab. Man bezeichnet diese Erscheinung als Nachdauer der Empfindung oder als Nachbildwirkung. Demnach wird das Bild bei den stroboskopischen Apparaten auch dann noch gesehen, wenn es zum Zweck seiner unmerklichen Weiterbewegung bereits verdeckt ist. Hieraus erhellt ohne weiteres, daß die durch den stroboskopischen Bildwechsel entstehenden Helligkeitsschwankungen, welche man als „Flimmern“ bezeichnet, infolge der Nachdauer der Empfindung gemildert werden müssen. Sorgt man nun dafür, daß der Bildwechsel rasch genug erfolgt, so wird man schließlich eine Geschwindigkeit erreichen, bei welcher die diskontinuierliche Bildfolge in eine kontinuierliche verwandelt wird, die Helligkeitsschwankungen werden unmerklich, und das Flimmern, welches auf viele Augen äußerst unangenehm und schmerzhaft einwirkt, verschwindet vollkommen. In diesem Moment tritt die sogenannte Verschmelzung ein, und die Anzahl der hierzu nötigen Bildwechsel pro Sekunde nennt man die „Verschmelzungsfrequenz“, welche uns weiter unten noch beschäftigen wird.

Nun hat aber Linke durch einwandfreie Experimente nachgewiesen, daß auch ohne Reizverschmelzung der stroboskopische Effekt, wofern die Voraussetzungen seines Eintretens erfüllt sind, zustande kommt. Bei den oben beschriebenen Versuchen mit dem Tautoskop wird nämlich der Eindruck der Identität und der Bewegung in nichts gestört, wenn das Sehen der ersten und der zweiten Phasenfigur nicht unmittelbar aneinander anschließt, sondern beide Gesichtswahrnehmungen durch eine zwar kurze, aber immerhin merkliche Zwischenzeit getrennt sind, in der nichts (richtiger: ein dunkler, über das Bildfeld hinweggleitender Schatten) sichtbar ist. Damit ist also in der Tat gezeigt, daß der stroboskopische Effekt nichts Wesentliches mit der Reizverschmelzung zu tun hat. Es wird hier auch noch deutlicher, was unter dem „pausenlosen Übergang“, von dem wir oben sprachen, zu verstehen ist: eine Pause kommt dann als solche psychologisch nicht in Betracht, wenn sie kleiner ist als jene kurze Zeitspanne, die das jeweils unmittelbar wahrgenommene „Jetzt“ ausmacht, und die daher, wenn auch merkbar, sich nicht aufdrängt.

Wir besprechen zunächst ein paar einfache Beispiele für die Nachbildwirkung. Nehmen wir ein Stück glimmendes Holz und bewegen

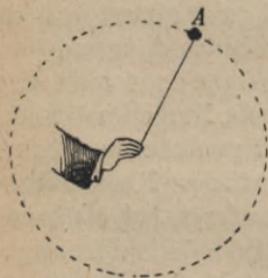


Abb 15. Nachbildwirkung eines glühenden Körpers.

es im Dunkeln im Kreise herum, etwa indem wir es an einer Schnur befestigen (Abb. 15)! Zunächst bemerken wir hierbei, daß die in der Ruhstellung als leuchtender Punkt erscheinende glühende Kohle während der Bewegung zur Linie wird. Dieser Kreisbogen wird immer länger und länger, je rascher die Umdrehung erfolgt, und es gibt schließlich eine Geschwindigkeit, bei der die beiden Enden des Kreisbogens sich berühren und der Kreis geschlossen ist. Dieser Fall tritt ein, wenn eine Umlaufszeit der Kohle etwa $\frac{1}{8}$ Sekunde beträgt. Das einfache Experiment lehrt uns also, daß das Nachbild des Objekts an einer Stelle A genau so lange dauert, als die glühende Kohle zu einer Umdrehung braucht, nämlich in unserem Falle $\frac{1}{8}$ Sekunde.

Auch die Wirkung der Wunderscheibe oder des Chaumatropes ist ein bloßes Nachbildphänomen. Das Chaumatrop wurde etwa im Jahre 1825 erfunden. Es besteht aus einer Scheibe, auf deren Seiten die zu vereinigenden Gegenstände dargestellt sind, z. B. Reiter und

Pferd, oder Vogel und Käfig (Abb. 16). Mittels eines Fadens wird die Scheibe in rasche Rotation versetzt, wodurch die oben beschriebene Illusion hervorgebracht wird, d. h. für unser Beispiel: der Vogel scheint im Käfig zu sitzen.

Die soeben erwähnten Erscheinungen beruhen also, wie gesagt, lediglich auf Nachbildwirkungen und haben mit der Kinematographie im Grunde nichts zu tun, da sie keine stroboskopischen Erscheinungen sind.

Ist auch der stroboskopische Effekt ohne jede Nachbildwirkung möglich, so spielt diese dennoch bei vielen stroboskopischen Apparaten eine wichtige Rolle. Das tritt hauptsächlich zutage bei einer besonderen Art der vollkommeneren stroboskopischen Apparate, bei welchen eine größere Reihe von Bewegungsphasen durch das Lichtbild zur Darstellung kommt, nämlich bei den kinematographischen Apparaten mit rudweise bewegtem Filmband, wie sie jetzt allgemein verbreitet sind. Aus letzterem Grund ist auch ein näheres Eingehen auf diese Frage von einiger Wichtigkeit.

Es war oben gesagt worden, daß infolge dauernden Bildwechsels oder vielmehr infolge der dadurch hervorgerufenen Helligkeitsschwankungen das Auge ein „Glimmern“ wahrnimmt, das für empfindliche Augen sehr unangenehm wirken kann. Es kann das so weit gehen, daß bei Vorführungen von Serienbildern durch Kinematographenapparate ungenügender Konstruktion besonders empfindliche Personen von Schwindel und Ohnmacht befallen werden.

Schon diese Tatsache läßt erkennen, daß eine Beseitigung oder Milderung des Glimmerns durch den Verschmelzungsvorgang für die Praxis der stroboskopischen Erscheinungen möglichst anzustreben ist. In welcher Weise dies geschieht, ersehen wir am besten aus den wichtigsten Gesetzen, welche das Studium des Verschmelzungsvorganges ergeben hat, und die wir im folgenden kurz behandeln wollen.

Zur Bestimmung der „zeitlichen Unterscheidungsfähigkeit“ für dauernder Reize“ hat man die „Verschmelzungsfrequenz“ zu ermitteln, d. h. die zur Erzielung eines ganz stetigen Eindrucks oder zum Aufhören des Glimmerns erforderliche Frequenz des Lichtwechsels pro Sekunde. Es geschieht das in der Weise, daß man periodisch wechselnde Lichtreize auf das Sehorgan einwirken läßt, z. B. intermittierende Lichter, wie sie von einer rotierenden Scheibe, die zur

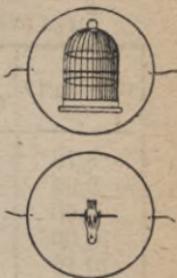


Abb. 16. Das Thaumatrope oder die Wunderscheibe.

Zusammenstellung 1.

$10 + \log^{10} \mathcal{F}$	\mathcal{F} in engl. Meterkerzen	Ver- schmelzungs- frequenz n
8,78	0,06	17,75
9,04	0,11	18,08
9,40	0,25	18,50
10,00	1,00	25,08
10,19	1,56	28,00
10,44	2,78	32,00
10,60	4,00	33,50
10,80	6,25	35,50
11,40	25	42,66
12,00	100	50,83
12,25	177,78	55,08
12,60	400	56,42
13,20	1600	65,0
13,81	6400	71,0

Hälfte schwarz, zur Hälfte weiß ist, hervorgebracht werden.

Die Verschmelzungsfrequenz ist abhängig von einer ganzen Reihe von Faktoren¹⁾, deren wichtigste hier besprochen werden sollen. In erster Linie kommt die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz von der Intensität des intermittierenden Lichtes in Betracht. Es zeigt sich, daß die Verschmelzungsfrequenz mit wachsender Lichtstärke zunimmt. Je größer also die Intensität des Lichtes ist, welches bei den stroboskopischen Apparaten die Bilder beleuchtet, um so schneller müssen die Bilder wechseln,

damit die Empfindung eine kontinuierliche bleibt. Den zahlenmäßigen Zusammenhang gibt die Zusammenstellung 1, deren Werte von Lehmann auf Grund von Versuchen von T. C. Porter, der übrigens auch eine mathematische Beziehung zwischen Lichtstärke und Verschmelzungsfrequenz aufgestellt hat, berechnet sind.

Stellt man den Zusammenhang graphisch dar, so erhält man zwei gerade Linien, die unter einem scharfen Knick aneinanderstoßen (Abb. 17); an dieser Stelle besitzt also die Kurve von n eine Unstetigkeit, und zwar entspricht der eine Ast der Kurve den geringsten Intensitäten bis zu einer Beleuchtungsstärke von etwa $\frac{1}{4}$ Meterkerze, während der andere Ast von da ab bis zu den höchsten Intensitäten gilt. Dieser Knick erklärt sich nach v. Kries aus der Tatsache, daß der zum Sehen bei geringer Helligkeit benutzte Apparat der Netzhaut, die Stäbchen, eine erheblich kleinere zeitliche Unterscheidungsfähigkeit besitzt als der bei größerer Helligkeit in Tätigkeit tretende Apparat der Zapfen.

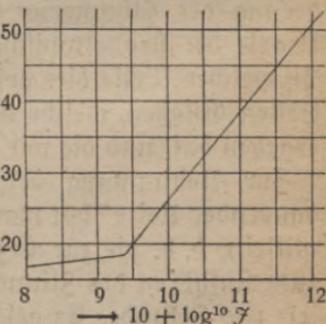


Abb. 17. Die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz n von der Beleuchtungsstärke \mathcal{F} .

1) Die hier folgenden physiologischen Auseinandersetzungen finden sich größtenteils in [14].

Für die Praxis der stroboskopischen Apparate können wir also aus vorstehender Kurve ersehen, wieviel Bildwechsel in der Sekunde erfolgen müssen, um eine Verschmelzung der einzelnen Empfindungen zu einer kontinuierlichen zu erhalten. Der niedrigste überhaupt beobachtete Wert ist etwa 10 (in unserer Zusammenstellung nicht mit erhalten) und der höchste etwa 70; innerhalb dieses Intervalls muß also auch die für die Kinematographenapparate nötige Verschmelzungsfrequenz liegen. Um aber letztere Zahl zu ermitteln, ist die Kenntnis der am Bildorte, d. h. auf dem Projektionsschirm herrschenden Beleuchtungsstärke erforderlich.

Lehmann hat die Beleuchtungsstärke, welche bei der üblichen Anordnung der Kinematographenapparate auf dem Schirm herrscht, bei verschiedener Lichtstärke und Vergrößerung gemessen. Die erhaltenen Werte stehen in der folgenden Zusammenstellung 2.

Zusammenstellung 2.

Bildformat: 18×24 qmm.

Kohlendurchmesser: 20/25 mm.

Vergrößerung	Stromstärke in Ampère	Beleuchtungsstärke in Meterkerzen	<i>n</i> (berechnet)
224fach Bildgröße: $5,38 \times 4,03$ qm	30	31	44,3
	35	36	45,1
	43	45	46,2
	52	61	47,8
151fach Bildgröße: $3,62 \times 2,72$ qm	30	77	49,1
	40	113	51,1
	48	176	53,4
	55	194	53,9

Hierbei wurde die 224fache (lineare) Vergrößerung mit dem Spezialobjektiv für Kinematographie, dem lichtstarken Tessar 1:3, 5, $f = 50$ mm der Firma Karl Zeiß in Jena, und die 150fache Vergrößerung mit dem Tessar 1:3, 5, $f = 75$ mm erreicht. Das 224fach vergrößerte Bild bedeckt eine Fläche von rund 22 Quadratmetern und dürfte schon ziemlich hohen Anforderungen genügen. Die nach hygienischen Grundsätzen normale Beleuchtungsstärke von 50 Meterkerzen wird nach der Zusammenstellung bei etwa 45 Ampère Stromstärke erreicht; hierfür ergibt sich die Verschmelzungsfrequenz 46,8. Bei der schwächeren Vergrößerung dagegen wird dieser normale Fall schon bei etwa 25 Ampère erreicht.

Mit der Stromstärke steigt dann die Beleuchtungsstärke ziemlich rasch, die zugehörigen Verschmelzungsfrequenzen nehmen aber viel langsamer zu, so daß bei der für einen dauernden Betrieb für das Auge schon fast zu hohen Beleuchtungsstärke von etwa 200 Meterkerzen die Verschmelzungsfrequenz immer erst den Wert 54 annimmt. Die geringste bei der Kinematographie noch zulässige Beleuchtungsstärke wird ungefähr bei 10 Meterkerzen liegen; hierfür ergibt sich die Verschmelzungsfrequenz 38.

Es liegen somit die für die Praxis in Betracht kommenden Werte für die Verschmelzungsfrequenz in dem Intervall von 38—54.

Es drängt sich nun die Frage auf, inwieweit erfüllen die bestehenden Konstruktionen von Kinematographenapparaten diese Forderung, d. h. liegt die Bildwechselfrequenz innerhalb des erwähnten Intervalles? Im allgemeinen ist das nicht der Fall; bei den meisten Konstruktionen liegt die Bildfrequenz etwa zwischen 15 und 25 pro Sekunde. Apparate mit größerer Frequenz, etwa bis 50 pro Sekunde, sind noch wenig verbreitet; ihre Konstruktion ist optisch und mechanisch mit Schwierigkeit verknüpft. Wir kommen später hierauf zurück.

Oft hat man sich auch so geholfen, daß man zwei synchron laufende Apparate auf den Schirm richtet und nun wechselweise die Bilder zweier identischer Films projiziert. Auf diese Weise erreicht man zwar eine Verdoppelung der Frequenz, aber auch dieses Verfahren ist, wie wohl einleuchtet, nicht ohne Schwierigkeit und auch kostspielig. Daß aber in der Tat moderne Kinematographenapparate besserer Konstruktion selbst bei geringer Bildwechselfrequenz, z. B. 15 pro Sekunde, flimmerlos arbeiten können, liegt daran, daß die Verschmelzungsfrequenz noch von anderen Faktoren als der Bildfrequenz und der Intensität abhängig ist. Einige von diesen Faktoren wollen wir im folgenden kennen lernen. Es ist z. B. nicht gleichgültig, ob das Auge des Beobachters „dunkel adaptiert“ ist oder nicht, d. h. die Verschmelzung wird durch den Adaptationszustand beeinflusst. Es ist bekannt, daß man nach Verweilen in hellerleuchteten Räumen beim plötzlichen Eintritt in sehr schwach erleuchtete zunächst nichts sieht und sich erst nach und nach an das Dunkel gewöhnt, so daß man nunmehr nicht zu kleine Objekte sehr wohl wahrnehmen kann; diesen durch längeres Verweilen im Dunkel herbeigeführten Zustand des Auges nennt man Dunkeladaptation. Trotz ziemlich starker individueller Verschiedenheiten

bei Einzelpersonen kann man doch feststellen, daß das Auge praktisch fast vollkommen dunkel adaptiert ist, wenn es sich etwa 20 Minuten im Dunkel befunden hat. Bei höheren Lichtstärken, und nur solche kommen für die kinematographische Projektion in Frage, ist nachgewiesen worden, daß durch die Dunkeladaptation die Verschmelzungsfrequenz herabgesetzt wird, d. h. das Flimmern der vom Kinematographen auf den Schirm geworfenen Bilder wird geringer, je besser der Raum, in dem die Vorführung stattfindet, verdunkelt ist.

Man hat die kinematographischen Projektionen auch in hellem Raume vorgeführt, natürlich unter Zuhilfenahme gewisser Vorrichtungen, die eine solche Maßnahme gestatten, worauf wir später bei der Besprechung der Projektionschirme noch einmal kurz zurückkommen werden. Wenn auch Gründe für eine Beleuchtung der Räume vorliegen, so sollte man doch lieber bei den meisten kinematographischen Apparaten davon absehen; denn solange diese nicht völlig imstande sind, die zur Verschmelzung nötige Frequenz zu geben, ist es besser, alles zu tun, um das Flimmern möglichst zu verringern. Ebenfalls eine Verminderung des Flimmerns sucht man durch folgende Konstruktion der rotierenden Blende zu erreichen, die den jeweiligen Bildtransport zu verdeden hat: durch Anbringen von kleinen Öffnungen in der Blendenscheibe wird erzielt, daß der Projektionschirm niemals dunkel erscheint, ohne daß jedoch die Bildbewegung selbst sichtbar wird. Man erreicht hierdurch ein Abnehmen des Betrages der Lichtschwankung, welche durch das Wechseln der Bilder erzeugt wird. Nun haben aber die Versuche gezeigt, daß die Verschmelzung durch den abnehmenden Betrag der Schwankung bei konstanter oder nahezu konstanter mittlerer Intensität begünstigt wird; es wird also durch die beschriebene Blendekonstruktion das Flimmern vermindert. Die mittlere Intensität wird hierbei nur unwesentlich erhöht. Natürlich könnte man das gleiche Resultat auch dadurch erreichen, daß man den Schirm durch eine vom Kinematographenapparat getrennte, aber mit ihm synchron laufende Vorrichtung intermittierend beleuchtet. Hierbei wird offenbar das beste Resultat eintreten, wenn die durch beide Apparate erzeugten Gesamtbeleuchtungsstärken einander gleich sind, d. h. die Beleuchtungsstärken, welche in Summa über das ganze Bild herrschen. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch ein Verblässen oder Sclauwerden der Bilder durch falsches Licht, d. h. solches Licht, das nicht zur Abbildung mit beiträgt und daher störend wirkt. In gleicher Weise

nimmt die Verschmelzungsfrequenz ab, wenn bei Konstanterhaltung des Umfanges oder Betrages der Schwankung die mittlere Intensität steigt, wenn also z. B. erst Lichter von den Stärken 0 und 100, dann 500 und 600, dann 900 und 1000 wechseln.

In sehr bemerkenswerter Weise ist die Verschmelzungsfrequenz ferner von dem Verhältnis der Hellzeit zur Dunkelzeit abhängig, von dem sogenannten „Sektorenverhältnis“.

Diese Tatsachen sind dem Praktiker schon seit Jahren geläufig. Die Gebr. Lumière in Lyon waren wohl die ersten, welche durch eine Vergrößerung der Belichtungszeit gegenüber der dunkeln Pause das Flimmern zu vermindern suchten. Seitdem sind darin immer weitere Fortschritte gemacht worden. Wir werden im Abschnitt III bei der Besprechung der Konstruktionstypen die Mittel hierzu kennen lernen. Freilich sind brauchbare Resultate nur ganz allmählich auf dem mühsamen Wege der Empirie erzielt worden. In neuerer Zeit hat K. Marbe [12] die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz vom Sektorenverhältnis eingehend untersucht (mit Hilfe von rotierenden Blenden, bei denen das Verhältnis des sektorenförmigen Ausschnittes zum vollen Teil der Scheibe in verschiedener Weise gewählt wird, so daß das Verhältnis der Hellzeit zur Dunkelzeit verändert werden kann) und auch zahlenmäßig festgelegt. Es zeigt sich, daß die Verschmelzungsfrequenz für das Sektorenverhältnis 1:1 am größten wird, und sie nimmt ab, wenn das Sektorenverhältnis größer oder kleiner als 1 wird. Für die kinematographische Projektion wählt man es größer als 1, da man dabei gleichzeitig einen nicht unerheblichen Lichtgewinn erzielt. Das Vorgehen der Praxis ist durch diese Marbeschen Untersuchungen also auch exakt wissenschaftlich begründet. Man ist überhaupt heutzutage in der Lage, auf Grund der vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen über Verschmelzungsfrequenz die günstigsten Bedingungen für die Konstruktion des Bewegungsmechanismus, der „Seele“ des Kinematographenapparates zahlenmäßig zu ermitteln und zu prüfen, wieweit die Forderungen der Theorie praktisch ausführbar sind. Da diese wegen der beschränkten Festigkeitsgrenzen des Materials nicht ganz erfüllt werden können, mußte noch ein anderes Mittel zur Erreichung der erforderlichen Verschmelzungsfrequenz gefunden werden.

Der Praktiker hat sich nun dadurch geholfen, daß er nicht die Bildwechselfrequenz, sondern die Lichtwechselfrequenz vergrößert. Er

erzielt das einfach dadurch, daß er an der rotierenden Blendenscheibe, die bisher nur einen offenen und einen geschlossenen Sektor enthielt, welcher letzterer den Bildtransport verdeckt, innerhalb des offenen Sektors noch einen oder mehrere schmalere dunkle Sektoren anbrachte. Es leuchtet wohl ohne weiteres nach den früheren Erörterungen ein, daß hierdurch eine ähnliche Wirkung erzielt wird, als wenn die Bildwechselfrequenz vergrößert würde.

Freilich geschieht das auf Kosten der „mittleren Helligkeit“. Die auf Grund dieser Überlegungen konstruierten Blenden besitzen also eine Mehrzahl von geschlossenen Sektoren verschiedenster Größe. Der Versuch entscheidet dann leicht, welche

dieser Blenden unter sonst gleichen Umständen die günstigste ist, d. h. welche die kleinste Verschmelzungsfrequenz hat. So hat z. B. Scheibe A (Abb. 18), die dem Ernemannschen Modell entspricht, eine geringere Verschmelzungsfrequenz als Scheibe B, die einen Liesegangschen Typus darstellt. Doch ist bei letzterer dafür die mittlere Helligkeit etwa 7% höher, wie einfach aus der Addition der Winkelgrade für die hellen Sektoren folgt.¹⁾ Der größere geschlossene Sektor, der bei obigen Modellen je einen Winkel von über 90° umfaßt, dient zur Verdeckung des Bildtransports, der hier etwa den dritten Teil der Zeit beträgt, während der das Bild still steht.

Auf andere Faktoren, von denen die Verschmelzungsfrequenz noch abhängig ist, soll hier nicht eingegangen werden. Ihre Hinzuziehung ist nur ein Notbehelf, und die eigentlichen Konstruktionen der Apparate sind von ihnen unabhängig.

Alle bisher erwähnten Gesetze bezogen sich auf Beobachtungen mit weißem Licht. Zerlegt man dagegen dieses weiße Licht in sein Spektrum, und sucht man die Verschmelzungsfrequenz für die einzelnen

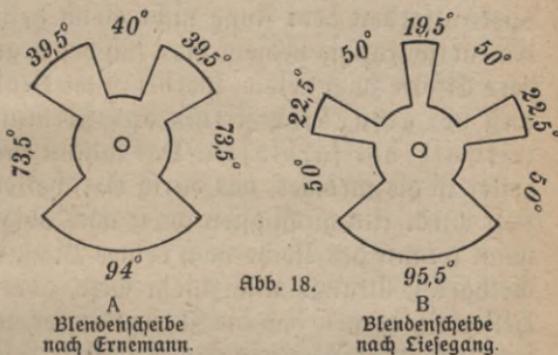


Abb. 18.

1) Es mag hier bemerkt werden, daß die Firma Liesegang diese vierteilige Blendenscheibe nur an einem kleineren Kinomodell und nur kurze Zeit ausgeführt hat und jetzt wieder durchweg die dreiteilige Blende verwendet.

Sarben, so erhält man nach dem Vorgang von T. C. Porter dieselbe Kurve, welche die relative Helligkeitsmessung der einzelnen Spektralfarben ergibt. Es zeigte sich nämlich, daß die größte Frequenz dem Gelb zukommt, während sie nach beiden Seiten, nach dem Rot und nach dem Violett zu, abnimmt. Der Grund für diese Erscheinung ist also lediglich die Tatsache, daß die Spektralfarben dem Auge nicht gleich hell erscheinen. Auch bei der Kinematographie bedient man sich heute gefärbter Films, um besondere Effekte zu erzielen. Hierbei ist die Beobachtung gemacht worden, daß bei gefärbten Films das Flimmern nicht so stark auftritt als bei farblosen. Das kommt eben daher, daß weißes Licht heller ist als farbiges, das durch Vorschalten eines Strahlenfilters erzielt wird. Am günstigsten wirkt nach obiger Darlegung Blauviolett, dann kommt der Reihe nach reines Blau, reines Grün, dunkles Rot, Gelbgrün, Orange und zuletzt Gelb, aber natürlich auf Kosten der Helligkeit, derart, daß die Farbe mit der geringeren Verschmelzungsfrequenz auch die geringere Helligkeit besitzt.

Im Anschluß an die soeben gegebene Behandlung der Gesetze über die Verschmelzung kurz dauernder optischer Reize möge hier die Darstellung eines ganz ähnlichen Phänomens Platz finden, welches in den meisten Fällen mit dem oben beschriebenen Flimmern verwechselt werden dürfte, und das aber im Gegensatz zu letzterer Erscheinung, die physiologischer Natur ist, einen rein optischen oder vielleicht besser mechanischen Charakter trägt.

Kommen relativ langsame Bewegungen zur Darstellung, wie z. B. eine gehende Person aus größerer Entfernung aufgenommen, und ist die Bildwechselfrequenz genügend hoch, so erhält man ganz den Eindruck einer kontinuierlichen Bewegung. Wenn sich dagegen z. B. Personen dicht vor dem Aufnahmeobjektiv vorbeibewegt haben, so tritt der Charakter der ruckweisen Bewegung auf. Sind dann diese Personen noch hell gekleidet oder vielmehr in einer Farbe gekleidet, die von der des Hintergrundes stark abweicht, so erweckt der Eindruck der scheinbar ruckweisen Bewegung, falls die Wechselfrequenz nicht genügend hoch ist, die unangenehme Empfindung des Flimmerns, die genau so wirkt wie die früher beschriebene. Bei genügend hoher Frequenz dagegen verschwinden zwar die unangenehmen Begleiterscheinungen des Flimmerns, aber die dargestellte Bewegung behält bei genügender Geschwindigkeit den diskontinuierlichen Charakter,

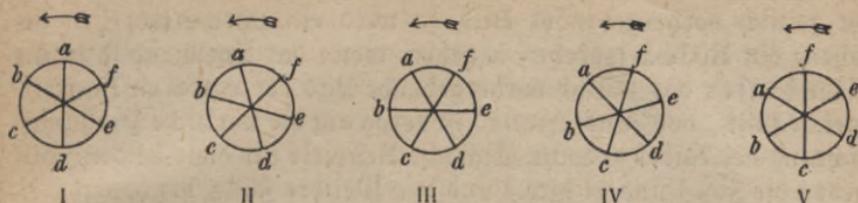


Abb. 19. Phasenaufnahmen eines rollenden Wagenrades.

d. h. das Bild des Gegenstandes wird während der Dauer des dargestellten Bewegungsvorganges zu gleicher Zeit vervielfacht gesehen. In einem solchen Falle kann der Eindruck der vorzutäuschenden Bewegung vollkommen verwischt werden, ja es kann sogar eine scheinbare Bewegung in entgegengesetzter Richtung gesehen werden.

Derartige Erscheinungen kann man daher als „Vor-täuschung falscher Bewegungen“ bezeichnen. Sie treten hauptsächlich bei der kinematographischen Synthese periodischer Bewegungen auf. Das bekannteste hierher gehörige Beispiel ist wohl die Erscheinung, die bisweilen bei der Darstellung fahrender Wagen auftritt. Hierbei sieht man öfters, daß die Räder scheinbar stillstehen oder schleifen oder sich sogar rückwärts drehen. Die Erklärung dieses auffallenden Phänomens ist sehr einfach: zwischen je zwei Aufnahmen in der kinematographischen Kammer hat sich das Rad um ein Stück weiter gedreht. Es kann nun der Fall eintreten, daß während dieser Zeit eine Speiche genau an die Stelle einer anderen getreten ist. Da nun alle Speichen des Rades dieselbe Form und Größe haben, so erscheint das Rad auf allen Teilbildern immer in derselben Bewegungsphase, d. h. es scheint stillzustehen. Einen solchen Fall stellen Fig. I und V in nebenstehender Abb. 19 dar.

Es kann ferner der Fall eintreten, daß zwischen je zwei Aufnahmen das Rad sich genau um den halben Abstand zweier Speichen dreht. In diesem Falle kann bei geringer Bildwechselfrequenz des Apparates ein Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen, oder ein Pendeln des Rades um seine Achse gesehen werden; diese Erscheinung ist subjektiv, es kann vom Willen des Beobachters abhängig gemacht werden, welche Bewegung gesehen werden soll. Bei größerer Bildwechselfrequenz jedoch scheint das Rad stillzustehen, aber es hat jetzt scheinbar die doppelte Anzahl von Speichen. Dieser Fall entspricht Fig. I und III. Fällt das Bild einer Speiche jedesmal in die Nähe und vor

ihr zeitlich vorhergehendes Bild, so wird ein Vorwärtsdrehen gesehen; ein Rückwärtsdrehen dagegen, wenn das Speichenbild in die Nähe hinter das zeitlich vorhergehende Bild der vorderen Nachbarspeiche fällt, „vor“ und „hinter“ in bezug auf die wirkliche Drehungsrichtung des Rades gedacht. Einfache Beispiele für diese beiden Fälle geben die Fig. I und II bzw. I und IV. Weitere Fälle, bei denen z. B. das Rad sich um mehr als einen Speichenwinkel gedreht hat, lassen sich in ähnlicher Weise leicht behandeln. Dieses merkwürdige Radphänomen zeigt in besonders klarer Weise, daß es sich bei den stroboskopischen Erscheinungen um Identitätstauschungen handelt. Denn die scheinbar rückläufige Bewegung, bzw. der Stillstand des Rades tritt nur deswegen ein, weil wir verschiedene Speichen, die ja alle ganz gleich aussehen, miteinander identifizieren, und zwar immer diejenigen, die einander am nächsten liegen, so daß das geschilderte Sehen von falschen oder richtigen Bewegungen im allgemeinen mit Zwangsläufigkeit erfolgt. Nur in Fällen einer Art labilen Gleichgewichts, wofür die Kombination von Fig. I und III ein Beispiel ist, kann diese Zwangsläufigkeit aufgehoben sein.

Von der früher beschriebenen „echten“ oder „eigentlichen“ Glimmererscheinung, die sich auf das ganze Bild als ruhende Fläche erstreckt, unterscheidet sich das zuletzt auf S. 24 beschriebene, am einfachsten als „unechtes“ Glimmern zu bezeichnende Phänomen zunächst dadurch, daß es sich nur auf die bildliche Darstellung von bewegten Objekten erstreckt. Während ferner das echte Glimmern auch bei geringer Wechselfrequenz durch eine geeignete Konstruktion des Kinematographenapparates vermieden werden kann, die einen kontinuierlichen Bildwechsel ermöglicht, derart, daß eine Lichtschwankung oder gar Verdunkelung des Projektionsbildschirmes überhaupt nicht mehr eintritt (derartige Konstruktionen sollen später beschrieben werden), ist dies bei dem unechten Glimmern nicht mehr möglich. Das unechte Glimmern kann nur durch Erhöhung der Wechselfrequenz vermieden werden.

Wenn die Wechselfrequenz genügend hoch ist, so erscheint also die vorgetäuschte Bewegung, die in natura eine kontinuierliche ist, auch im Bilde als kontinuierlich, und man kann in diesem Sinne auch beim unechten Glimmern von einer Verschmelzungsfrequenz sprechen, doch ist diese hier nur abhängig von der relativen oder Winkelgeschwindigkeit der darzustellenden Bewegung.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Kinematographie in natürlichen Farben. Von den verschiedenen Methoden der Projektion und Photographie in natürlichen Farben kommt nach dem heutigen Stand der Technik für die Kinematographie hauptsächlich die additive Dreifarbenprojektion in Frage, die in letzter Zeit von Miethé und von der Firma Carl Zeiß in Jena vervollkommenet wurde. Man hat zwar auch die subtraktive Dreifarbenmethode und das Farbrasterverfahren für die kinematographische Projektion verwendbar zu machen gesucht, aber beide, besonders letzteres, mit geringem Erfolg. Dagegen gibt es Verfahren der additiven Dreifarbenprojektion, die unter günstigen Umständen bereits heute Schönes leisten. Im folgenden geben wir daher eine kurze Darstellung dieser Methoden.

Entsprechend der Young-Helmholtz'schen Theorie ([14] S. 127 ff.) werden von dem aufzunehmenden Gegenstande drei Aufnahmen hergestellt, und zwar eine durch ein Rotfilter, eine zweite durch ein Grün- und eine dritte durch ein Blaufilter. Hierdurch wird also jeder Lichtstrahl, den das Objekt aussendet, in eine rote, eine grüne und eine blaue Komponente von im allgemeinen verschiedener Intensität zerlegt. Hierdurch werden also auf den drei so entstandenen Teilbildern zunächst lediglich die Helligkeitswerte des Objekts in bezug auf die drei Komponenten Rot, Grün und Blau registriert. Von diesen „negativen“ Teilbildern werden nun bei dem für uns in Betracht kommenden Falle Diapositive angefertigt, und deren stark vergrößerte Bilder werden durch eine geeignete optische Vorrichtung, den „Dreifarbenprojektionsapparat“, auf dem Schirm zur genauen Deckung gebracht, nachdem das durch jedes Teilbild tretende Lichtbündel vorher durch ein Strahlenfilter der Theorie entsprechend gefärbt wird. Die hierdurch erzielte Wirkung ist eine additive, d. h. die richtige Farbe des abgebildeten Gegenstandes wird durch Addierung der hinsichtlich ihrer Intensität entsprechend variierten Komponenten hervorgebracht.

Bei der Kinematographie tritt nun zu dem an sich schon empfindlichen und verhältnismäßig komplizierten Mechanismus noch eine der soeben erwähnten entsprechende Vorrichtung, und zwar sind hier zwei voneinander verschiedene Verfahren möglich, nämlich einmal die Methode der zeitlich getrennten und ferner die Methode der gleichzeitigen Projektion der Teilbilder.

Das Verfahren der zeitlich getrennten Projektion der Teilbilder gestattet die Verwendung der gewöhnlichen Kinematographenapparate

mit nur relativ geringfügigen Änderungen. Es werden hierbei die den drei Grundempfindungen entsprechenden Teilbilder auf den für Rot und Grün sensibilisierten Film (der gewöhnliche Film ist nur blauempfindlich) unter Einschaltung der Farbenfilter zeitlich hintereinander aufgenommen. Die objektive Wiedergabe geschieht mit Apparaten ganz entsprechender Konstruktion. Der Eindruck der natürlichen Farbe wird nun bei der Wiedergabe eines zunächst als ruhend angenommenen Objekts in der Weise vermittelt, daß die den drei Grundempfindungen entsprechenden Komponenten dem Auge zeitlich getrennt zugeführt werden, jedoch muß dies in einer so raschen Aufeinanderfolge geschehen, daß die Verschmelzungsfrequenz erreicht wird. Diese liegt, wie wir ja früher sahen, bei den farbigen Lichtern tiefer als bei dem weißen Licht. Wird aber diese Verschmelzungsfrequenz nicht vollkommen erreicht, so tritt bei dem beschriebenen Verfahren ein fast unerträgliches Flimmern auf. Der Grund hierfür ist der Umstand, daß zu dem eigentlichen Flimmern noch der sogenannte „Wettstreit der Farben“ tritt. Letztere Erscheinung ist eine Folge des Farbenwechsels; erfolgt nämlich der Wechsel so langsam, daß die einzelnen Farbenkomponenten gerade noch getrennt wahrgenommen werden, so herrscht bald die eine, bald die andere der Grundempfindungen während mehrerer Wechsel, aber unregelmäßig, vor. Erst bei höherer Frequenz tritt eine Verschmelzung der Farben ein. Noch ein weiterer unheilbarer Fehler haftet dem geschilderten Verfahren an. Der Projektionsapparat wirkt nach der Theorie drei sonst völlig gleiche Teilbilder, nur verschieden gefärbt, auf den Schirm. Bei hinreichend schnell bewegten Gegenständen sind aber in den drei zusammengehörigen Teilaufnahmen die Umrisse bereits merklich verschoben. Die Ränder der projizierten Bilder solcher bewegter Objekte decken daher nicht mehr die gleichen Stellen des Schirmes, so daß an diesen Stellen nicht mehr die Wirkung von den notwendigen drei Farben vorhanden ist; die Folge sind störende Farbsäume, wie man sie etwa an schlechten Farbdrukken sieht, wo die Konturen der Teilbilder übereinandergreifen.

Wie bereits erwähnt, tritt eine Verschmelzung farbiger Lichter eher ein als bei weißem Licht, und aus diesem Grunde kann man wohl auch von einer wesentlichen Erhöhung der Wechselfrequenz bei der Methode der zeitlich getrennten Teilbilder absehen; eigentlich müßte man hier ja als Bildwechsel jeden dreimaligen Wechsel der Teilbilder auffassen, so daß damit die Ablaufgeschwindigkeit des Film-

bandes und damit seine Länge eine dreimal größere sein müßte als wie bei der gewöhnlichen Kinematographie, was aber infolge des Verhaltens unseres Auges gegenüber farbigem Lichte nicht nötig ist.

Bei dem „Verfahren der gleichzeitigen Projektion der Teilbilder“ fällt zunächst natürlich der „Wettstreit der Farben“ gänzlich fort. In dieser Hinsicht ist dieses Verfahren also das korrektere, aber dafür sind die konstruktiven Schwierigkeiten hier die größeren. Zunächst erfordert die Projektionseinrichtung für jedes der Teilbilder ein Objektiv und demgemäß auch eine dreigeteilte Beleuchtungsrichtung. Dabei können die Teilbilder entweder hintereinander auf dem Film oder nebeneinander auf dem entsprechend verbreiterten Film angeordnet sein. Letzterer Konstruktion ist wohl der Vorzug zu geben wegen der geringeren Filmgeschwindigkeit. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, die drei Teilbilder auf dem Schirm immer optisch in Deckung zu erhalten. Um das zu ermöglichen, muß die Aufnahme in zweckentsprechender Weise erfolgen. Der Aufnahmeapparat kann entweder ebenfalls mit drei Objektiven ausgerüstet sein, die je nach Anordnung der Teilbilder auf dem Film über- oder nebeneinander stehen und mit den entsprechend gefärbten Strahlenfiltern versehen sind, oder es kann nur ein Aufnahmeobjektiv verwendet werden, wobei dann der Strahl durch eine optische Vorrichtung in drei Teile zerlegt und den entsprechenden Filmstellen zugeführt wird. Letzteres Verfahren ist zwar das lichtschwächere, aber das richtigere, denn bei Verwendung von drei Objektiven sind die drei Teilbilder infolge des Abstandes der drei Objektive voneinander im Vordergrunde nicht ganz identisch, so daß hier eine vollkommene Deckung nicht erreicht werden

kann. Doch wenn dieser Objektivabstand durch geeignete Mittel auf ein Mindestmaß reduziert wird und die nächsten aufzunehmenden Gegenstände genügend weit entfernt sind, so wird dieser Fehler im allgemeinen nicht stark auftreten können. Eine solche Anordnung zeigt Abb. 20.

r , g , b bedeuten, daß das Einzelobjektiv mit einem roten, grünen, blauen Filter versehen ist, bzw., daß die Bilder des Films diesen Farben entsprechen. Man sieht, daß hierbei $\frac{1}{4}$ des Bildbandes nicht ausgenutzt wird; die Fortschaltung beträgt 2 Bildhöhen. Abb. 21 zeigt eine andere Objektivanordnung. Aus dem beigegebenen Film ersieht man, daß dieser völlig ausgenutzt werden kann. Die lichte

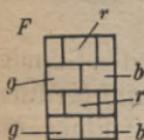
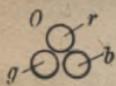


Abb. 20.

Objektiv- und
Filmbilder-
anordnung für
Dreifarbentne-
matographie.

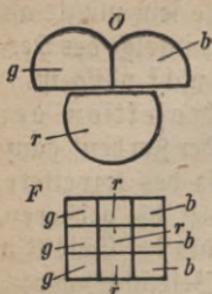


Abb. 21. Objektiv- und Filmbilderanordnung für Dreifarbenkineematographie.

Weite der Objektiv kann verschieden gewählt werden, um für alle drei Strahlenarten die gleiche Wirksamkeit zu erzielen. Übrigens läßt sich die oben beschriebene Vorrichtung zur Aufnahme mit einem einzigen Objektiv ebenfalls zur Projektion verwenden. So soll das nach diesem Prinzip ausgearbeitete „Kineidochrom“-Verfahren ([15] S. 231 ff.) von Berthou und Audibert recht gute Resultate geben.

An dieser Stelle mag noch ein anderes Verfahren Erwähnung finden, das, auf der additiven Synthese von nur zwei Farben beruhend, in der Praxis brauchbare Resultate aufzuweisen hat. Es ist das von Smith und Urban ausgearbeitete Kinemakolorverfahren. Aufnahme wie Projektion erfolgt hierbei durch ein rotes und ein grünblaues Filter. In der Sekunde werden etwa 30 Aufnahmen gemacht, die abwechselnd durch das rote und grünblaue Filter erfolgen. Die gleiche Anordnung der Bildchen zeigt der Positivfilm, die ganz entsprechend durch die beiden Filter projiziert werden. Der Blendflügel, der den Bildwechsel während der Projektion zu verdecken hat, enthält ein blauvioletttes Filter, so daß der Schirm während des Wechsels einen Schimmer dieser Farbe, die den Bildern eigentlich fehlt, aussendet. Trotz diesem wenig einwandfreien Notbehelf und trotz der theoretischen Unvollkommenheit der Zweifarbensynthese ist die Farbenwirkung dieses Verfahrens durchaus befriedigend, wofern nur die Färbung der Aufnahmeobjekte einigermaßen günstig ist. Daß Farbsäume an den Rändern sehr schnell bewegter Gegenstände auftreten, ist ein Fehler, der eben allen Methoden mit zeitlich getrennter Teilbilderaufnahme anhaftet.

Der Vollständigkeit wegen sei hier noch bemerkt, daß auch ein subtraktives Zweifarbenverfahren versucht worden ist, das unter dem Namen Kolorgraph bekannt geworden ist.

Wegen der in den vorausgehenden Zeilen kurz geschilderten Schwierigkeiten der Farbenphotographie und ihrer Anwendung auf die kineematographische Aufnahme und Projektion werden heutzutage die Films, deren Projektionen natürliche Farben zeigen sollen, noch vorzugsweise mit der Hand oder maschinenmäßig mittels Schablonen koloriert.

Neben dem Mangel der natürlichen Farben fehlt den Bildern

der gewöhnlichen Schwarzweiß-Kinematographie auch die Plastik. Obwohl in ihnen die Tiefendeutung meist sehr wirksam ist, hat man doch versucht, die lebenden Bilder noch mit dem eigentlichen stereoskopischen Effekt auszustatten.

Auch bei der Kinematographie mit stereoskopischem Effekt können, ganz ähnlich wie bei der Wiedergabe in natürlichen Farben, die Teilbilder, welche das Sammelbild ergeben, je nach der Konstruktion des Apparates entweder zeitlich nacheinander oder gleichzeitig auf den Schirm geworfen werden. Im allgemeinen kann man nun alle die Methoden, welche auch bei der gewöhnlichen Projektion¹⁾ des ruhenden Bildes zur Erzielung eines stereoskopischen Effekts anwendbar sind und angewandt wurden, auch bei der Projektion lebender Bilder heranziehen, und umgekehrt. Die meisten dieser Verfahren lassen sich für beide Konstruktionsarten anwenden, sowohl für zeitlich getrennte als auch für gleichzeitige Projektion der Teilbilder, die also entweder hintereinander oder nebeneinander auf dem Film angeordnet sind. Je nachdem sind dann ein oder zwei Projektionsobjektive nötig. Gegenüber den Methoden der Wiedergabe in natürlichen Farben sind jedoch die stereoskopischen Verfahren technisch insofern wesentlich einfacher, als eine genaue Deckung der Teilbilder auf dem Projektionschirm nicht nötig, auch gar nicht möglich ist, da diese Teilbilder ja von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommen wurden. Da das stereoskopische Sammelbild nur dann als solches empfunden wird, wenn jedem Auge nur das zugehörige Teilbild sichtbar gemacht wird, so ist es nötig, bei der stereoskopischen Projektion eine besondere Vorrichtung zu diesem Zweck vorzusehen. Deswegen haben die lebenden Bilder mit stereoskopischem Effekt noch keine größere Verbreitung gefunden.

III. Die technischen Grundlagen der Kinematographie.

Die Kinematographenapparate kann man im allgemeinen in zwei Gruppen einteilen, nämlich in Aufnahmeapparate und in Apparate zur Wiedergabe. Nur bei den einfacheren Ausführungen, die mehr für Liebhaber bestimmt sind, ist der Aufnahmeapparat auch zugleich der Apparat für die Wiedergabe. Auf letztere Art der Apparate kommen wir später zurück; vorher sollen die für getrennten Gebrauch bestimmten Apparate behandelt werden. Zunächst aber wollen

1) Kurze Angaben darüber [16] S. 126 f.

wir die einzelnen wichtigen Konstruktionselemente besprechen, aus denen sich die Kinematographenapparate zusammensetzen.

Fast allen Apparaten gemeinsam ist heutzutage der Film. Es ist dies ein langes Band aus Zelluloid, welches die photographische Schicht trägt. Die Länge eines Filmstreifens beträgt oft mehrere 100 Meter. Die Dimensionen der einzelnen Bilder, welche die Bewegungsphasen darstellen, sind jetzt allgemein zu $18 \times 24 \text{ mm}^2$ angenommen. Die Breite des ganzen Films ist 35 mm. Zu beiden Seiten der Bilderreihe befindet sich je eine Reihe von Löchern, die „Perforation“, in welche der Fortbewegungsmechanismus eingreift. Die Form der Löcher ist verschieden, es gibt rechteckige Perforationen, solche mit abgerundeten Ecken, oder auch ovale; doch ist die Anzahl der Löcher allgemein dieselbe: es kommen auf jede Seite des Bildes vier Löcher. Infolge dieser Übereinkunft bezüglich der Dimensionen paßt ein solcher Film in alle Apparate. Die Perforation ist für die Präzision der ruckweisen Fortbewegung des Films von großer Bedeutung; ohne sie würden die aufeinanderfolgenden Bilder nicht immer an dieselbe Stelle der Projektionswand fallen, was sehr störend wirken kann, denn jeder Fehler bei der Bewegung des Films wird ja mit dem Bild oft mehr als 100mal vergrößert. Der Film ist auf der Schichtseite, wie die photographische Trockenplatte, leicht verletzlich, daher wird er in verschlossenen Kapseln aufgerollt aufbewahrt; bei einer Vorführung wird der Film von einer solchen Rolle ab- und auf eine andere aufgewickelt. Die einzelnen Kinematographenapparate unterscheiden sich hinsichtlich der Schonung der Films sehr voneinander. Bei manchen Konstruktionen wird der Film schon nach kurzer Zeit verdorben; er erhält Kratzer und Risse, was sich bei der Vorführung durch das sogenannte „Regnen“ oft sehr störend bemerkbar macht. Bei Verwendung von guten Apparaten dagegen ist der Film sehr lange benutzbar. Wir werden den Teil des Apparates, welcher den Film am meisten beansprucht, später noch kennen lernen.

Zelluloid, aus welchem der Film besteht, ist bekanntlich sehr feuergefährlich; es verbrennt mit fast explosibler Heftigkeit; sogar bei Luftabschluß brennt es weiter unter Entwicklung giftiger Dämpfe. Das ist die Ursache schon vieler bedauerlicher Unglücksfälle geworden. Die Entzündung erfolgte meist durch die Strahlen der Projektionslampe. Trotz der mannigfachen Vorsichtsmaßregeln, die von den verschiedenen Polizeibehörden angeordnet wurden, ereignen sich doch immer

wieder derartige Unglücksfälle. Man hat daher versucht, das Zelluloid durch eine andere, unverbrennbare Substanz zu ersetzen. Ein solcher Körper ist das von der Firma Bayer & Co. in Elberfeld hergestellte „Cellit“. Die Zelluloidfilme werden in breiten Bändern von erheblicher Länge gegossen. Nur wenige Zelluloidfabriken beschäftigen sich mit der Erzeugung von Filmen, denn es ist nicht leicht, den Film rein und glasklar, und dabei doch fest und biegsam herzustellen.

Auf diese Zelluloidbänder wird nun mit Hilfe von besonders zu diesem Zwecke konstruierten Gießmaschinen die lichtempfindliche Emulsion (meist Bromsilber-Gelatineemulsion) aufgetragen, genau wie bei der Herstellung der photographischen Trockenplatten. Nach dem Trocknen der empfindlichen Schicht werden die breiten Bänder in Streifen geschnitten, deren Breiten gleich dem Normalmaß der Filme ist. Natürlich geschieht auch dies durch Spezialmaschinen, durch rotierende, scharfkantige Scheiben, sogenannte „Tellermesser“. Sodann laufen die Filme durch die Perforiermaschine, durch welche die oben bereits erwähnte Perforation an den Rändern der Filme erzeugt wird. Diese Maschinen müssen sehr präzise arbeiten, denn die Abstände der Löcher voneinander müssen, wie bereits bemerkt, genau innegehalten werden, da andernfalls später bei der Projektion ein Tanzen oder besser ein Auf- und Abhüpfen der Bilder die Folge sein würde. Dieser Fehler könnte übrigens nicht eintreten, wie eine einfache Überlegung zeigt, wenn der Aufnahmefilm auch zur Vorführung benutzt werden könnte. Denn hierbei würde der Fehler, welcher durch die ungleichen Abstände der Löcher bei der Aufnahme entsteht, bei der Vorführung sich wieder aufheben. Da aber die Aufnahmenegative erst wieder in Positive (durch Kopieren) verwandelt werden müssen, so wird diese Aufhebung im allgemeinen nicht auftreten, es sei denn, daß gleiche Fehler der Perforierung bei Positiv und Negativ an derselben Stelle vorhanden sind. Hier mag noch bemerkt werden, daß die zur Herstellung von Kopien bestimmten Filme mit einer Chlorbromsilber-Gelatineemulsion gegossen werden, wie solche auch zur Herstellung von gewöhnlichen Diapositivplatten verwendet wird. Alle diese Arbeiten müssen natürlich vom Gießen der Emulsion an bei photographisch unwirksamem roten Lichte ausgeführt werden. Nunmehr ist der Film gebrauchsfertig und kann dem Aufnahmeapparat einverleibt werden.

Wir sahen an früherer Stelle, daß in den ersten Anfängen der Kinetographie zur Herstellung der Reihenbilder Glasplatten benutzt

wurden. Während Muybridge und Anschütz für jede Aufnahme je eine Platte in einem besonderen Apparat benötigten, kamen Janßen und Marey mit nur einer Platte aus, die in der Kammer ruckweise gedreht wurde, wobei die Bilder kreisförmig angeordnet waren (vgl. S. 11). Aber erst der lange, schmale Film verhalf dem Kinematographen zu seiner großen Verbreitung. Trotzdem hat es nicht an Versuchen gefehlt, den Film durch die Glasplatte, die ja eine ganze Reihe von Vorzügen, wie Billigkeit, Feuerungefährlichkeit besitzt, zu ersetzen. Der vor etwa 20 Jahren konstruierte Kammatograph benutzte eine freisrunde Platte, auf der die Bildchen in Form einer Spirale aneinandergereiht waren. Er vermochte nicht, sich einzuführen. Die ruckweise Bewegung der ziemlich großen Masse einer solchen Platte ist recht unangenehm. Erschütterungen bei der Vorführung und rasche Abnutzung des Apparates sind schwer zu vermeiden. Auch rechteckige Platten mit den verschiedensten Bildanordnungen sind vorgeschlagen worden; z. B. werden die Bilder zeilenweise wie Buchstaben angeordnet, dabei kann die notwendige Bewegung von der Platte oder von dem Objektiv oder von beiden ausgeführt werden. Ein Beispiel werden wir später in einem von Lehmann angegebenen Apparat kennen lernen. Es gibt auch eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Aufgaben, wo die Platte zu bevorzugen ist, besonders solche, bei denen man mit einer kleineren Bildzahl und weniger rascher Bildfolge auskommt. Ja, sogar das alte Verfahren, eine Platte für jedes Einzelbild, ist, wie wir noch sehen werden, in der modernen Röntgenkinematographie wieder zu Ehren gelangt.

Wir kommen jetzt zur Besprechung des wichtigsten Teiles des modernen Kinematographenapparates, nämlich des Mechanismus zur Fortbewegung des Filmbandes: man kann diesen Teil des Apparates wohl treffend als die Seele des Kinematographenapparates bezeichnen. Demgemäß werden auch die verschiedenen Systeme der Apparate je nach dem Konstruktionstypus des Bewegungsmechanismus voneinander unterschieden. Diese Konstruktionstypen nun zerfallen in zwei Hauptgruppen: in Apparate mit ruckweise fortbewegtem Film, und in solche mit kontinuierlicher Filmbewegung. Wir können hier natürlich nur einige der Haupttypen besprechen.

Die erste Art Apparate hat eine bedeutende Verbreitung gefunden, bis jetzt wenigstens sind die meisten Kinematographenapparate mit einem Mechanismus zur ruckweisen Fortbewegung des Filmbandes

ausgerüstet. Nur wenige, hauptsächlich wissenschaftlichen Zwecken dienende Apparate besitzen eine kontinuierliche Filmbewegung. Das Problem der ruckweisen Filmbewegung ist in verschiedener Weise gelöst worden; man kann hier bei in der Hauptsache vier Grundtypen unterscheiden.

Am verbreitetsten, weil am zweckmäßigsten und am leichtesten präzise ausführbar, ist die Malteserkreuz-Einrichtung. Diese Bezeichnung rührt daher, daß die Vorrichtung in ihrem Hauptbestandteil die Form des Ordensabzeichens der Malteser aufweist. Die Konstruktion und Wirkungsweise des auch als Ein-Zahnrad bezeichneten Mechanismus geht am besten aus obenstehender Abb. 22 hervor. Die Zahntrommel *W* greift mit ihren Zähnen in die oben beschriebene Perforation des Filmbandes ein, so daß letzteres gezwungen wird, jede Bewegung der Trommel *W* mitzumachen. Auf der Achse der Trommel *W* und mit dieser fest verbunden sitzt das eigentliche Malteserkreuzrad *S*. Mit diesem steht die Scheibe *A* in Berührung, die zusammen mit einer etwas größeren Scheibe *B* auf einer gemeinsamen Achse befestigt ist. Auf der Scheibe *B* befindet sich ein Stift oder Zahn *E*, und an dieser Stelle hat die kleinere Scheibe *A* einen Ausschnitt. Wenn nun die Achse, an welcher die Scheiben *A* und *B* sitzen, gedreht wird, so schleift zunächst das Malteserkreuzrad *S* auf der Scheibe *A*, ohne sich bewegen zu können. Sobald aber der Zahn *E* in einen der Schlitze des Kreuzrades eingreift, macht das letztere unter dem Druck des Zahnes eine Vierteldrehung, was durch den Ausschnitt der Scheibe *A* ermöglicht wird. Falls nun der Umfang der Trommel *W* gleich der Summe der Höhen von vier Filmbildern ist, so wird bei einer Vierteldrehung das Filmband mit einem Ruck gerade um ein Bild vorwärts bewegt, das Problem ist also gelöst.

Die Konstruktion des Malteserkreuzrades läßt sich auch so ausführen, daß mehr als vier Umdrehungen des Ein-Zahnrades nötig sind, um das Kreuzrad einmal herumzubewegen, z. B. 8, oder, wie nachstehende Abb. 23 zeigt, 14. Hier weist auch das Ein-Zahnrad *A* eine etwas von der soeben beschriebenen abweichende Konstruktion auf, es ähnelt mehr dem Typus der üblichen Zahnräder. Das Kreuzrad *B* hat jetzt allerdings nur noch wenig Ähnlichkeit mit dem Malteserkreuz.

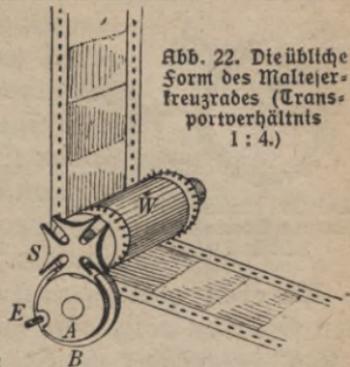


Abb. 22. Die übliche Form des Malteserkreuzrades (Transportverhältnis 1 : 4.)

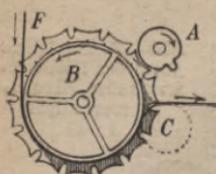


Abb. 23. Malteserkreuz mit dem Transportverhältnis 1 : 14.

Hier wird das Kreuzrad *B* bei einer Umdrehung von *A* nur um $\frac{1}{14}$ seines Umfanges gedreht, die Zahntrammel, auf der Abb. 23 angedeutet, muß also so bemessen sein, daß ihr Umfang 14 Bilder des Filmbandes *F* faßt. *C* ist eine Rolle, welche das Filmband an die Zahntrammel drückt, damit die Zähne auf einer möglichst großen Fläche in die Perforation des Filmbandes eingreifen.

Wie oben im Abschnitt II erörtert wurde, ist es aus ganz bestimmten Gründen nötig oder günstig, die Zeit der Fortbewegung, den „Ruck“, gegenüber der Ruhelage des Filmbandes möglichst kurz zu machen. Namentlich für die Wiedergabe des Bildes durch Projektion ist die Erfüllung dieser Forderung von Vorteil. Da der Filmentransport durch eine dunkle Blende verdeckt wird, so wird offenbar durch eine Verkürzung der Transportzeit Licht gespart, d. h. die Gesamtintensität wird größer. Ferner wird das Flimmern hierdurch vermindert, wie wir im Abschnitt II, S. 22—23, gesehen haben. In welcher Weise man die Transportzeit beliebig verkürzen kann, veranschaulicht Abb. 24. Man erkennt leicht, daß das Verhältnis zwischen der Transportzeit und der Ruhezeit des Malteserkreuzrades von dem Größenverhältnis des Kreuzrades zum Einzahnrad abhängt, und zwar derart, daß bei Vergrößerung des Durchmesser des Einzahnrades *AB* die Transportzeit des Kreuzrades kleiner und die Ruhezeit größer wird. Allerdings wird der Vergrößerung von *AB* technisch bald eine Grenze gesetzt, da sonst das Material durch den heftigen Schlag des Zahnes gegen das Kreuzrad zu stark beansprucht wird.

Eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft der Konstruktion der Malteserkreuzradbewegung ist die, daß der Film in der Ruhelage absolut feststeht. Es wird das dadurch erzielt, daß das Kreuzrad, nachdem der Zahn dasselbe verlassen hat, auf dem Einzahnrad schleift und dem äußeren Umfange desselben genau angepaßt ist, wodurch ihm eine Weiterbewegung, etwa infolge des letzten Stoßes durch den Zahn, unmöglich gemacht wird. Es gibt noch eine Anzahl weiterer Konstruktionen, bei welchen die ruckweise bewegende Kraft, ebenfalls an der Zahntrammel, die den Film transportiert, angreift, doch wollen wir diese hier nicht in Betracht ziehen. Wir werden jetzt vielmehr einige von den Konstruktionstypen erörtern, bei



Abb. 24. Malteserkreuzrad für sehr kurze Transportzeit.

welchen die ruckweise bewegende Kraft am Filmband selbst angreift.

Hierher gehört in erster Linie der sogenannte Schläger. Seine Wirkungsweise wird durch Abb. 25 veranschaulicht. Der Film läuft durch eine Bremsvorrichtung *B*, bildet unmittelbar dahinter eine Schlaufe oder einen Bausch und passiert die Transportzahntrummel *W*. Bei Inbetriebsetzung des Mechanismus wird nun infolge der kontinuierlichen Rotation der Zahntrummel *W* der Bausch bis zu einem gewissen Grad verkleinert, sodann schlägt aber ein auf der Scheibe *S* exzentrisch sitzender Stift auf die Breitseite des Filmbandes gerade in den Bausch hinein, der hierdurch mit einem Ruck wieder auf seine frühere Größe gebracht wird. Der Zuwachs des Bausches erfolgt von der Bremsvorrichtung *B* her, da der Film an den Zähnen der sich entgegengesetzt bewegenden Trummel *W* Widerstand findet. Die Dimensionen der Scheibe *S* werden nun so bemessen, daß bei jedem durch den Stift erteilten Schlag das Filmband genau um ein Bild weiter bewegt wird. Die Scheibe *S* wird in der Regel durch die Zahnradübersetzung *XY* an die Zahntrummel *W* gekoppelt. Die Größe der Übersetzung hängt davon ab, wieviel Bilder auf den Umfang der Zahntrummel gehen. Sägt der Umfang z. B. sechs Bilder, so muß der Stift während einer Umdrehung von *W* sechsmal schlagen, also muß sich in diesem Falle der Umfang von *X* und *Y* wie sechs zu eins verhalten.

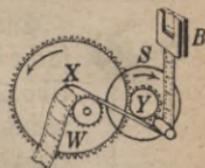
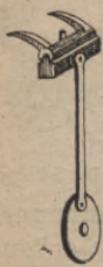


Abb. 25. Der Schläger.

Auch diese Konstruktion läßt sich so einrichten, daß die Transportzeit praktisch auf ein Minimum gebracht werden kann. Zu diesem Zweck braucht nur die Scheibe *S* und damit der Abstand des Schlägerstiftes von der Achse vergrößert zu werden. Die Scheibe muß dann nur noch etwas nach oben verschoben werden, damit bei dem längeren Weg des Stiftes wieder die richtige Länge des Filmtransports resultiert. Da nun jetzt die Bewegung des Schlägerstiftes eine raschere ist, so wird damit auch die Transportzeit eine kürzere. Auch hier setzt die Festigkeit des Materials bald eine Grenze; es leuchtet ein, daß durch allzu große Beanspruchung der Film leiden muß. Die Bremsvorrichtung *B* muß nämlich um so stärker in Tätigkeit treten, je schneller der Schlag durch den Stift ausgeübt wird; denn es muß dafür Sorge getragen werden, daß der Film bei dem Schlage auch nicht um $\frac{1}{100}$ mm zu weit rutscht; andernfalls würde ein scheinbares Auf- und Abtanzen des Bildes auf dem Projektionschirm die Folge sein.

Abb. 26.
Der Greifer.

Ein weiterer Typus ist der sogenannte Greifer. Eine einfache Konstruktion dieses Mechanismus zeigt nebenstehende Abb. 26. Eine durch einen Exzenter bewegte Gabel greift rechts und links in die Perforation des Filmbandes ein und zieht das Filmband um eine Bildbreite herunter. Da nun die Gabel um eine Horizontalachse federnd gelagert ist, drückt sie sich automatisch bei der Aufwärtsbewegung wieder aus der Perforation heraus und schleift am Film entlang nach oben, von wo aus das Spiel dann von neuem beginnt. Man erkennt leicht, daß bei dieser Konstruktion durch die einfache Exzentervorrichtung, welche die Gabel auf und ab bewegt, die Transportzeit und die Ruhezeit des Filmbandes gleich sind. Durch eine Änderung des Exzenters kann aber auch hier leicht ein (praktisches) Minimum der Transportzeit erreicht werden. Ein Beispiel hierfür ist in untenstehender Abb. 27 skizziert. Die hier nicht mitgezeichnete Gabel ist mit einem Rahmen verbunden, innerhalb dessen sich eine besonders geformte Scheibe *S* exzentrisch bewegt. Die Form dieser Scheibe entspricht einem Kreisabschnitt mit abgerundeten Ecken. Die Wirkungsweise dieses Exzenters ist nun folgende: solange der Kreisbogen *ab* der Scheibe *S* bei der Drehung um deren Achse die obere oder die untere Kante des Rahmens berührt, bleibt der letztere in Ruhe. Die beiden Stellungen sind in unseren Abbildungen dargestellt. Während der übrigen Zeit der Drehung aber tritt ein Heben bzw. ein Senken des Rahmens ein. Die Dimensionen der Scheibe *S* sind in unserem Beispiel nun so gewählt, daß die Auf- und Abwärtsbewegung des Rahmens je ein Drittel und die Ruhstellung insgesamt ebenfalls ein Drittel der Umdrehungszeit der Scheibe *S* beträgt. Die Transportzeit des Filmbandes ist demnach also halb so lang als seine Ruhezeit. Man kann dieses Verhältnis noch weiter dadurch vergrößern, daß man den Kreisabschnitt *S* noch breiter, d. h. mehr Winkelgrade umfassend, wählt. Auf Abänderungen weiterer Konstruktionen des „Greifers“, die hauptsächlich eine größere Schonung des Filmbandes bezwecken, können wir hier nicht eingehen.

Als letztes System der rudweisen Sortbewegung mögen noch die „Reibungsscheiben“ (oder der „Nodenapparat“) erwähnt werden. Ihre Wirkungsweise geht aus dem in Abb. 28 dargestellten

Abb. 27.
Greiferexzenter für kurzen Rud.

Schema hervor. Die sich kontinuierlich drehende Zahn-
trommel *R* bewegt das Filmband nach unten, nach
den Bremsbäden *B* zu; insolgedessen entsteht zwischen
R und *B* ein Bausch. Unterhalb von *B* sind zwei Wal-
zen *W* angebracht, zwischen denen das Filmband zu-
nächst gerade und frei hängen kann. Die eine der
Walzen *W* besitzt ein hervorragendes Segment *E*, das
bei der Umdrehung von *W* den Film gegen die andere
Walze drückt und ihn mit einem Ruck um ein Stück
nach unten zieht. Dadurch wird der Bausch zwischen
R und *B* beseitigt, der sich jedoch gleich darauf wieder
bildet; dann beginnt das Spiel von neuem. Durch die Ab-
messung der Dimensionen von *R* und *W* und des Ver-
hältnisses der Umdrehungen von *R* zu *W* wird dafür gesorgt, daß das
Filmband immer genau um ein Bild weiter bewegt wird. Auch hier
kann die Transportzeit im Verhältnis zur Ruhezeit des Films ver-
ringert werden, nämlich dadurch, daß der Durchmesser der Walzen *W*
vergrößert wird.

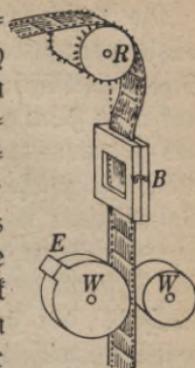


Abb. 28. Die
Reibungsscheiben.

Die hier aufgezählten Systeme haben alle ihre Vorteile und Nach-
teile. Die Häufigkeit ihrer Anwendung entspricht etwa der Reihen-
folge der Aufzählung. Übrigens werden je nach dem Zweck des Ap-
parates, ob für Aufnahme oder Wiedergabe bestimmt, verschiedene
Systeme bevorzugt. Für Projektionszwecke kommt der Greifer kaum
in Frage, weil er bei schadhafter Perforation, wenigstens wenn er mit
einer nur zweizinkigen Gabel ausgerüstet ist, sofort versagt; außerdem
ist bei ihm die Erzielung eines starken Tempos nicht leicht. Dagegen
wird er mit Vorliebe in Aufnahmeapparaten benutzt, da er ein sehr
ruhiges Stehen der Bilder gewährleistet und dieser Mechanismus in
seiner Ausführung ein geringes Gewicht erlaubt. Den Schläger trifft
man bei kleineren Projektionsapparaten, die für Schule und Haus
benutzt werden, an; er vermag in der Perforation stark beschädigte
Films noch sicher zu transportieren, läßt aber hinsichtlich des ruhigen
Stehens der Bilder zu wünschen übrig. Für große Theaterapparate
müssen zuverlässige, dauerhafte und präzise arbeitende Einrichtungen
getroffen werden, und als solche werden ganz überwiegend Malteser-
kreuze benutzt, die durch etwaigen Einbau in ein Ölbad geräuschloser
und mit geringerer Abnutzung arbeiten. Der Nockenapparat spielt
nur noch eine geringe Rolle.

Die Aufgaben, welche jedes System lösen muß, lassen sich etwa dahin präzisieren: der Mechanismus muß ein ruhiges „Stehen“ des Bildes gewährleisten, d. h. der Abstand der Bilder voneinander muß auf dem Film genau gleich groß bleiben; ferner muß ein Minimum der Filmtransportzeit erzielt werden; und schließlich soll der Film möglichst geschont und das Werk möglichst wenig abgenutzt werden. Bei mäßiger und normaler Beanspruchung wird jedes der beschriebenen Systeme diese Forderungen mehr oder weniger erfüllen. Aber alle Systeme der ruckweisen Filmbewegung haben einen gemeinsamen Nachteil: die Frequenz des Bildwechsels läßt sich nur bis zu einer verhältnismäßig niedrigen Grenze treiben, 15—20 Wechsel pro Sekunde werden praktisch selten überschritten. Der Grund hierfür liegt eben darin, daß das Material dem plötzlichen Ruck nicht standzuhalten vermag, der natürlich bei hoher Frequenz immer stärker wird. Wie schon früher erwähnt wurde, steht diese Tatsache mit den theoretischen Forderungen nicht ganz im Einklang, indessen sind die erreichten Resultate, wie der Augenschein lehrt, immerhin für allgemeine Fälle schon recht zufriedenstellend.

Es gibt aber Aufgaben, die mit Hilfe der gewöhnlichen, hier beschriebenen Mechanismen nicht lösbar sind. Es sind das die Fälle, bei welchen es sich entweder um die genaue Analysierung bis ins einzelne nicht allzu rascher Bewegungsvorgänge handelt, wobei man also möglichst viele Bewegungsphasen erkennen will, oder wenn die Wiedergabe recht rascher Bewegungen ermöglicht werden soll. Hier führen nur Systeme mit kontinuierlicher Filmbewegung zum Ziele, die in der Folge etwas näher betrachtet werden sollen; es liegt auf der Hand, daß diese kontinuierliche Bewegung des Filmbandes irgendwie optisch kompensiert werden muß, denn sonst würde z. B. bei der Wiedergabe durch Projektion auf den Schirm bei der raschen Bewegung des Films überhaupt kein Bild sichtbar werden. Diese optische Kompensation kann im allgemeinen auf dreierlei Weise geschehen, und demgemäß zerfallen die Konstruktionen mit kontinuierlicher Filmbewegung in drei Hauptgruppen: die Filmbewegung kann durch Bewegung des Objektivs oder durch Einschaltung von rotierenden oder schwingenden Spiegeln oder ebensolcher Prismen vor oder hinter dem Objektiv optisch oder scheinbar aufgehoben oder „stationär“ gemacht werden.

Wir betrachten zunächst die Systeme mit bewegtem Objektiv. Es

gibt Konstruktionen, bei welchen das Objektiv mittels eines Schlittens parallel zum Filmband oszilliert, und zwar mit gleicher Geschwindigkeit, wie das Filmband läuft. Abb. 29 zeigt einen solchen Mechanismus von vorn gesehen, und zwar für stereoskopische Anordnung.

Der Vorgang bei dem optischen Ausgleich durch geradlinig wandernde Objektive ist dabei folgender: projiziert man einen Positivfilm durch ein Objektiv auf eine Wand und verschiebt parallel zu dieser Film und Objektiv um die Strecke a , so wandert das Bild um die gleiche Strecke auf der Wand. Ist a klein und die angewandte Vergrößerung n groß, so wird die Bildverschiebung wenig merklich. Letztere wird sogar Null, wenn die Objektivverschiebung nicht a ,

sondern nur $b = a \frac{1+n}{2+n+\frac{1}{n}}$ beträgt. Abb. 30 erläutert diesen Sachver-

halt schematisch. Die Ableitung des Wertes b ergibt sich leicht, wenn man die Abbildungsgleichungen für das photographische Objektiv benutzt, wie sie z. B. v. Rohr ([16] S. 98f.) gibt. AB ist das Filmbild mit dem Mittelpunkt m ; $A'B'$ dasselbe Filmbild um die Strecke a verschoben. Die überstrichenen Buchstaben stellen die Projektionsbilder der entsprechenden nicht überstrichenen Buchstaben vor. Die Entlastung des Films von der ruckweisen Bewegung geschieht bei dieser Anordnung auf Kosten der Objektivbewegung.

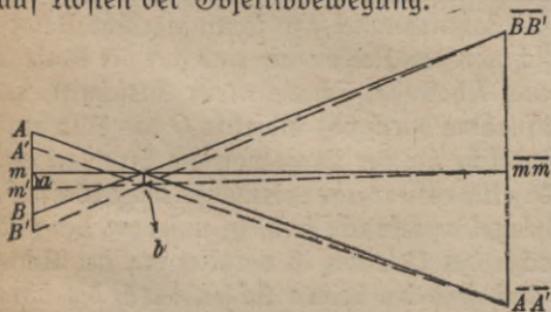


Abb. 30. Darstellung des optischen Ausgleiches durch Parallelverschiebung des Projektionsobjektivs um b .

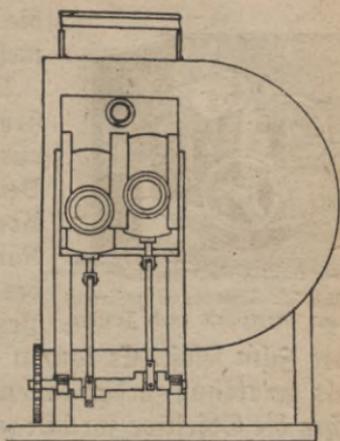


Abb. 29. Apparat mit parallel zum Film oszillierenden Objektiven.

Es mag hier gleich erwähnt werden, daß alle Apparate mit irgendwelchen oszillierenden Teilen, wie am eben erwähnten Beispiel, in bezug auf Frequenz des Bildwechsels nicht den höchsten Ansprüchen genügen. In dieser Hinsicht leisten

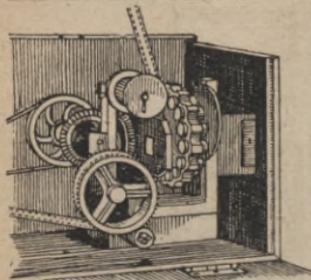


Abb. 31. Apparat mit rotierenden Objektiven nach Jenkins.

die rotierenden Mechanismen bedeutend mehr.

Nach diesem Prinzip ist z. B. die in nebenstehender Abb. 31 dargestellte Konstruktion ausgeführt. Eine Anzahl Objektive, in diesem Beispiel 15, sitzen auf dem Umfang einer Kreis-scheibe, so, daß jedes einzelne bei der Rotation der Scheibe an der Belichtungsstelle des Films vorbeigeführt wird, und zwar in gleicher Richtung und Geschwindigkeit wie der Film selbst. Es kommt hierbei nur ein kurzes näherungsweise als geradlinig zu betrachtendes Stück der Kreisbahn in Betracht, welches die Objektive zurücklegen, so daß jedes Objektiv innerhalb dieses Intervalles praktisch zusammen mit dem Film läuft und infolgedessen seine Bewegung optisch aufhebt. Diese Konstruktion wurde von dem Amerikaner Jenkins im Jahre 1894 ausgeführt, nachdem bereits 1864 Ducos du Hauron das diesem System zugrunde liegende Prinzip angegeben hatte. Es gelang Jenkins, mit seinem Apparate in der Sekunde 250 Aufnahmen herzustellen.

Ein weiteres Prinzip des optischen Ausgleiches besteht, wie bereits angedeutet, in der Anwendung von Spiegeln, die durch ihre Eigenbewegung die Bewegung des Films optisch aufheben. Einen Vertreter dieser Gruppe von Kinoapparaten lernten wir an früherer Stelle in dem Praxinoskop des Franzosen Reynaud kennen. Einen ebenfalls hierher gehörigen moderneren Apparat sehen wir in nebenstehender Abb. 32. Er stammt von Professor Musger, der 1905 ein deutsches Patent darauf erhielt. Seine Wirkungsweise ist kurz folgende: das Filmband F wird durch die Zahntrommel f in kontinuierliche Bewegung versetzt, wobei es sich von der Rolle v ab- und auf die Rolle a aufwickelt. In der Führung l befindet sich bei s ein Ausschnitt, an welcher Stelle bei der Aufnahme durch das Objektiv O das Bild entworfen wird, oder durch welche bei der Projektion die Strahlen der Lampe fallen. Vor dem Objektiv rotiert eine prismenförmige Walze S , auf deren Flächen die Spiegel angebracht sind, in unserem Beispiel 17 Stück. Die Rotationsachse des Prismas ist parallel mit der Achse der Filmtransportrolle, auch sind die beiden Achsen durch die über die Scheiben x, y laufende Schnur u derart miteinander gekoppelt, daß die Winkelgeschwindigkeit des reflektierten Strahles nur halb so

groß ist wie die des einfallenden Strahles. Steht nun ein Filmbild genau in der Mitte von s , so muß der Zentralstrahl, wie in der Abbildung dargestellt, die Mitte eines Spiegels des Prismas treffen. Bewegt sich jetzt das Filmbild nach links weiter, so wird hierdurch für die dem Bild entsprechenden Strahlen der Einfallswinkel vergrößert, und um den gleichen

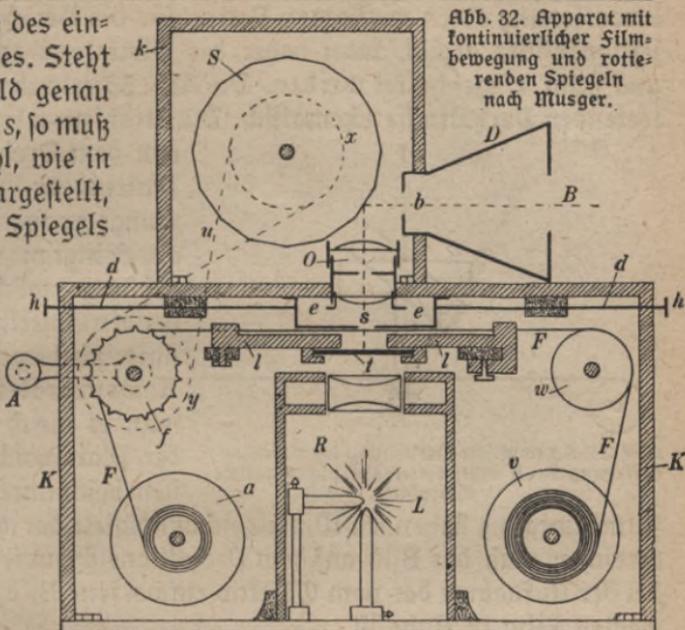


Abb. 32. Apparat mit kontinuierlicher Filmbewegung und rotierenden Spiegeln nach Musger.

Betrag würde das auch für den Reflexionswinkel der Fall sein, d. h. der reflektierte Strahl würde nach oben wandern und mit ihm das Bild auf dem Projektionschirm, wenn der Spiegel sich nicht drehen würde. Letzteres geschieht aber genau um den Betrag, der nach dem Reflexionsgesetz nötig ist, daß der reflektierte Strahl seine ursprüngliche Lage beibehält; das Bild auf dem Projektionschirm steht also unbeweglich fest. Bei dem nächstfolgenden Spiegel und Filmbild wiederholt sich das gleiche Spiel. Es mag noch bemerkt werden, daß von der Anzahl der Spiegel auf dem Prisma der Winkel abhängt, welchen je zwei Spiegel miteinander bilden, und dieser Winkel wieder ist neben der Objektbrennweite maßgebend für die Größe bzw. den Abstand der Bilder auf dem Filmband.

Unsere dritte Gruppe von Apparaten benutzt statt katoptrischer Systeme (Spiegel) dioptrische (Prismen). Die einfachste hierher gehörige Anordnung ist die planparallele Glasplatte. Während der Musger'sche Polygonalspiegelkranz die Richtung der Bildstrahlen um gewisse Winkelbeträge änderte und deswegen vor dem Objektiv angebracht werden konnte, führt die planparallele Platte eine Strahlenversetzung zum Ausgleich der Filmbewegung ein; damit diese Strah-

lenverfetzung einen wirksamen Betrag für die Verschiebung des Projektionsbildes ergibt, kann daher die Platte nur zwischen Objektiv und Film eingeschaltet werden. Die Abb. 33 erläutert die dabei auftretenden Verhältnisse schematisch. Die Strahlenverfetzung AA' hängt

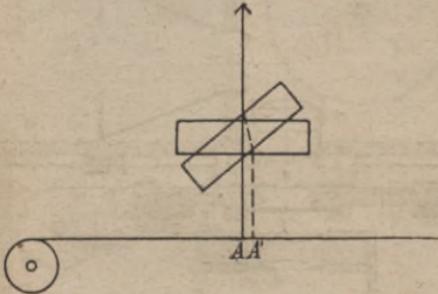


Abb. 33. Schematische Darstellung der Strahlenverfetzung durch eine rotierende planparallele Glasplatte.

von dem Drehungswinkel, der Plattendicke und dem Brechungsindex der Platte ab. Bringt man nun diese Vorrichtung zwischen dem feststehenden Objektiv und dem kontinuierlich bewegten Film eines Kinoapparates an, so kann man es durch geeignete Wahl der Plattendicke und der in einem bestimmten Verhältnis zur Filmbewegung stehenden Winkelgeschwindigkeit der gedrehten Platte erreichen, daß das Bild auf dem Projektionschirm feststeht, oder daß bei der Aufnahme das vom Objektiv entworfene Bild relativ zum bewegten Film in Ruhe ist.

Um die bei den Filmbildern gebräuchlicher Abmessung notwendige Verfetzung zu erhalten, kommt man zu nicht unerheblichen Dicken der Platten; ferner kann die Abhängigkeit der Strahlenverfetzung von dem Brechungsindex, da ja das Projektionslicht in der Regel ein weißes Mischlicht ist, leicht zu Bildunschärfen führen. — Vorteilhafter, weil ohne Strahlenunterbrechung wirkend, sind rotierende Prismen mit planparallelen Gegenseiten, d. h. Prismen mit dem Querschnitt eines regelmäßigen Vielecks mit gerader Seitenzahl. In nebenstehender Abb. 34 ist als Beispiel die Verwendung eines vierseitigen Prismas mit quadratischem Querschnitt skizziert: O ist das Objektiv, P das Prisma, welches um eine senkrecht zur Bewegungsrichtung des Filmbandes F gerichtete Achse rotiert. Die Pfeile deuten die Bewegungsrichtung von P und F an. In der an der Abbildung gerade angedeuteten Stellung des Pris-



Abb. 34. Schema eines Kinoapparates, bei dem die kontinuierliche Filmbewegung durch ein rotierendes Prisma von quadratischem Querschnitt „optisch“ aufgehoben wird.

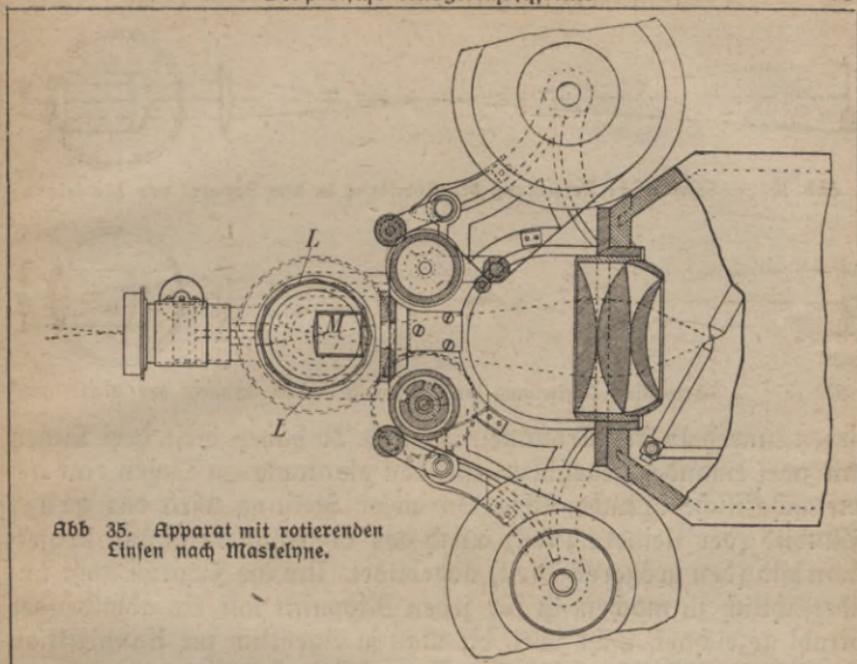


Abb 35. Apparat mit rotierenden Linsen nach Maskelyne.

mas P findet der Übergang von einem zum anderen Bilde statt, wobei vom Prisma zwei Hälften zweier Silmbilder zu einem Bilde auf dem Projektionschirm vereinigt werden. Den durch die Einfügung von Planplatten oder Prismen in das Abbildungssystem eingeführten Astigmatismus soll man nach dem Vorschlag eines amerikanischen Patentes durch Zylinderlinsen ausgleichen.

Verwandt mit den hier besprochenen Apparaten ist der im Durchschnitt in Abb. 35 dargestellte Apparat. Er wurde von dem Engländer Maskelyne im Jahre 1896 konstruiert. Mehrere 100 Aufnahmen in der Sekunde sollen unschwer mit ihm zu erzielen sein. Zwischen dem feststehenden Objektiv und dem sich kontinuierlich bewegenden Film befindet sich eine rotierende Trommel L , die an ihrem Umfange eine Reihe, hier 12 Stück, Konkavlinen trägt, die sich gegenseitig berühren. Innerhalb der Trommel befinden sich zwei feststehende Konverglinsen M . Die Wirkungsweise dieser Anordnung ergibt sich aus den beiden beigegefügtten schematischen Figuren. Die feststehenden Teile des Abbildungssystems bestehen aus der plankonveren Linse außerhalb der Linsentrommel und den beiden Sammel-

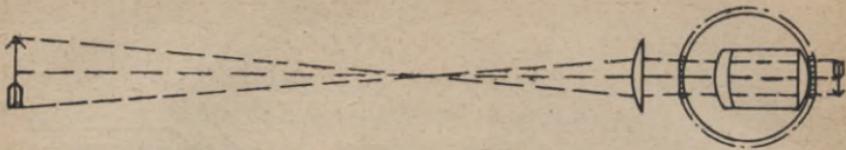


Abb. 36. 1. Schematische Darstellung der Abbildung in dem Apparat von Maskelrhne.

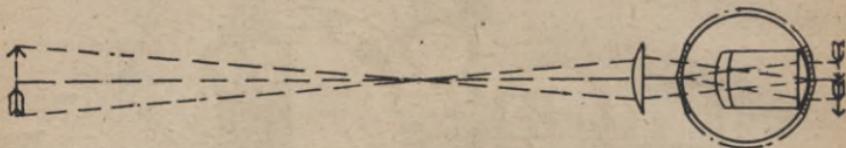


Abb. 37. 2. Schematische Darstellung der Abbildung in dem Apparat von Maskelrhne.

linsen innerhalb der Trommel. In Abb. 36 haben diese drei Linsen mit zwei einander gegenüberliegenden plankontaven Linsen eine gemeinschaftliche optische Achse. In dieser Stellung wird das ganze Filmbild (der kleinere Pfeil) durch das Linsensystem in das Projektionsbild (den größeren Pfeil) abgebildet. Um die Figuren nicht unübersichtlich zu machen, ist für jeden Bildpunkt nur ein abbildender Strahl gezeichnet, nicht zwei, die man ja eigentlich zur Konstruktion eines Bildpunktes benötigt. Die Trommel dreht sich nun im Sinne des Uhrzeigers gleichzeitig mit dem Film (Bewegungsrichtung des Films durch Pfeil des Filmbildes angezeigt) derart, daß die in den Strahlengang tretenden Teile der Linsen wie Ablenkungsprismen mit variablen Winkeln wirken und die von einem Punkte des bewegten Films ausgehenden Strahlen immer auf die gleiche Stelle des Projektionschirms gelangen lassen. Abb. 37 zeigt eine Film- und Linsenstellung, bei der sich das Projektionsbild aus dem oberen und unteren Teil zweier aufeinanderfolgender Filmbilder (gestrichelt und nicht gestrichelt gezeichnet) zusammensetzt. Die hohe Geschwindigkeit, mit der die Aufnahmen erfolgen, bewirkt einen so geringen Unterschied in zwei aufeinanderfolgenden Bildern, daß diese Zusammensetzung eines Projektionsbildes aus Teilen zweier projizierter Filmbilder unmerklich bleiben kann.

Damit haben wir den optischen Ausgleich durch Bewegung des Objektivs, durch Einschaltung rotierender oder schwingender Spiegel oder ebensolcher Prismen, bzw. Linsen in einfachen Fällen kurz besprochen. Es gibt selbstverständlich noch andere Möglichkeiten, den optischen Ausgleich herbeizuführen. So haben z. B. die Gebr.

Lumière die Verwendung eines Flüssigkeitsprismas vorgeschlagen, dessen Seitenflächen einen derart wechselnden Winkel einschließen, daß das Prisma, das vor dem Projektionsobjektiv in den Strahlengang eingeschaltet ist, das Bild des sich kontinuierlich bewegenden Films optisch stationär macht.

Es verdient noch hervorgehoben zu werden, daß die meisten Konstruktionen mit kontinuierlich bewegtem Filmband gegenüber denen mit ruckweise bewegtem (abgesehen von der bereits erwähnten hohen Bildwechselfrequenz) den weiteren Vorteil haben, daß im allgemeinen die Verwendung von Blenden, die irgendeinen Teil des Bewegungsvorganges verdecken sollen, unnötig ist; hierdurch wird also auch bei langsamem Bildwechsel ein Flimmern vollständig vermieden, da ja der Bildwechsel kontinuierlich erfolgt, d. h. so, daß das eine Bild unmerklich in das andere übergeführt wird. Zweifellos ist letzteres die vollkommener Lösung des ganzen Problems der Kinematographie, wobei auch noch der Vorteil der größten Lichtausnutzung nebenhergeht. Ein weiterer, für die Praxis sehr ins Gewicht fallender Vorteil der kontinuierlichen Filmbewegung zeigt sich in der außerordentlichen Schonung des Filmbandes, die selbst bei sehr großer Filmgeschwindigkeit, wie sie durch derartige Apparate erreicht werden kann, eine fast vollkommene ist. Daß sich bisher noch keine einzige der Konstruktionen mit kontinuierlich bewegtem Filmband für die allgemeine Verwendung einbürgerte, liegt an der hohen Präzision, die Herstellung und Handhabung dieser Apparate außerordentlich verteuert. Ein Teil der theoretisch möglichen Vorteile der Apparate mit kontinuierlich bewegtem Filmband ist nämlich praktisch nicht leicht erreichbar. Kleinere Bewegungen und Unschärfen der Bilder besonders nach den Rändern hin können störend wirken; auch schwankt meist die Helligkeit der Bilder. Die Patentliteratur aber zeigt, daß auf diesem Gebiete fleißig gearbeitet wird. So hat z. B. die Firma Carl Zeiß eine ganze Reihe von Schutzrechten auf die verschiedensten Konstruktionen dieser Apparate erworben. Ein Vorführungsapparat mit kontinuierlicher Filmbandbewegung des Ingenieurs Mechau soll auch praktisch gute Ergebnisse gezeitigt haben.

Auf einem wesentlich anderen Prinzip, als es den hier geschilderten Apparaten zugrunde liegt, beruht ein von Lehmann ([10] S. 289 ff.) beschriebener Apparat, der hauptsächlich für Amateurzwecke oder

auch für wissenschaftliche Zwecke gedacht ist, da er sich durch geringen Materialverbrauch auszeichnet. Die Bildgröße ist auf ein Format 1×1 qcm herabgedrückt, und für die Vorführung genügt eine Bildwechselfrequenz von zehn Bildern in der Sekunde. Während bei den bisher besprochenen Apparaten die Filmwanderung durch die Bewegung optischer Teile (Objektiv, Spiegel, Prisma oder Linse) ausgleichlich wird, haben wir bei dem neuen Apparat im Gegensatz zu dem feststehenden Fenster einen bewegten Schliß, dagegen feststehende optische Elemente und einen im wesentlichen feststehenden Film. Der Apparat besteht aus einer Reihe nebeneinander angeordneter kleiner Kammern, die mit je einem Objektiv ausgerüstet sind. Die einzelnen Kammern sind durch Wände voneinander lichtdicht abgeschlossen, nur unmittelbar vor der Bildschicht sind die Seitenwände durchbrochen, so daß ein beweglicher Schlißverschluß an ihr vorbeigleiten kann. Um die Belichtung bei der Aufnahme zu regulieren, kann die Schlißöffnung verstellt werden; bei der Vorführung dagegen wird sie genau auf eine Bildbreite eingestellt. Die Bilder sind zeilenweise wie die Buchstaben einer Druckseite angeordnet, derart, daß das Ende der einen Zeile über dem Anfang der nächstfolgenden Zeile liegt, so daß also die Reihenfolge der Bilder eine zickzackförmige Linie ergibt. Hat der Schliß eine Bildzeile durchlaufen, so wird das Bild um eine Bildhöhe weitergeschaltet, so daß der Schliß über die nächste Bildreihe gleiten kann und so fort. Damit ist das Prinzip dieses Apparates erklärt. Die besonderen optischen Einrichtungen, die zu seiner richtigen Wirkungsweise notwendig sind, sollen hier nicht weiter besprochen werden.

Die bisher überhaupt erreichte Bildwechselfrequenz, die bei kontinuierlicher Filmbewegung erzielt wurde, beträgt etwa 100000 pro Sekunde, ein Wert, der bei Bedarf auch noch erhöht werden kann. Über die ziemlich komplizierten Apparate, welche dies leisten, wird später bei den Spezialanwendungen der Kinematographie berichtet werden.

Ebenso mannigfaltig wie die Konstruktion der einzelnen Teile der Kinoapparate ist natürlich auch die Konstruktion der ganzen Apparate selbst. Wir können hier nur einige charakteristische Typen herausgreifen, deren Wirkungsweise wir an der Hand von geeigneten Abbildungen betrachten wollen. Zunächst behandeln wir solche Apparate, die nur für Aufnahme oder nur für Projektion geeignet sind.

Zu diesen gehören selbstverständlich in erster Linie die für Berufszwecke benutzten Apparate.

Der kinematographische Aufnahmeapparat ist im Prinzip die Verbindung einer gewöhnlichen photographischen Kammer mit irgendeiner der soeben beschriebenen Konstruktionen zur Fortbewegung des Filmbandes. Dementsprechend besteht der Aufnahmeapparat aus einem photographischen Objektiv *O* (vgl. Abb. 38), der lichtdichten Kammer *C*, die geöffnet abgebildet ist, um den

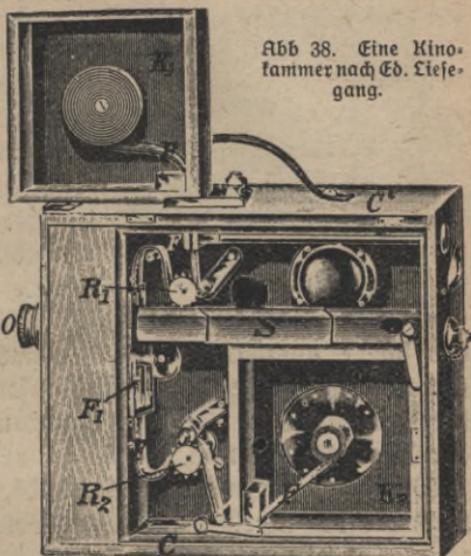


Abb 38. Eine Kinokammer nach Ed. Liesegang.

Mechanismus zur Fortbewegung des lichtempfindlichen Filmbandes *F* zu zeigen, sowie den beiden Kassetten *K*₁ und *K*₂, die zur Aufnahme des unbelichteten und des belichteten Films dienen. Natürlich sind die Anordnungen der einzelnen Teile bei den verschiedenen Fabrikaten verschieden; der hier gezeichnete Apparat ist von der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf hergestellt.

Da mit dem kinematographischen Aufnahmeapparate fast ausschließlich Momentaufnahmen gemacht werden, so ist hierbei die Verwendung von besonders lichtstarken Objektiven von Vorteil, die ein Arbeiten auch bei verhältnismäßig ungünstigen Lichtverhältnissen gestatten. Wir können uns hier auf die Prinzipien der photographischen Optik nicht näher einlassen, nur daran sei erinnert, daß man mit Lichtstärke eines Objektivs das Verhältnis von Durchmesser der freien Öffnung zur Brennweite versteht, und daß dem Quadrat dieses Verhältnisses die Lichtstärke des Objektivs proportional ist. Die Lichtstärke der für kinematographische Aufnahmezwecke in Betracht kommenden Objektivs ist gewöhnlich $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{4,5}$; mit zu den lichtstärksten gehören die Spezialobjektive für Kinematographie der Firma Carl Zeiß in Jena, z. B. das Tessar 1:3,5 (vgl. Abb. 39), mit dessen Hilfe schon kinematographische Innenaufnahmen möglich sind. Der gleiche Objektivtypus wird auch in geringeren Lichtstärken fabri-

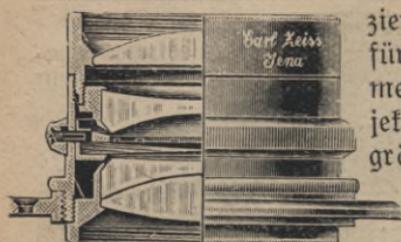


Abb. 39. Das Tessar, ein lichtstarkes Objektiv für Kinoaufnahmen.

ziert und eignet sich dann hervorragend für Außenaufnahmen. Die Kinonaufnahmen werden bei der nachträglichen Projektion oft mehrere 100mal linear vergrößert, und es ist klar, daß sich dann jede Unschärfe im Filmbild leicht bemerkbar macht. Daher ist es im allgemeinen unbedingt erforderlich, nur solche Objektive zu verwenden, die eine gute Farbenkorrektur besitzen und sowohl Mitte wie Rand des Bildfeldes scharf auszeichnen. Die Brennweite der kinematographischen Objektive ist infolge des kleinen Bildformates 18×24 qmm wesentlich kürzer, als wie sie z. B. für Handkamern üblich ist, sie beträgt in der Regel 50—75 mm.¹⁾

Wie schon früher erwähnt wurde, werden für gewöhnlich selten mehr als 15—20 Aufnahmen pro Sekunde mit dem Kinoapparat erzeugt. Im günstigsten Falle würde das also eine Expositionszeit von $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ Sekunde bedeuten, was man noch als verhältnismäßig langsame Momentaufnahmen bezeichnen kann. Bei Darstellung von Bewegungen schon mittlerer Winkelgeschwindigkeit würde hier bei Unschärfe entstehen. Man braucht also bei den Aufnahmeapparaten das Verhältnis zwischen Ruhestellung und Fortbewegungszeit des Filmbandes nicht so groß zu nehmen als wie bei den Apparaten der Wiedergabe. Die Regulierung der Belichtungszeit geschieht in der Regel durch eine vor der Belichtungsstelle des Films rotierende Blendenscheibe, die mit verstellbaren Sektorenausschnitten versehen ist. In Abb. 38 ist diese Scheibe nicht sichtbar, dagegen zeigt sie Abb. 48 auf S. 62. Diese Scheibe A wirkt ähnlich wie der häufig an Handkamern angebrachte Schlißverschluss. Auch der eigentliche Mechanismus zur rückweisen Fortbewegung des Filmbandes ist in Abb. 38 nicht sichtbar, da er innerhalb des verdeckten Teiles der Kammer nach rückwärts in das Filmband greift.

Die Praxis hat gelehrt, daß der geeignetste Bewegungsmechanismus für den Aufnahmeapparat (vgl. S. 39) der Greifer ist, dessen Konstruktion wir auf S. 38 bereits besprochen haben. Dementsprechend rüsten auch viele Firmen ihre Aufnahmeapparate mit einem derartigen Mechanismus aus. Der Gang des Filmbandes *F* ist nun fol-

1) Näheres über die Objektive ist zu erfahren aus [16].

gender: die Kassette K_1 , welche auf der Kammer befestigt wird, enthält das zusammengerollte und noch unbelichtete Filmband, das durch Schlitze, die mit Lichtabschlußvorrichtungen versehen sind, in die Kammer eintritt. Durch die Zahntrommel R_1 , deren Zähne genau in die Perforation des Filmbandes eingreifen, wird der Film aus der Kassette K_1 abgewickelt und bildet hinter der Zahntrommel eine Schlaufe. Sodann tritt das Filmband in die Bremsvorrichtung F_1 ein, das Fenster genannt. Es ist das ein doppelter Rahmen mit rechteckigem Ausschnitt, der genau in der Bildebene des Objektivs liegt. Das Fenster hat zweierlei Funktionen: einmal bremst es den Lauf des Films zwischen seinen doppelten Rahmen, und zwar geschieht das nur an den beiden Seiten des Films, um die Bildfläche nach Möglichkeit zu schonen, und ferner führt es den Film möglichst plan durch die Bildebene des Objektivs. Am unteren Teil des Fensters greift der Sortbewegungsmechanismus in die Perforation ein und zieht das Filmband ruckweise durch das Fenster. Unterhalb des Fensters bildet der Film ruckweise eine zweite Schlaufe, die von der Zahntrommel R_2 jedesmal wieder aufgezehrt wird. Der im Fenster belichtete Film tritt dann auf dem Weg über R_2 in die Kassette K_2 ein, wo er wieder zusammengerollt wird. Die Achse, um welche sich das Filmband aufrollt, erhält in unserem Falle ihren Antrieb durch das Werk, das den Bewegungsmechanismus in Tätigkeit setzt, bei anderen Konstruktionen bisweilen auch durch ein besonderes Uhrwerk. Die Kassetten K können Filmstreifen bis etwa zu einer Länge von 200 m aufnehmen. Rechnet man die Höhe der Filmbildchen einschließlich ihrer Abstände zu 20 mm, so enthält ein solcher Film rund 10000 Bildchen; und nimmt man ferner an, daß der Bildwechsel pro Sekunde 20 beträgt, so kann man einen Bewegungsvorgang, der etwa 8—9 Minuten dauert, aufnehmen. Die Wiedergabe umfaßt natürlich dieselbe Zeitdauer, falls sie korrekt sein soll. Im allgemeinen werden aber mehrere Vorgänge von geringerer Zeitdauer auf ein und denselben Film aufgenommen. Um nun bei der photographischen Behandlung der einzelnen Abschnitte die entsprechenden Filmteile leicht kenntlich zu machen, wird mit einer in der Kammer angebrachten, von außen zu betätigenden Markiervorrichtung ein Loch in den Film gestochen. Ferner ist mit dem Kinomechanismus ein an der Kammer außen sichtbar angebrachtes Zählwerk verbunden, welches die Länge des belichteten Filmbandes anzeigt.

Der Antrieb des Kinowerkes geschieht mit einer Kurbel, die sich bei der Liesegangschen Kammer an drei mit verschiedener Geschwindigkeit rotierenden Achsen ansetzen läßt: eine Kurbelumdrehung ergibt entweder 8, 4 oder 1 Belichtung. Letztere Kurbelschaltung wird bei solchen Fällen angewendet, wo die einzelnen Belichtungen in größeren Zeitabständen erfolgen müssen, wie z. B. bei der Aufnahme einer wachsenden Pflanze u. dgl. Zur Kontrolle, ob die Kurbel in der richtigen Geschwindigkeit gedreht wird, dient der an der Rückwand der Kammer angebrachte Geschwindigkeitsmesser, der angibt, wieviel Bilder in der Sekunde belichtet werden. Dieses Instrument ist mit dem Werk gekoppelt und wird durch Zentrifugalkraft betätigt.

Genau wie zu einer gewöhnlichen photographischen Kammer gehört zum Liesegangschen Kinoaufnahmeapparat auch eine Einstellvorrichtung. Die Einstellvorrichtung besteht aus dem Rohre S, das am hinteren Ende eine Mattscheibe trägt, die genau an die Stelle des vorher entfernten Films im Fenster F geschoben wird. An das rechte Ende des Rohres S wird das Auge gebracht. Während der Aufnahme wird diese Öffnung lichtdicht abgeschlossen. Die Einstellung selbst geschieht durch Verschiebung des Objektivs mittels Zahn und Trieb oder Schneidengang. Bei der üblichen kurzen Brennweite des Objektivs tritt bereits bei einer Objektentfernung von 5 m praktisch die Stellung auf unendlich ein. Auf kürzere Entfernungen läßt sich natürlich auch mittels Skala am Objektiv einstellen.

Die Dimensionen des Liesegangschen Apparates sind $34 \times 30 \times 16$ cm und sein Gewicht beträgt 8 kg. Da der Aufnahmeapparat im allgemeinen für Reisen und Exkursionen bestimmt ist, so muß er kräftig gebaut sein; dementsprechend erfordern diese Apparate auch ein kräftiges Stativ. Dieses besitzt in der Regel eine horizontal drehbare Kopfplatte, worauf die Kammer geschraubt wird. Die Drehung kann mittels Kurbel oder mit der bloßen Hand bewerkstelligt werden und hat den Zweck, dem aufzunehmenden Bewegungsvorgang, der am Standort vorbeizieht, mit der Kammer zu folgen. Nachstehende Abb. 40 zeigt den oberen Teil eines solchen Statives.

Eine besondere Vorrichtung, die z. B. geeignet ist zur Herstellung von sogenannten Tridfilms (s. S. 95), ist mitunter an den Aufnahmekinos angebracht. Sie ermöglicht eine Rückwärtsbewegung des Films.

Die photographische Behandlung der im Aufnahme kino belichteten Negativ-Filmbänder geschieht in genau derselben Weise und

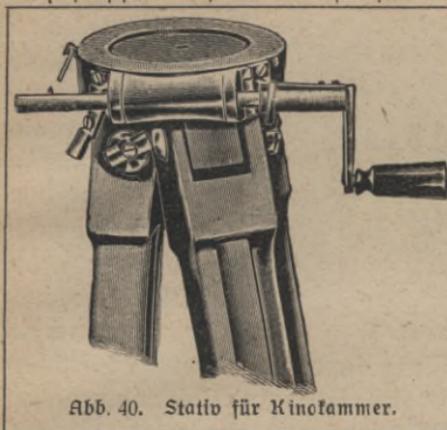
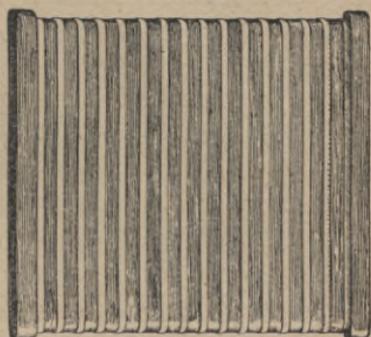
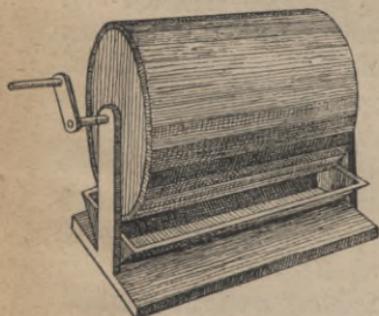


Abb. 40. Stativ für Kinokammer.

Abb. 41.
Entwicklungsrahmen für Filmbänder.

in genau denselben chemischen Bädern wie bei den in gewöhnlichen Kammern belichteten Negativplatten oder Films, ist also genügend bekannt, so daß wir uns dabei nicht weiter aufzuhalten brauchen. Nur die dazu nötigen Vorrichtungen sind in Folge der enormen Länge der Filmbänder besonders bemerkenswert. Bänder von mäßiger Länge werden zum Zweck der Entwicklung auf geeignete Rahmen aufgewickelt. Ein solcher ist in Abb. 41 dargestellt. Diese Rahmen werden samt aufgewickeltem Film in große, flache Schalen gelegt, in denen die verschiedenen, zur Entwicklung und Fixierung nötigen Chemikalien in Lösung enthalten sind. Längere Films werden auf große Trommeln gewickelt (Abb. 42), die unten in geeignete, mit den Lösungen gefüllte Tröge tauchen. Durch gleichmäßiges Drehen wird dafür Sorge getragen, daß die photographische Schicht in der richtigen Weise benetzt wird. Das Wässern und Trocknen der Films geschieht ebenfalls auf diesen Aufwidelvorrichtungen. Auch Fabriken, welche die Herstellung und Behandlung der Films im großen betreiben, bedienen sich solcher Trommeln, wie nachstehende Abb. 43 des Trockenraumes einer Filmfabrik zeigt.

Abb. 42. Entwicklungstrommel
für lange Filmbänder.

Um die Wiedergabe der Aufnahmen zu ermöglichen, müssen mittels des entwickelten Negativfilms die Positivfilms durch Kopieren hergestellt werden. Das geschieht fast ausschließlich durch sogenannte

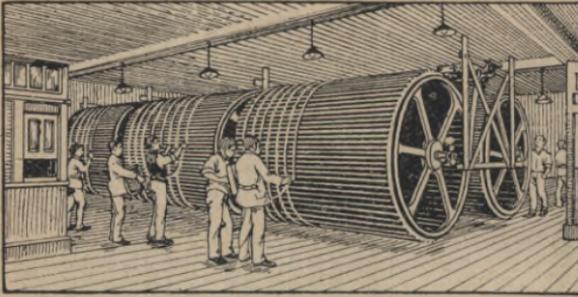


Abb. 43. Trockenraum einer Filmfabrik.

Kontaktkopie, d. h. ohne Zuhilfenahme von Linsen, und zwar mittels geeigneter Kopiermaschinen. Letztere sind im Prinzip ganz ähnlich eingerichtet wie der Aufnahmekino, nur daß hierbei durch das „Senster“ der entwickelte Negativfilm zusammen mit dem zu belichtenden Positivfilm „Schicht an Schicht“ gleitet und vom Licht unmittelbar, ohne Zwischenschaltung eines Objektivs, getroffen wird. Als Bewegungsmechanismus dient auch hier wieder vorzugsweise der Greifer. Es gibt jedoch auch Kopiermaschinen, bei denen die Filmbänder lediglich durch kontinuierlich laufende Zahntrommeln befördert werden (denn eine ruckweise Bewegung ist ja beim Kopieren auch gar nicht nötig). Aber hierbei müssen die Perforationen von Negativ- und Positivfilm vollkommen identisch sein, was nicht immer der Fall ist. Kleine Differenzen kommen doch bisweilen vor, die aber durch den Greifermechanismus meist hinlänglich ausgeglichen werden, während die konisch geformten Zähne der Zahntrommel allein keine Gewähr dafür bieten.

Auch der belichtete Positivfilm wird genau so wie der Negativfilm behandelt, wodurch man die üblichen schwarz-weißen Bilder erhält. Bisweilen gewinnen aber Aufnahmen gewisser Vorgänge bedeutend, wenn sie einen anderen Farbton erhalten, so z. B. Aufnahmen der Meeresbrandung durch blaugrüne Tönung usw. Es geschieht dies durch das sogenannte Tönen der Films, wobei das schwarze Silber der entwickelten Schicht durch andere Metalle, wie z. B. durch Eisen, Kupfer, Uran u. dgl. ersetzt wird. Durch geeignete Anwendung von Eisen Salzen nämlich erzielt man blaue bis blaugrüne Töne, durch Uran und Eisen Salze grüne, durch Uransalze allein braune und durch Kupfer Salze rote Töne usw. Hierbei werden die dunkeln „gedeckten“ Partien des Bildes gefärbt, während die Lichter mehr oder weniger weißlich bleiben. Das Umgekehrte erreicht man durch Anfärben der Films mittels Anilinfarben, wodurch nur die „Lichter“ gefärbt werden. Durch Kombination beider Arten der Färbung kann man Doppel-

fönung erreichen. Auf diese Weise werden z. B. bei den sogenannten „Nachtaufnahmen“ gute Effekte erzielt, indem ein blau getonter Film nachträglich rot angefärbt wird. Hierdurch entsteht ein violettes Bild mit roten Lichtern.

Auf das Kolorieren der Positivfilms ist schon oben auf S. 30 hingewiesen worden, ebenso auf das Anfärben der besonders kontrastreichen Films mit größeren ungedeckten Flächen (wie z. B. „Himmel“ usw.) als Mittel zur Verminderung des Glimmerns (S. 24); es zeigte sich, daß die Verschmelzungsfrequenz für gefärbte Lichter tiefer liegt als für weißes Licht. — Der auf hier beschriebene Weise erzielte Positivfilm wird nun zur Wiedergabe des auf ihm in den einzelnen Phasen dargestellten Bewegungsvorganges verwendet. Zu diesem Zweck wird der Positivfilm besonderen Apparaten zur Wiedergabe einverleibt. Diese Apparate können je nach ihren Bestimmungen zweierlei Art sein: entweder sind sie als Betrachtungs- oder als Projektionsapparate konstruiert.

Die kinematographischen Betrachtungsapparate sind hauptsächlich als sogenannte „Automaten“ ausgebildet, die durch Einwurf eines Geldstücks in Tätigkeit treten und irgendeinen besonders hierfür geeigneten Vorgang von allgemeinem Interesse vorführen, z. B. das Auslaufen eines Kriegsschiffes aus dem Hafen u. dgl. Auch bei diesen Apparaten wird das Filmband ruckweise Bild für Bild weiter bewegt. Die Präzision dieser Betrachtungsapparate ist im allgemeinen in relativ mäßigen Grenzen gehalten, da das Auge geringere Fehler infolge der hierbei angewandten schwachen Vergrößerung (3—4fach) der Teilbildchen nicht so leicht bemerkt. Einen einfachen Betrachtungsapparat, Mikroskop genannt, haben wir auf S. 7 gesehen.

Wesentlich höhere Anforderungen werden dagegen an den kinematographischen Projektionsapparat gestellt, auch kurz „Kinoprojektor“ genannt, denn mit diesem wird das Filmbild sehr stark vergrößert (oft 200—300fach linear) auf die Projektionswand geworfen. Es geschieht das fast ausschließlich mit künstlichem Licht. An einem kompletten Kinoprojektor sind daher folgende Teile zu unterscheiden: der optische Teil, bestehend aus der Vorrichtung zur intensiven Beleuchtung des Filmbildchens und dem Projektionsobjektiv, ferner die Lampe mit der Lichtquelle, und schließlich der Bewegungsmechanismus, der auch hier wieder meist eine ruckweise Bewegung des Filmbandes hervorbringt, außerdem gehört noch die Projektions-

wand dazu, welche das vergrößerte Bild auffängt und dem Auge darbietet. Die optische Einrichtung ist in Abb. 44 schematisch aufgezichnet. In L befindet sich die Lichtquelle, z. B. der positive Krater einer Bogenlampe. C sind die Kondensatorlinsen, deren Dimensionen und Radien so berechnet werden, daß möglichst viel Licht in das

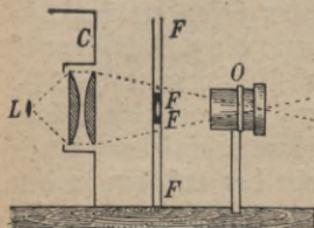


Abb. 44. Schema des Projektors.

Projektionsobjektiv O konzentriert wird. Durch die Bildebene von O läuft der Film F , und zwar derart, daß nach jedem Rud immer ein Filmbild genau in der Bildebene von O einen Moment stehen bleibt. Die Öffnung und Brennweite des Kondensors ist ferner so bemessen, daß durch das Bild FF in der Bildebene von O fast alles durch C konzentrierte Licht hindurchgeht. Das Projektionsobjektiv unterscheidet sich, abgesehen von einer meist etwas anderen Farbenkorrektur, in nichts von dem bereits besprochenen Aufnahmeobjektiv.

Es mag noch hinzugefügt werden, daß bei dem Kinoprojektor lichtstärkere Objektive verwendet werden müssen als bei der Projektion gewöhnlicher Diapositive, da bei ersterem bei nahezu gleicher Größe des durch den Kondensator erzeugten Bildes der Lichtquelle die Brennweite des Objektivs kürzer ist. Besonders hohe Anforderungen in dieser Hinsicht werden durch die Verwendung verhältnismäßig ausgedehnter Lichtquellen gestellt, wie z. B. des Gasglühlichtes usw. In diesen Fällen wird ein Objektiv der Firma Carl Zeiß, das „Biotar“, das die außergewöhnlich hohe relative Öffnung von 1:1,8 besitzt, besonders wertvolle Dienste leisten. Viel verwandt werden für die Projektion Objektive von dem bekannten Pezvalttypus.

Während bei den Aufnahmeapparaten der Greifer als der bevorzugte Bewegungsmechanismus gilt, ist es bei den Kinoprojektoren das Malteserkreuz, dessen Konstruktion und Wirkungsweise auf S. 35 beschrieben wurde.

Auch beim Kinoprojektor wollen wir ein konkretes Beispiel besprechen, um die vollständige Einrichtung eines solchen kennen zu lernen. Zu diesem Zwecke wählen wir den Kinematographen „Monopol“ der Ica-Aktiengesellschaft¹⁾ in Dresden, der als ein kleinerer Projektor für Schule und Familie auch Nichtberufsfachleuten unter

1) Die folgenden Ausführungen stützen sich auf verschiedene Druckschriften der Ica.

den Lesern eher bekannt sein dürfte. Es ist dies ein ausgezeichnet durchgearbeiteter Apparat, der bei schneller Zerlegbarkeit, geringem Gewicht, leichtem Transport äußerst bequem in der Handhabung ist und bei Anwendung von Kaltlicht durch seine Unabhängigkeit von vorhandenen Beleuchtungseinrichtungen überall zu verwenden ist. Unsere Beschreibung bezieht sich auf die beiden Abb. 45 und 46.

Der Projektor wird am zweckmäßigsten auf dem Dreieck eines zusammenlegbaren dreibeinigen Stativs fest angeschraubt. Die Träger C_1 und C_2 tragen die beiden Spulen F_1 und F_2 ; von ersterer wird der Film ab- und auf die zweite aufgewickelt. Die Spule F_1 ist zerlegbar, so daß nach Abziehen des einen Seitenblechs der Film aufgesteckt werden kann so, wie er vom Verleiher kommt. Dieser bringt nämlich den Film meist in Blechtapseln vorführungsbereit zum Versand, d. h. der Film ist mit dem Anfang nach außen aufgewickelt. Durch die Kurbel K_1 wird der Mechanismus in Bewegung gesetzt. Der Film wird hierdurch von der Spule F_1 abgewickelt. Hinter der Vorwidlerrolle f bildet er eine etwa 10 cm lange Schleife e_1 , damit er freie Bewegung hat und nicht durchreißt. Durch die Bildbühne hindurch, in die man in der Abb. 45 hineinschauen kann, da die Filmtür c nach Drücken auf die Feder b geöffnet ist, läuft der Film über die Schalttrommel G , die durch ein Malteserkreuzgetriebe rudweise betätigt wird, bildet hinter dieser eine zweite auch 10 cm lange Schleife e_2 und geht über die Nachwidlerrolle n unter der Führungsrolle l hinweg zur unteren Filmspule F_2 , auf die er aufgewickelt wird. Diese wird durch einen Schnurlauf, der aus einer Drahtspirale besteht, ebenfalls durch die Drehung der Kurbel K_1 in Bewegung gesetzt. Die Kurbel K_2 , die nach rechts und links drehbar ist, ermöglicht ein genaues Einstellen der Bildgrenzen, so daß auch immer nur ein Filmbild und nicht etwa Teile von zwei Bildern projiziert werden. Die Scharfeinstellung des Bildes geschieht durch Drehen des Objektivtriebes q , der das Objektiv o in die richtige Entfernung von dem Film bringt. Hierbei ist der mit einem runden Glimmerfenster zum Einstellen versehene Schuttschieber N herabzulassen und erst unmittelbar vor dem Andrehen des Apparates wieder hoch zu schieben und der Knopf v in die vorgesehene Rast einzulegen. Die Blende ist mit drei offenen Ausschnitten versehen. Die Lampe L ist mittels des Scharnierstiftes Q an den Kinomechanismus angelenkt und wird, wenn man sie an diesen heranschwengt, durch Einschnappen des federnden Schnappers U in der richtigen Ge-

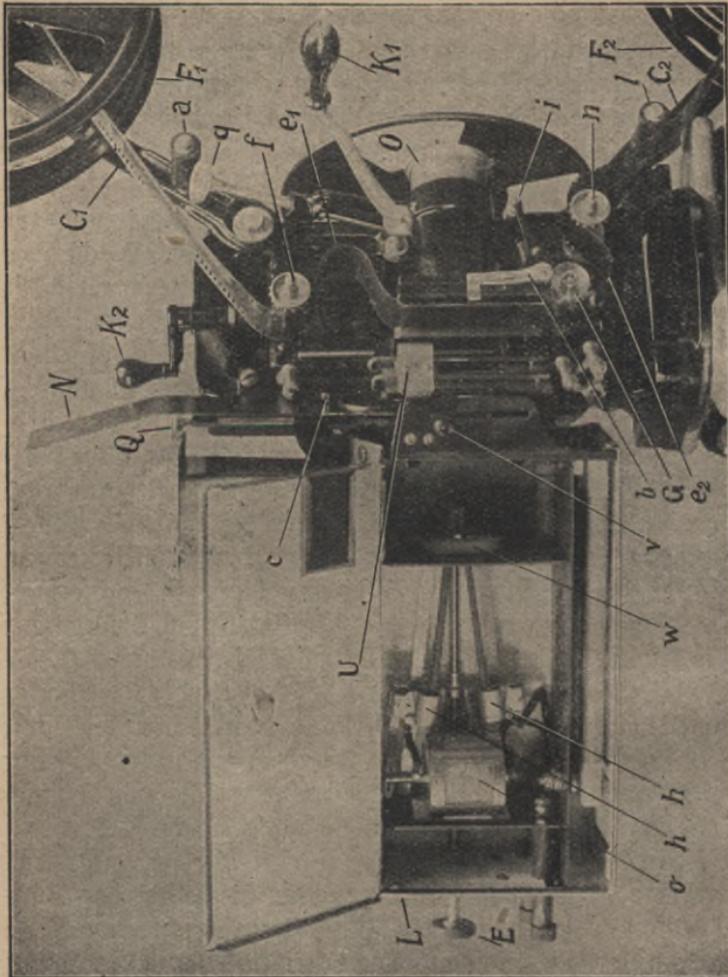


Abb. 45. Kinoprojektor mit elektrischem Bogenlicht als Lichtquelle.

brauchsstellung festgehalten. Als Lichtquelle kommt eine elektrische Bogenlampe mit 900—1200 Kerzen in Frage oder ein Kalklichtbrenner mit 500—700 Kerzen. Abb. 45 zeigt den Projektor mit einer Bogenlampe ausgestattet. Die Kohlen werden in die federnden Halter *h, h* eingesetzt und ragen mit ihren freien Enden, zwischen denen sich der Lichtbogen bildet, durch die Spießsteinscheibe *w* hindurch. Die Nachregulierung beim Abbrand der Kohlen erfolgt durch zeitweises Linksdrehen der Spindel *F*. Bei Gleichstrom brennt die Lampe mit

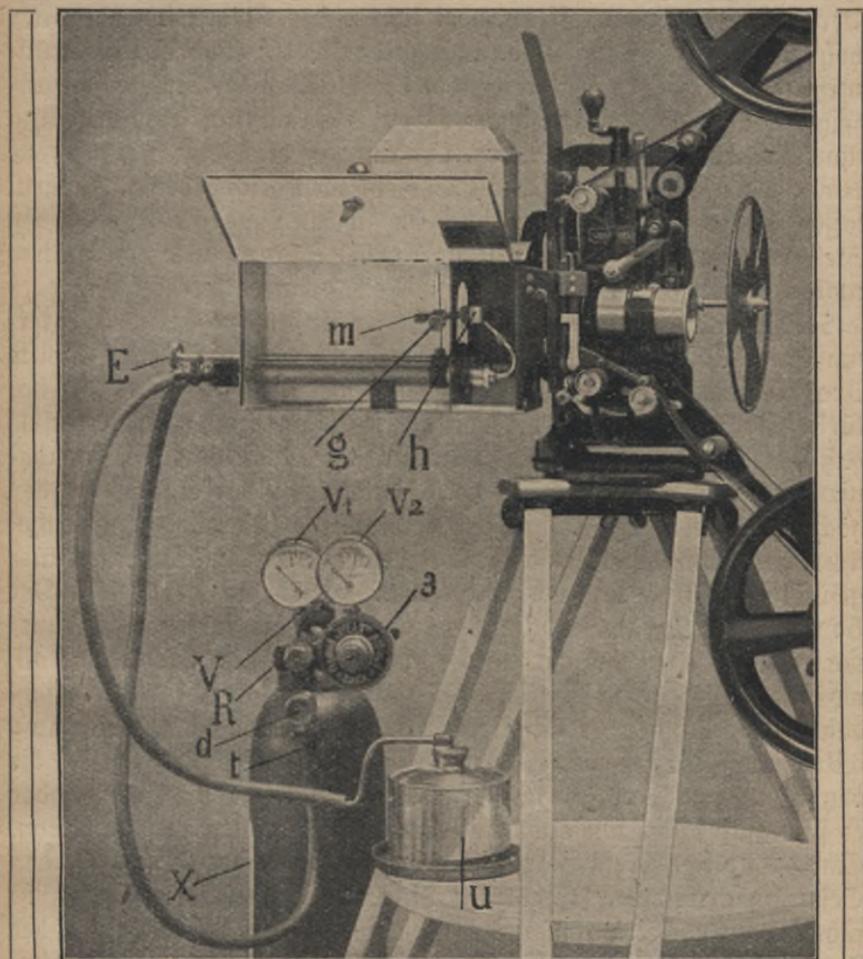


Abb. 46. Kinoprojektor mit Kalklicht als Lichtquelle.

einer Stromstärke von 4—5 Amp. und bei Wechselstrom unter Benutzung eines Transformators mit einer solchen von 7—8 Amp. Steht elektrische Energie nicht zur Verfügung, so wird am zweckmäßigsten Kalklicht benutzt, und zwar unter Verwendung von Sauerstoff und Leuchtgas; wenn letzteres fehlt, kann an dessen Stelle Gasolin treten. Eine solche Beleuchtungseinrichtung mit Gasolin zeigt Abb. 46. Die Lichterzeugung erfolgt dabei dadurch, daß der Kalkkörper *h* durch eine Stiefelflamme in leuchtende Weißglut versetzt wird.

Der benötigte Sauerstoff befindet sich in der Stahlflasche X unter hohem Druck. R ist das Reduzierventil mit dem zugehörigen Druckmesser V_2 ; V_1 ist das Sinimeter, das den Druck in der Stahlflasche anzeigt. Die Dose U enthält chemisch reines Gasolin, dessen Vergasung man dadurch unterstützen kann, daß man in die hierzu vorgesehene Rinne warmes Wasser füllt. Mit diesem eben beschriebenen Apparat lassen sich helle, feststehende Bilder bis zu 2 m Länge projizieren. An Stelle des Handbetriebes durch die Kurbel K_1 kann auch ein Elektromotor eingebaut werden, der den Mechanismus antreibt.

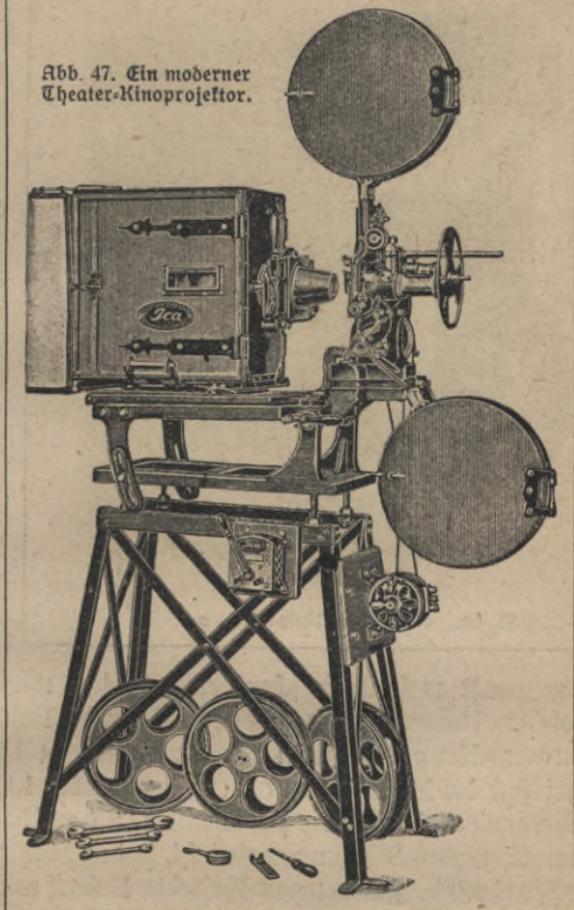
Selbstverständlich noch leistungsfähiger ist eine moderne Theatermaschine. Eine solche ist der in nebenstehender Abb. 47 dargestellte Ica-Kinematograph „Lloyd“. Dieser Apparat unterscheidet sich natürlich im Prinzip nicht von dem bereits besprochenen Projektor, so daß sich hier ein näheres Eingehen auf den eigentlichen Kinomechanismus erübrigt; da er aber für Theater bestimmt ist, muß er den höchsten Anforderungen hinsichtlich Stabilität, Präzision und Schonung des Filmbandes genügen. Deswegen wird er nur aus dem ausgedehntesten Material und mit äußerster Sorgfalt hergestellt. Der Hauptteil des Apparates besteht aus Gußeisen, die Zahnräder, Transporträder, Wellen und das Malteserkreuz aus bestem Stahl. Überall, wo das Filmband über Metallteile schleift, ist Vorsorge getroffen, daß nur die Ränder des Filmbandes an dieser schleifenden Berührung teilnehmen. Die federnden, gut polierten Stahlkufen der Filmtür, die den Film gegen seine Führung drücken, sind leicht auswechselbar, oder es sind auch solche mit auswechselbaren Silzeinlagen zu verwenden. Eine selbsttätige Bremsvorrichtung bringt, sobald der Film reißt, den Gesamtmechanismus sofort zum Stillstand, so daß der Film nicht führungslos weiterlaufen und beschädigt werden kann. Der in der Figur sichtbare Regulator schließt infolge des Nullwerdens der Zentrifugalkraft augenblicklich die Feuerschutzklappe, so daß der Film am Fenster nicht mehr der Strahlung ausgesetzt ist. Die exakte Ausführung des Malteserkreuzgetriebes, das zwecks möglichst geringer Abnutzung in ein Ölbad eingebaut ist, ermöglicht einen sicheren und geräuschlosen Gang dieses stark beanspruchten Apparatteiles. Die beiden Filmspulen werden in Feuer Schutztrommeln (s. Abb. 47) eingesetzt, die entweder allseitig geschlossen sind oder auch offen angefertigt werden, um die Entwicklung giftiger Dämpfe möglichst zu verhindern. Der ganze Apparat, der auf einem schmiedeeisernen Bod ruht, kann zur

richtigen Einstellung des Bildes auf den Schirm geneigt und nach oben, unten oder seitlich verstellbar werden. Der stabile Bau ermöglicht schnellste Gangart der Bilder (bis 52 in der Sekunde). Am Untergestell ist ein kleiner Motor für elektrischen Antrieb des Werkes sichtbar. Am Apparat ist ein weiteres Objektiv angebracht, das gewöhnliche Diapositive zu projizieren gestattet. Der Übergang von der Kino- zur Diapositivprojektion kann infolge sinnreicher Konstruktion bequem und schnellstens erfolgen.

Während bei Kinoprojektoren, die höheren Ansprüchen genügen sollen, natürlich nur das elektrische Bogenlicht, höchstens noch das Kalklicht in Frage kommen, genügen für geringere Vergrößerungen der Projektionsbilder auch schwächere Lichtquellen, wie z. B. die Nernstlampe, bei Verwendung von lichtstarken Objektiven auch schon das Gasglühlicht, womit sich z. B. der Amateur für den Hausgebrauch in den meisten Fällen wird begnügen können.

Wir wollen nun noch im nachstehenden einen für den Amateurgebrauch besonders einfachen und dabei vielseitigen Apparat besprechen, nämlich einen Universalkinematograph. Ein solch kleiner Apparat ist alles in allem: Aufnahmeapparat, Kinoprojektor, Kopier-

Abb. 47. Ein moderner Theater-Kinoprojektor.



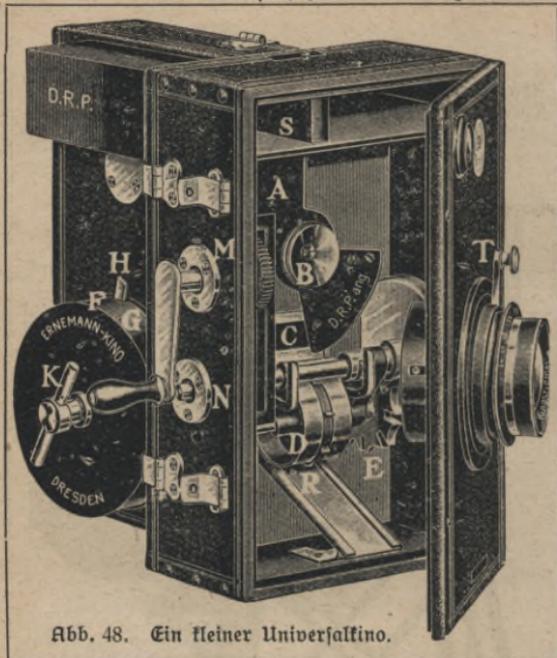


Abb. 48. Ein kleiner Universalokino.

apparat, Betrachtungsapparat. Trotz dieser Vielseitigkeit sind die Leistungen eines gut konstruierten Universalapparates durchaus achtungswert, ja vielfach haben derartige Apparate schon in der Wissenschaft Anwendung gefunden. Die Handhabung der Universalapparate ist einfach, und die Betriebskosten sind in der Regel geringer als bei den Spezialapparaten. Das Teuerste daran ist nämlich der Film, der bei den kleineren Appara-

ten meist wesentlich schmaler gehalten wird. Ein Beispiel eines solchen Universalkinos zeigt vorstehende Abb. 48, die den Ernemann-Kino der Firma H. Ernemann in Dresden darstellt. Hier beträgt die Bildhöhe nur 1 cm, gegenüber 1,8 cm bei den normalen Apparaten. Auch ist die Perforation in der Mitte des Films zwischen den einzelnen Bildern angebracht, so daß auch in der Breite des Films gespart wird. Für den gewöhnlichen Bedarf wird man bei der Wiedergabe eines Vorganges mit 10—15 m Film ausreichen; rechnet man etwa 15 Bildwechsel pro Sekunde, so kann man einen Bewegungsvorgang aufnehmen, der 1—1½ Minuten dauert. In Verbindung mit einer Projektionslaterne kann dieser Universalokino als Projektor oder durch Einsetzen in ein geeignetes Gestell auch zur subjektiven Betrachtung benutzt werden.

Bei der sehr starken Vergrößerung des Filmbildes, wie sie für Vorführungen in größerem Maßstabe nötig ist, reicht mitunter selbst sehr starkes Bogenlicht kaum aus. Andererseits erscheint die Verwendung schwächerer Lichtquellen bei normaler Vergrößerung bisweilen doch wünschenswert oder geboten. Ferner erscheinen die farbig getönten

Silmbilder verhältnismäßig dunkel auf der Projektionswand, da sie viel Licht verschlucken. In allen diesen Fällen hilft man sich neuerdings durch Erhöhung der Reflexionskraft der Auffangschirme. Es läßt sich dies z. B. zweckmäßig unter Zuhilfenahme der metallischen Reflexion erreichen, welche natürlich eine „diffuse“ sein muß, da man mit regelmäßig reflektierenden Flächen kein objektives Bild auffangen kann. Man benutzt in diesem Falle also mattierte Metallflächen als Auffangschirme.

Die Firma Carl Zeiß in Jena stellt derartige Projektionschirme mit metallischer Oberfläche bis zu sehr großen Dimensionen und zusammenrollbar her. Ihr Hauptbestandteil ist Aluminium, das chemischen Einflüssen der Atmosphäre bedeutend weniger als andere Metalle unterliegt. Diese Schirme besitzen die Eigenschaft, das von der Projektionslampe kommende Licht gegenüber den gewöhnlichen Schirmen mehr nach vorn innerhalb eines je nach dem Präparat größeren oder kleineren Winkels zusammenzudrängen. Der Winkel, innerhalb dessen die Helligkeit dem Beobachter größer als an gewöhnlichen Schirmen erscheint, heißt der nutzbare Streuungswinkel. Dem außerhalb dieses Winkels sitzenden Beobachter erscheint der Metallschirm dunkler als ein gewöhnlicher weißer Schirm, dagegen besitzt der Metallschirm innerhalb seines mehr oder weniger breiten Reflexionsmaximums eine Helligkeit, die das Vielfache der gewöhnlichen Schirme beträgt. Aus diesem Grunde ist es von Vorteil, bei Verwendung der Metallschirme die Zuschauerplätze nicht amphitheatralisch, sondern mehr langgestreckt nach rückwärts anzuordnen und den Schirm von der ersten Reihe genügend weit zu entfernen. Diese Maßnahmen sind ja auch schon aus Gründen der Perspektive erforderlich.

Die Beschaffenheit der Oberfläche der Metallschirme ist von großem Einfluß auf die Wirkung: glatte Flächen ergeben in der Mitte des Raumes große Helligkeit, die jedoch nach den Seiten hin rasch abfällt. Mehr oder weniger rauhe Flächen dagegen besitzen innerhalb eines größeren Winkels eine nicht so große, jedoch ziemlich konstante Helligkeit. Mit Rücksicht hierauf bringt das Zeißwerk drei Arten von Schirmen mit Metallbelag in den Handel: den glatten Schirm, der im Reflexionsmaximum etwa 14mal heller als wie der gewöhnliche Schirm ist: er ist für schmale Kintheater geeignet; ferner den Schirmingschirm, der etwa 7mal heller als wie der weiße Schirm ist und sich für Kintheater von normaler Breite eignet, d. h. wie sie jetzt

meist üblich sind; und schließlich den geriefelten Schirm, der immer noch $3\frac{1}{2}$ mal heller wie die gewöhnliche Projektionswand ist. Letztere Art eignet sich auch für breitere Räume. Dieser Schirm besitzt innerhalb eines Streuwinkels von 45° praktisch konstante Helligkeit.

Den Amateuren sei der glatte Schirm für den Hausgebrauch empfohlen, falls es sich um kleinere Formate und schwache Lichtquellen handelt (Nernstlampe, Auerlicht, Petroleumlicht).

Das in Abb. 49 nach Messungen von Lehmann aufgezeichnete Diagramm gestattet einen Vergleich verschiedener Präparate von Metallschirmen in ihrem Verhältnis zum weißen Papierschirm. Als Abszissen sind die halben Streuwinkel aufgetragen, welche von der auf der Schirmfläche errichteten Normalen aus gerechnet sind, und als Ordinaten die gemessenen relativen Flächenhelligkeiten. Um den Maßstab des Diagramms nicht zu klein zu erhalten, sind die Reflexionsmaxima der beiden hellsten Schirme weggelassen. Aus diesem Diagramm ist folgende Zusammenstellung 3 abgeleitet. Sie enthält die relativen maximalen Helligkeiten H , bezogen auf den weißen Papierschirm ($H = 1,0$), und die nutzbaren Streuwinkel W .

Zusammenstellung 3.

Präparat	H	W
1. Gewöhnliches weißes Papier	1,0	—
2. Glatter Aluminiumschirm	13,8	48°
3. Shirting =	7,8	61°
4. Geriefelter =	3,4	84°
5. Tiefgangs Totalreflexmasse (Aluminium in Zelluloid)	3,4	71°
6. Aluminiumpulver auf Gummistoff der Gummifabrik Harburg=Wien	2,9	56°
7. Größeres Mattglas, Mattseite versilbert	1,6	96°

Die Zahl H gibt also an, wievielfach heller die Metallfläche ist als weißes Papier. Für die Verwendung der Metallschirme ist zu berücksichtigen, daß sie nur dann Zweck haben, wenn die Beleuchtungsstärke wirklich nicht ausreicht, also wesentlich unterhalb von 50 Hefner-Meterkerzen liegt, eine Beleuchtungsstärke, die nach Untersuchungen der Hygieniker als für das Auge am geeignetsten ermittelt wurde, wie wir früher sahen. Da die Metallschirme bis zu 14 mal heller sind als die gewöhnlichen Schirme, so erscheinen auf ihnen Einzelheiten in

schaftlichen Bedeutung, denn man wird bei ihrer Verwendung für den gewöhnlichen Zweck mit der halben Lichtstärke auskommen. Schließlich sei noch auf die Verwendung der Metallschirme bei der Projektion in unverdunkelten Räumen hingewiesen. Auch hier leisten die Metallschirme eben infolge ihrer großen Helligkeit bedeutend mehr als die bisher üblichen Einrichtungen, welche sämtlich auf ein „Beschatten“ der gewöhnlichen Schirme hinauslaufen, d. h. es werden zwischen den den Raum erhellenden Lichtquellen und dem Schirm irgendwo Blenden angebracht, die den Schirm beschatten. Bei Verwendung der Metallschirme dagegen kann man die Lichtquellen sogar unbedeckt anbringen, wenn man nur dafür Sorge trägt, daß das von diesen Lichtquellen herrührende Reflexionsmaximum, welches natürlich den Gesetzen der regelmäßigen Reflexion folgt, die Beobachter nicht treffen kann. Freilich tritt bei Projektion in unverdunkeltem Raume infolge des nichtadaptierten Zustandes des Auges eine Erhöhung der Verschmelzungsfrequenz ein, wie wir früher auf S. 21 sahen, d. h. das Flimmern wird stärker bemerkbar. Man wird diese Anordnung also nur bei Verwendung guter Apparate treffen können. Fast unentbehrlich aber ist der Metallschirm zur Projektion von farbigen Bildern, die schon bei der üblichen Vergrößerung gewöhnlicher Diapositive oft sehr dunkel sind. Für die kinematographische Projektion in Farben wird das natürlich in noch viel höherem Maße zutreffen.

IV. Die Kinematographie in Wissenschaft und Technik.

Von besonderem Interesse sind die Anwendungen der Kinematographie als Hilfsmittel bei der wissenschaftlichen Forschung. Hier kann man unterscheiden zwischen Versuchsarrangierungen mit dem gewöhnlichen, im Handel befindlichen Kinoapparat und Anwendungen mit für spezielle Zwecke konstruiertem Apparat, je nachdem Bewegungen analysiert werden sollen, für welche die übliche mittels der rudweisen Filmbewegung erreichbare Bildwechselfrequenz noch ausreicht, oder welche Spezialapparate mit wesentlich anderer Wechselfrequenz erfordern.

Einmal kann die Kinematographie zur Aufzeichnung sehr langsamer Bewegungen dienen, die so langsam sind, daß wir sie mit dem Auge nicht mehr wahrnehmen können. Derartige Bewegungen fin-

den wir z. B. beim Wachstum der Pflanzen und bei einigen Reaktionen ihrer Organe. Gewisse Reaktionen an Pflanzenorganen gehen jedoch sehr schnell vor sich, wie z. B. das Aufspringen mancher schotenartiger Früchte bei der Berührung derselben mit irgendeinem Gegenstand. Derartige Bewegungen lassen sich mit dem gewöhnlichen Kinoapparat genau verfolgen; aus dem Vergleich und den Ausmessungen der erhaltenen Bilder läßt sich z. B. feststellen, welcher Art die Bewegung ist, ob sie mit gleichförmiger oder beschleunigter Geschwindigkeit erfolgt, ob sie stetig ist oder periodisch, ferner in welcher Weise Licht verschiedener Wellenlänge einwirkt usw. Die Aufzeichnung des Wachstums erfordert selbstverständlich lange Zeit zur Aufnahme. Am besten wird man zu diesem Zweck den Mechanismus des Aufnahmeapparates mit einem Uhrwerk verbinden, das in gewissen Zeiträumen die Aufnahme der einzelnen Teilbilder automatisch bewerkstelligt. Derartige kinematographische Aufnahmen vom Wachstum einiger Pflanzen sind von Pflanzenphysiologen bereits mehrfach hergestellt worden, zuerst von dem Leipziger Botaniker Professor Pfeffer. Meistens handelte es sich hierbei um das Aufblühen von Blumen, wie z. B. der *victoria regia*. Nachstehende Abb. 50 ([18] Abb. 83 u. S. 118) veranschaulicht das Aufblühen der Blume einer Windenart in 16 Phasen, die innerhalb einer Stunde liegen. Diese Untersuchung wurde in dem von Marey begründeten Photophysologischen Institut zu Paris ausgeführt.

Werden Aufnahmen sehr langsamer Bewegungen im gewöhnlichen Kinoprojektor in normalem Tempo vorgenommen, so ziehen die einzelnen Phasen so rasch am Auge vorbei, daß die abgebildete Bewegung nunmehr sichtbar wird, wir sehen z. B. das Schwellen der Knospen, das Aufbrechen und die volle Entfaltung der Blüten in wenigen Minuten anschaulich vor sich gehen. Aufnahmen sehr rascher Bewegungen, die wir in natura ebenfalls nicht mehr wahrnehmen können, lassen sich auf ebendieselbe Weise deutlich machen, nur daß hier die Vorführung langsamer als die Aufnahme erfolgt.

Das unmerklich langsame Fortschreiten von Entwicklungsvorgängen spielt in der Biologie eine große Rolle, wie z. B. die Bildung von Bazillenkulturen. Die direkte Beobachtung derartiger Vorgänge würde oft tagelange ununterbrochene Aufmerksamkeit erfordern, was physisch unmöglich ist. Hier hilft die Kinematographie in sehr bequemer Weise, indem mittels der durch sie erhaltenen Aufnahmen jede ein-



Abb. 50. Das Aufblühen einer Winde innerhalb einer Stunde.

zelne Phase der Bildung nachträglich und wiederholt genau studiert werden kann. Bei den Problemen der Biologie handelt es sich in den meisten Fällen um mikroskopische Beobachtungen, man muß also in diesen Fällen den Kinoapparat mit dem Mikroskop kombinieren. Es geschieht das in einfachster Weise so, daß die Kinokammer mit dem auf „unendlich“ eingestellten Objektiv vor das Okular des Mikroskops gebracht wird, im übrigen ist die Anordnung genau so wie bei der subjektiven Beobachtung, nur übernimmt hier die Aufnahmekammer die Funktion des Auges. Es gibt natürlich kompliziertere, für spezielle Zwecke geeignete Anordnungen. Abb. 51 ([18] Abb. 85 u. S. 118) stellt die Entwicklung einer Kolonie von *Botryll* (im Meere lebender niederer Tiere) dar, und zwar Aufnahmen 1—4 das Anfangsstadium, 5—12 einige mittlere Abschnitte und 13—16 das Endstadium. Die Aufnahme wurde von Bull und Pizon im Photophysiologicalen Institut zu Paris ausgeführt. Man erkennt deutlich die Vermehrung der Tiere und kann das Anwachsen der ganzen Kolonie verfolgen.

In allerneuester Zeit ist auch die letzte Errungenschaft der mikroskopischen Forschung, das Ultramikroskop, mit dem Kino kombiniert worden. Dieses Instrument ist von H. Siedentopf, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Firma Carl Zeiss in Jena, erfunden worden und dient in erster Linie dazu, kleine in irgendeinem festen

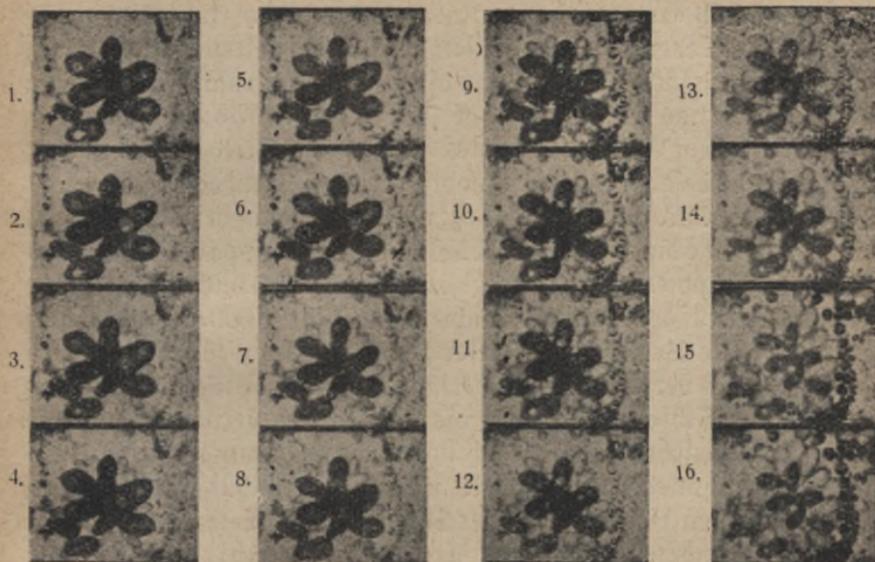


Abb. 51. Die Entwicklung einer Kolonie von Botryllien.

oder flüssigen Lösungsmittel enthaltene Teilchen, die im gewöhnlichen Mikroskop nicht mehr gesehen werden können, sichtbar zu machen. (Es ist also zunächst ein physikalisch-chemisches Instrument.) Es wird das dadurch erreicht, daß das Licht die zu beobachtenden Teilchen von der Seite her mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen trifft, während das bei dem gewöhnlichen Mikroskop von der Rückseite her geschieht. Die letztere Methode bezeichnet man als „Hellfeldbeleuchtung“, im Gegensatz dazu die erstere als „Dunkelfeldbeleuchtung“. Hier erscheinen die Objekte hell auf dunkeln Grund, und das ist die Ursache, weshalb nach dieser Methode wesentlich kleinere Teilchen sichtbar werden. Man hat nun das Ultramikroskop auch für die übrigen Aufgaben der Mikroskopie dienstbar gemacht, insbesondere ist es mit seiner Hilfe gelungen, Bakterien zu entdecken, die den Forschern im gewöhnlichen Mikroskop bisher entgangen waren. Die beim Ultramikroskop in Anwendung gebrachte Dunkelfeldbeleuchtung läuft also in der Hauptsache auf eine außerordentlich gesteigerte Helligkeit des durch das Mikroskop vom Objekt erzeugten Bildes hinaus, ohne daß hierbei wie bei der gewöhnlichen Hellfeldbeleuchtung die Helligkeit des übrigen Gesichtsfeldes mit wächst; dieses bleibt im Gegenteil nahezu dunkel. Und durch die Erzielung so großer relativer Lichtstärke des Bildes ist

es erst möglich geworden, auch kinematographische Aufnahmen von den kleinsten Lebewesen herzustellen, die uns ein getreues Abbild ihrer ganzen Lebenstätigkeit und ihrer oft unglaublich raschen Bewegung geben. Derartige Aufnahmen hat Jean Comandon [3] in Paris hergestellt. Sein in den Comptes Rendus beschriebener Apparat, ein für diesen besonderen Zweck modifizierter Apparat von Pathé, mit der optischen Einrichtung von Zeiß, gibt 16 Bilder in der Sekunde, also etwa so viel wie die allgemein gebräuchlichen Kinoapparate. Comandon photographierte Körper von $\frac{1}{2}$ Mikron (0,0005 mm) Größe, deren Durchmesser auf dem Projektionsschirm ungefähr 20000 mal vergrößert erscheint. Alle Bewegungen dieser kleinsten Wesen lassen sich dabei aufs genaueste verfolgen. So untersuchte Comandon die Trypanosomen der Schlafkrankheit, die auf dem Projektionsschirm wie starke Aale aussehen, und die sich in rascher Bewegung um die Blutkörperchen schmiegen; als Objekt für die Untersuchung diente nämlich ein Tropfen Blut eines an der Schlafkrankheit Leidenden. — Ferner zeigen andere Aufnahmen Comandons Spirochäten, die wurmartig um die Blutkörperchen eines erkrankten Hühnes glitten. Andere Aufnahmen zeigen im Menschenblut die Brownschen Bewegungen der Nahrungsfetttröpfchen. Derartige Bewegungen führen nach der „Kinetischen Theorie“ die kleinsten leblosen Teilchen aus. Auf einem anderen Film ist ferner der interessante Kampf auf Leben und Tod zu sehen, den die weißen Blutkörperchen mit den Bakterien führen, und der meistens damit endet, daß die weißen Blutkörperchen die Bakterien auffressen, indem sie diese an sich heranziehen und in ihrem flüssigen Inhalt auflösen. Ferner untersuchte der junge Forscher die Einwirkung chemisch reinen Wassers auf Blut: hier und da bemerkt man, wie ein Blutkörperchen platzt und seinen Inhalt verstreut. Schließlich ist es Comandon auch gelungen, den Erreger der Syphilis, der mit dem gewöhnlichen Mikroskop kaum gesehen werden kann, sogar im kinematographischen Lichtbilde in allen seinen Bewegungen festzuhalten. Wir sehen da ein schwächtiges, fortzieherartiges Gebilde, das in der Mitte einen charakteristischen Knick aufweist, sich im Gesichtsfelde herumbewegen, andere wieder sind scheinbar in eifriger, bohrender Arbeit an Gewebestöcken begriffen. Nicht unerwähnt mag bleiben, daß übrigens bereits vor Comandon Reichert von der Bewegung der Fetteilchen und der Leukozyten im Blute mikroskopische Dunkelfeldaufnahmen mit dem Kinematographen gemacht hat.

Ein weiteres hervorragendes Anwendungsgebiet der Kinematographie ist die Physiologie der Bewegungen. Auf diesem Gebiete sind in der Tat mit Hilfe der Kinematographie schon viele wertvolle Resultate erzielt worden. Bahnbrechend hat hier Professor Marey gewirkt, der eigentliche Begründer der modernen Kinematographie.

Mit weniger vollkommenen Apparaten haben der Amerikaner Muybridge, ferner die Deutschen Anschütz und E. Kohlrusch ebenfalls vortreffliche Resultate erzielt; sie betonten hauptsächlich die künstlerische Seite der Bewegungen von Mensch und Tier, und in dieser Hinsicht sind namentlich die Aufnahmen von Anschütz auch heute noch unübertroffen. Als klassisch gelten z. B. Anschütz' Aufnahmen des „Steinwerfers“ und des „Speerwerfers“.

Auf die Wichtigkeit der kinematographischen Aufnahmen für das Studium der bildenden Künstler macht besonders Wolf-Czapet aufmerksam. An Beispielen zeigt er, daß der früheren europäischen Kunst in den flüchtigen Bewegungen von Mensch und Tier charakteristische Momente entgangen sind. Zuerst in japanischen Bildern lernte man Bewegungsmomente kennen, die zunächst der Wirklichkeit wenig entsprechend schienen. Die Moment- und Reihenphotographie hat dann die Auffassung der japanischen Künstler bestätigt und ist so nicht ohne Einfluß auf die moderne europäische Kunst geblieben.

Auch zur Analyse pathologischer Bewegungsercheinungen ist die Kinematographie herangezogen worden. Die Bildserie Abb. 52 stellt den Gang eines Nervenkranken dar. Die mitphotographierte Sekundenuhr ermöglicht eine genaue Untersuchung der Bewegung. Die Aufnahme rührt von E. Kohlrusch her. Der hierzu benutzte Apparat war von der Art des auf S. 42, Abb. 31, beschriebenen. Er besaß eine rotierende photographische Platte und vier Objektive, die am Rande einer rotierenden Scheibe befestigt waren. Der Apparat gestattete jedoch nur 25 Aufnahmen zu machen, und zwar innerhalb 1—2 Sekunden. Heutzutage kommt man mit dem einfachen Kino weiter; aber die oben reproduzierten Aufnahmen sollen zeigen, wie weit man früher schon in bezug auf die photographische Auffassung und Technik gekommen war.

Der Leipziger Professor Sischer hat an kinematographischen Aufnahmen eine genaue mathematische Analyse des menschlichen Ganges vorgenommen. Zu diesem Zwecke wurde der aufzunehmenden Person dunkle, photographisch möglichst unwirksame

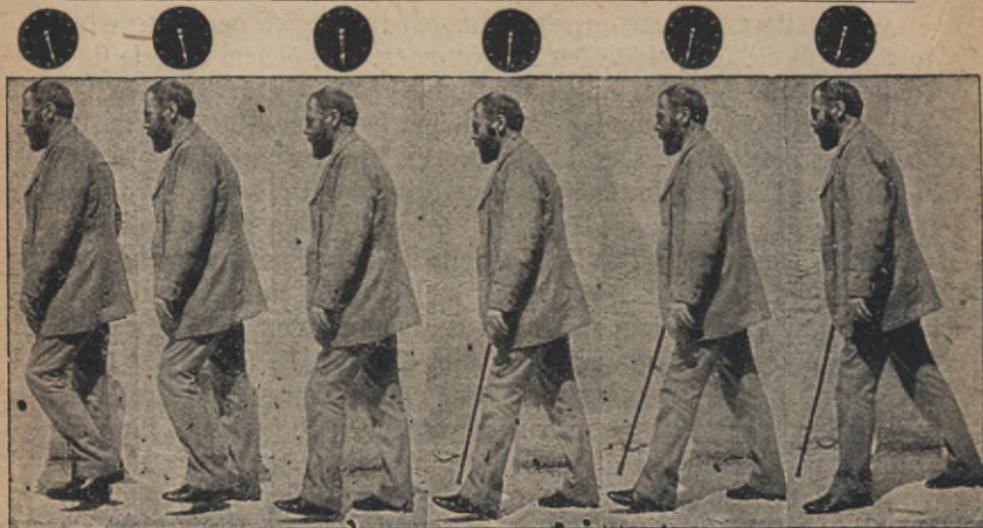


Abb. 52. Der Gang eines Nervenkranken.

Kleidung angezogen, während an bestimmten Stellen der Extremitäten und des Körpers leuchtende Punkte und Linien angebracht wurden, die sich dann auf der photographischen Platte scharf markierten und eine genaue Ausmessung der Aufnahmen ermöglichten. Im Prinzip wurde übrigens dieses Verfahren schon von Marey [13] verwandt. Die untenstehende Abb. 53 zeigt eine nach seinen Angaben gekleidete Person. Von Bedeutung für die Physiologie der Sprache sind ferner die Aufnahmen Demenys, eines Mitarbeiters Mareys, von der Mundstellung sprechender Personen. Neuerdings sind solche Aufnahmen mit Erfolg zum Unterricht Taubstummer benutzt worden, die an ihnen das Ablesen des gesprochenen Wortes lernen.

Auch die Bewegungen innerer Organe am lebenden Körper sind mittels der Röntgenphotographie kinematographisch analysiert worden, so z. B. die Bewegungen des Magens. Erst mit Hilfe der „Radiochronographie“ (so nennen die Franzosen diese Untersuchungsmethode) ist dieser merkwürdige Bewegungsvorgang aufgeklärt worden. Abb. 54 zeigt ein Bruchstück der Serienaufnahme vom Magen und Darm eines Hühnchens. Diese Aufnahme entstammt



Abb. 53. Person gekleidet nach Marey.

einer Abhandlung von J. Carvallo ([19] S. 76ff.) vom Institut Marey. Es wurde hierbei genau so verfahren wie bei der gewöhnlichen Röntgenphotographie: die Röntgenröhre sendet ihre Strahlen aus welche das Objekt teilweise durchdringen und von ihm auf den photographischen Film, der hier durch ein Kinematographenwerk ruckweise weiter bewegt wird, ein scharfes Schattenbild entwerfen. Die Zahl der Bildwechsel pro Sekunde kann verschieden eingestellt werden. Obige Serie enthält fünf Aufnahmen pro Sekunde. Damit sich die zu analysierenden Organe schärfer von ihrer Umgebung abheben, wird dem Futter, das die Tiere kurz vor der Untersuchung einnehmen müssen, etwas Wismutnitrat beigemischt, welches selbst in schwächerer Konzentration für die Röntgenstrahlen sehr wenig durchlässig ist. Es muß noch hinzugefügt werden, daß die oben reproduzierten Phasen nicht unmittelbar zusammengehören; zwischen je zweien hat man sich noch je fünf Übergangsphasen zu denken.

Dies von Carvallo beschriebene Verfahren gehört zur direkten Röntgenkinematographie. Es gibt nämlich noch einen zweiten Weg für kinematographische Röntgenaufnahmen, das indirekte Verfahren. Biesalski und Köhler haben die auf einem Leuchtschirm aus Kalziumwolframat, der blaues, photographisch besonders wirksames Licht aussendet, entstehenden Röntgenbilder (langsame Bewegung des Ellenbogengelenks) mit einem kinematographischen Aufnahmeapparat erfolgreich photographiert. Bei dieser Methode muß man sehr lichtstarke Objektive, etwa von der relativen Öffnung $\frac{1}{2}$, anwenden. Da das gewöhnliche optische Glas die kurzwelligen Lichtstrahlen stark absorbiert, kann man besser noch Linsen aus Quarz benutzen oder auch einen Hohlspiegel, der das Röntgenbild auf den Film der Kammer wirft. Immerhin verlangt dieses Verfahren vorläufig so lange Belichtungszeiten, daß für rasch verlaufende Bewegungen die indirekte Methode nicht genügt; auch stört für Bilder feinerer Zeichnung das Korn des Leuchtschirms. Das direkte Verfahren dagegen



Abb. 54. Kinematographische Röntgenaufnahme vom Magen eines Hühnchens.
Nach J. Carvallo.

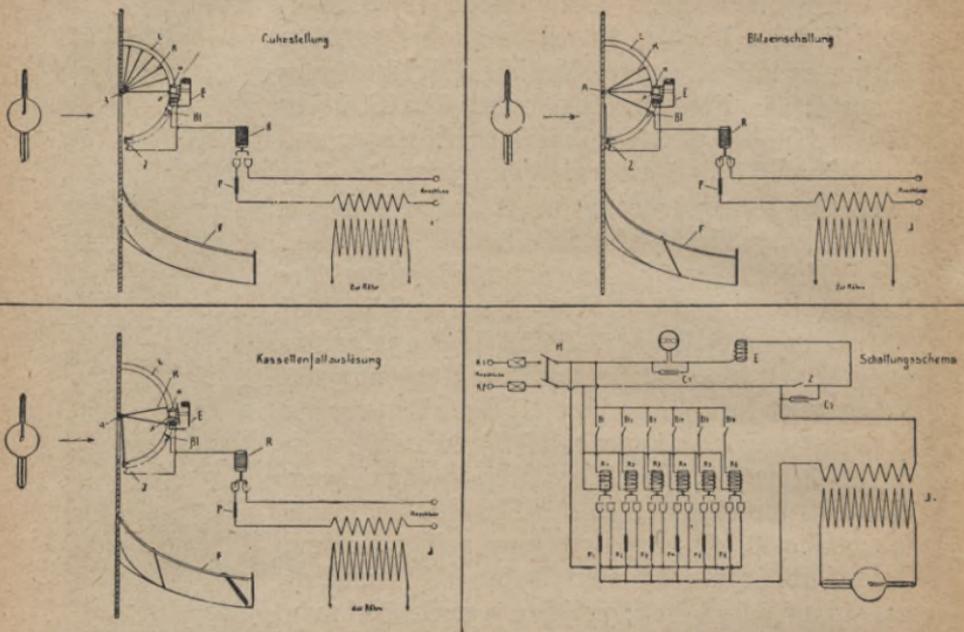


Abb. 55. Schema eines Röntgenkinematographen der Veisawerke (drei verschiedene Arbeitsstellungen).

hat den Nachteil verhältnismäßig großer Bilder, deren genügend rascher Wechsel Schwierigkeiten macht. Da nämlich die Röntgenstrahlen nicht wie die Lichtstrahlen regelmäßig reflektiert oder gebrochen werden, geben sie direkt von den aufzunehmenden Gegenständen nur Schattenbilder in mindestens natürlicher Größe. Der Vervollkommnung der Röntgenkinematographie kam die Erfindung des Einzelschlag- oder Blitzverfahrens von Dessauer zugute, das in etwa $\frac{1}{300}$ Sekunde fast alle Aufnahmen des menschlichen Körpers zu machen erlaubt, so daß man mit ihm scharfe Momentaufnahmen erhalten kann. Bei der direkten Röntgenkinematographie werden oft dem Film, den ja Carvallo verwandte, die photographisch empfindlicheren Platten vorgezogen trotz der großen zu transportierenden Masse, die einmal aus der Platte, dann aber noch aus der schweren, bleihaltigen Kassette besteht. Die obenstehende Abb. 55 zeigt in verschiedenen Arbeitsstellungen schematisch einen Apparat der Veisawerke [17], der in sinnreicher Weise das Problem des Plattenaufnahmefinematographen löst. Die Kassetten vollführen, aus der Ruhe-



stellung entlassen, in der sie fächerförmig um die Welle A angeordnet sind, unter dem Einfluß der Schwere zunächst eine Kreispendelbewegung und entgleiten, nachdem sie einen Moment ruhig stehengeblieben und dabei belichtet worden sind, nach unten. Auf diese Weise lassen sich in einer Sekunde bis 6—8 Aufnahmen machen; das genügt, um gute kinematographische Röntgenaufnahmen von menschlichen Organen, wie Herz, Lunge, Magen usw., zu erzielen. Abb. 56 zeigt ein Kinematogramm, das einem einzigen Schlag des menschlichen Herzens entspricht.

Auch in der Physik ist der Kinoapparat schon zur bequemen Registrierung der komplizierten Bewegungen verwendet worden, die schwingende Stäbe erzeugen. Dasselbe ist auch bei schwingenden Saiten und Platten möglich. Der Zweck dieser Methode ist die experimentelle Nachprüfung und eventuelle Korrektur der auf theoretischem Wege mittels der mathematischen Bewegungsgleichungen erzielten Resultate. Auch in der wissenschaftlichen Technik wendet man die Kinematographie jetzt bisweilen an, z. B. bei Festigkeitsprüfungen von Materialien. Hierbei werden die durch Druck oder Zug entstehenden Veränderungen, die in Wirklichkeit sehr rasch vor sich gehen können, genau registriert und so der Messung zugänglich gemacht. Ferner können auf diese Weise die elastischen Eigenschaften festgestellt werden. In gewissen Fällen kann der Kinoapparat mit Vorteil den Indikator ersetzen. Es ist das ein mechanisches Instrument, welches die Leistungen von Maschinen feststellt, und das im allgemeinen auf den Gesetzen des Hebels beruht. So ist z. B. beim Dampfhammer der Indikator schwierig anzubringen; hier

Abb. 56. Röntgenkinematogramm eines menschlichen Herzschlages.

hat man einfach den in Tätigkeit befindlichen Hammer kinematographisch aufgenommen, und zwar zu-

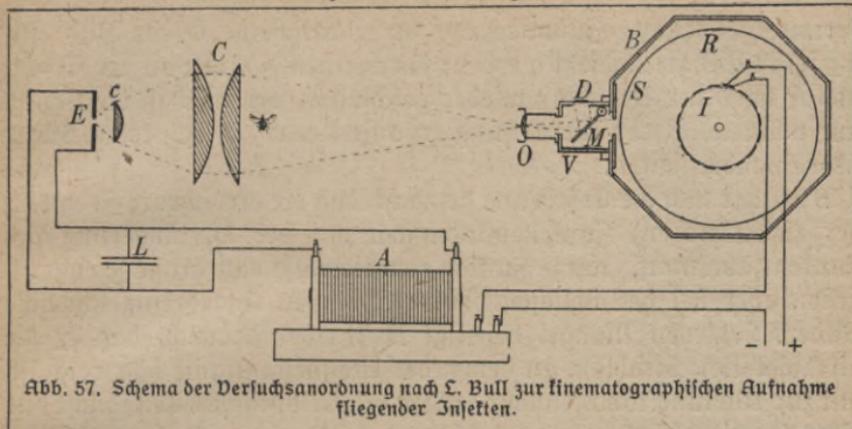
gleich mit einer neben dem Hammer stehenden Sekundenuhr. Aus der auf den Bildern ersichtlichen Stellung von Hammer und Uhrzeiger läßt sich alles Erforderliche zur Bestimmung der Leistung usw. des Hammers in einfachster Weise ableiten.

Einem Kinoaufnahmeapparat ähnlich sind zu Übungszwecken Maschinengewehre konstruiert worden mit photographischer Kammer, in der sich ein gewöhnlicher perforierter Kinofilm bewegt. Statt der Beschießung des Zieles werden Aufnahmen davon gemacht, und die entwickelten Filmbilder zeigen dann, ob der Schütze richtig gezielt hat. Ebenfalls zu Übungszwecken benutzt man projizierte lebende Bilder als Schießscheibe. Die Reihenbildapparate, mit denen vom Flugzeug aus Aufnahmen von zusammenhängenden Geländestreifen zu Aufklärungs- und Vermessungszwecken gemacht werden, sind ebenfalls nahe Verwandte der Kinoaufnahmekammer.

Zur Analysierung sehr rascher Bewegungen lassen sich die gewöhnlichen Apparate mit einem Bildwechsel von 20—30 pro Sekunde nicht verwenden. Schon Marey ([18] S. 119) hatte einen Apparat nach dem Prinzip der Reibungsscheiben (s. S. 39) konstruiert, der eine Bildfrequenz von 140 pro Sekunde gestattete. Das ist eine für rudweise Filmbewegung sehr hohe Zahl.

Es gibt aber Bewegungen, zu deren Analysierung eine Wechselfrequenz nicht von mehreren Hunderten, sondern Tausenden von Aufnahmen pro Sekunde erforderlich ist. Zu diesen Bewegungen gehört z. B. der Insektenflug. Bei der Analyse derartiger Bewegungen benutzte Marey den elektrischen Funken, der wegen seiner außerordentlich kurzen Dauer und hauptsächlich wegen der Möglichkeit einer hohen Frequenz hierzu besonders geeignet ist. Freilich ist es der Funkenphotographie erst neuerdings gelungen, Aufnahmen im reflektierten Licht zu machen. Bis dahin mußte man ausschließlich das durchfallende Licht benutzen, wodurch gewissermaßen nur Schattenbilder der Objekte entstehen, die indessen bei mehr oder weniger transparenten Körpern immerhin Einzelheiten der Struktur erkennen lassen. Jedoch ist diese Art der Abbildung zur Lösung vieler Bewegungsprobleme vollkommen ausreichend.

Diese Methode von Marey wurde von L. Bull ([18] S. 120ff.) im Mareyschen Institut zu Paris zu einer hohen Vollkommenheit gebracht. Seine Versuchsanordnung ist aus dem in Abb. 57 dargestellten Schema ersichtlich: auf der Trommel R von etwa 55 cm Durchmesser ist die



empfindliche Schicht aufgewickelt. Diese Trommel wird durch einen Elektromotor in Umdrehung versetzt. An derselben Achse von *R* sitzt noch eine Hartgummischeibe *J*, die an ihrem Umfang einige 50 voneinander isolierte Lamellen aus Messing trägt, auf denen die Enden der Leitung eines nach einem Induktorium *A* führenden Primärstromkreises von etwa 50 Volt Spannung und $2\frac{1}{2}$ Ampère Stromstärke schleifen. Durch die Vorrichtung *J* wird bei entsprechender Umdrehungsgeschwindigkeit dieser Primärstrom in der Sekunde ungefähr 2000 mal unterbrochen, und hierdurch werden im Sekundärkreis ebenfalls 2000 Stromstöße erzeugt, von denen jeder bei *E* zwischen Magnesiumelektroden einen leuchtenden Funken erzeugt. Die Intensität des Funkenlichts wird noch durch die Einschaltung eines Kondensators *L* verstärkt. Das Funkenlicht wird durch das Kondensatorsystem *cC* in das photographische Objektiv *O* gesammelt, das von einem in den Strahlengang gebrachten Objekt ein scharfes Bild auf der photographischen Schicht erzeugt. Die Dauer jeder Funkenentladung ($\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ milliontel Sekunde) ist gegenüber der Geschwindigkeit des Rades *R* sehr klein, so daß hier eine kontinuierliche Filmbewegung möglich ist, ohne daß eine merkliche Unschärfe der einzelnen Bilder eintritt. Jede Funkenentladung bei *E* erzeugt auf der Schicht auf *R* ein Bild, und die Zahl der Unterbrechungen im Primärstromkreis durch *J* ist so bemessen, daß die entstehenden Bilder sich nicht überdecken. Bei *S*, unmittelbar vor der empfindlichen Schicht, ist ein besonders konstruierter Momentverschluß angebracht, der durch einen Elektromagneten geöffnet wird. Dieser kann durch Heben des Sucherspiegels *M* (welcher im

heruntergeklappten Zustande auf der Mattscheibe *D* das Bild entwirft) in Tätigkeit gesetzt werden; durch einen Kontakt an der Trommel *R* wird der Verschluss wieder geschlossen, derart, daß die Schicht nur während einer Umdrehung exponiert wird, so daß keine Bilder übereinander fallen.

Bull hat nun die Erfahrung gemacht, daß die erreichbare Frequenz der (brauchbaren) Funkenentladungen mit der Verlängerung des Funken abnimmt. Kurze Funken gestatten also eine große Frequenz, geben aber bei der üblichen photographischen Anordnung schwache Bilder. Letzteren Mangel beseitigt Bull aber dadurch, daß er die ultravioletten Strahlen, an denen der Magnesiumfunke sehr reich ist, mit zur Wirkung kommen läßt, indem er alle optischen Teile nicht aus Glas (das ja diese Strahlen verschluckt), sondern aus Quarz und Kalkspat macht. Hierdurch hauptsächlich hat Bull die hohe Frequenz von 2000 Bildern pro Sekunde erreicht. In Wirklichkeit erhält er jedoch nur etwa 50 Bilder bei einer Aufnahme, die also ungefähr $\frac{1}{40}$ Sekunde dauert.

Ein weiterer Mangel des Verfahrens bestand darin, daß die Aufnahmen nur Schattenbilder darstellen, also in bezug auf die Körperlichkeit der abgebildeten Objekte keinen genügenden Aufschluß zu geben vermögen. Diesen Mangel beseitigt Bull durch Anwendung der Stereoskopie. Er bringt in dem lichtdichten Behälter *B* (Abb. 57) neben *R* noch eine zweite solche Trommel an und davor ein zweites Objektiv *O*, das durch eine zweite Funkenstrecke Licht erhält. Um die Bilder in bezug auf ihre relative Lage und Zeit genau reduzieren zu können, photographiert Bull zugleich einen Maßstab sowie ein Zeitsignal mit; letzteres besteht aus zwei Spitzen, die an den Enden einer auf elektromagnetischem Wege in Schwingung erhaltenen Stimmgabel befestigt sind. Sehr bemerkenswert ist auch die Art und Weise, wie Bull die Insekten in den Strahlengang fliegen läßt. Mit der bloßen Hand ist das nicht möglich, da die Tiere so rasch durch das Gesichtsfeld schwirren, daß die Verschlussöffnung am Objektiv immer zu spät kommt. Je nach der Art des Auffluges der Insekten wendet er verschiedene Methoden an: diejenigen Insekten, welche sehr rasch auf-fliegen, werden durch ein feines Zängchen an den Beinen festgehalten, das sich durch einen Elektromagneten in dem Moment öffnet, in dem der Objektivverschluss geöffnet wird. Andere Insektenarten, die sich vor dem Aufflug länger besinnen, werden in kleine Röhrchen gesteckt,

aus denen sie herauskriechen und beim Auffliegen kleine Türchen oder Hebel durch ihr eigenes Gewicht in Bewegung setzen, die einen elektrischen Kontakt herstellen, wodurch der Objektivverschluß in Tätigkeit versetzt wird. Eine kurze Zeit vorher ist natürlich schon die Trommel *R* in Umdrehung und die Funkenstrecke *E* in Tätigkeit versetzt worden.

Mit Hilfe dieses Apparates hat nun Bull den Flug bei verschiedenen Insektenarten studiert. Er hat die Bahnen bestimmt, welche die Flügel und die Körper der Insekten beschreiben, die Neigungen und Formänderungen der Flügelflächen, die Größe des Ausschlags der Flügel und schließlich die Frequenz der Flügelschläge und die Flugeschwindigkeit. Die mitgeteilten Resultate sind außerordentlich interessant und vielleicht auch für die moderne Flugtechnik von Bedeutung. Abb. 58 stellt drei aus einer Serienaufnahme von dem Fluge der Libelle herausgegriffene Phasen dar.

— Bull hat seinen Apparat aber auch zur Analyse anderer Bewegungsprobleme als des Insektenflugs verwendet. So zeigt die Abb. 59 die Durchschiebung einer Seifenblase mittels einer Pistolenkugel. Man sieht das ziemlich deformierte Projektil in die Blase eindringen, auf dem 6. und 7. Bild bewegt es sich innerhalb der unverletzten Blase, die sich wieder geschlossen hat, weiter, und erst nach dem Austritt der Kugel aus der Blase zerreißt letztere.

Also auch Probleme der Ballistik lassen sich nach dem Verfahren Bulls lösen, doch ist der beschriebene Apparat hauptsächlich für biologische Aufnahmen bestimmt. Die Ballistiker haben wieder ihre speziellen Apparate, die dem Prinzip nach dem Bullschen insofern ähnlich sind, als hier der intermittierende elektrische Funke angewendet wird. Jedoch handelt es sich hier um die Analyse der höchsten Geschwindigkeiten, die überhaupt ein irdischer fester Körper von endlicher Größe¹⁾ erreichen kann: beträgt doch

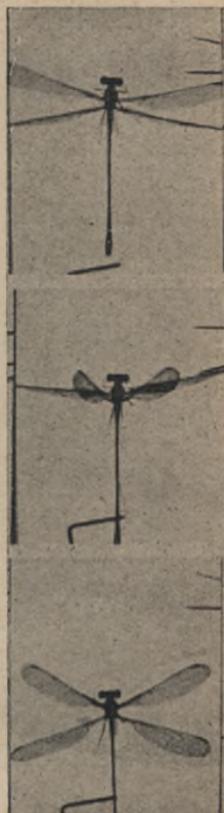


Abb. 58. Der Libellenflug nach E. Bull.

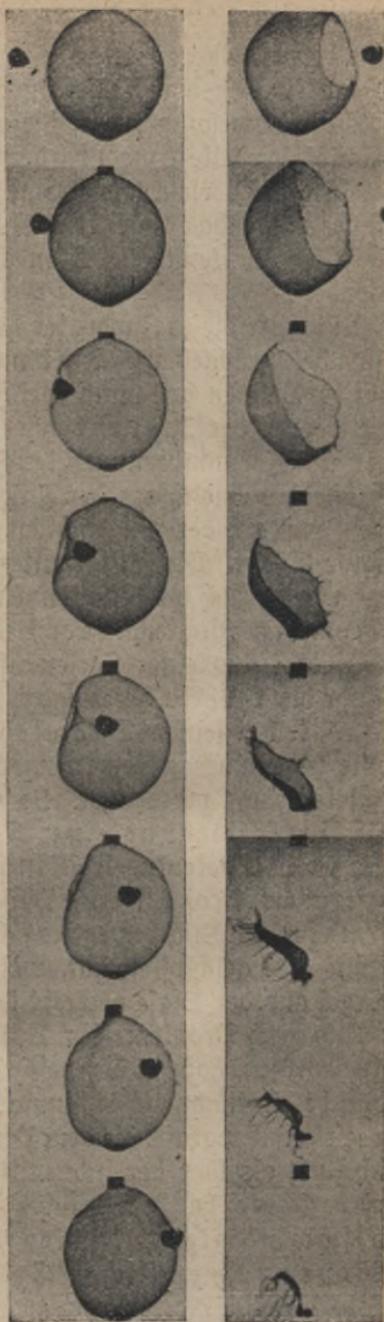
1) Eine Ausnahme machen die „kleinsten Teilchen“, aus welchen

die Geschwindigkeit eines modernen Infanteriegeschosses in der Nähe der Gewehrmündung ungefähr 900 m in der Sekunde! Es ist also eine weitere Erhöhung in der Bildwechselfrequenz erwünscht. Ferner sind bei der Lösung der ballistischen Probleme besondere Hilfsapparate und Vorrichtungen erforderlich, die eine sehr genaue Bestimmung kleiner Geschwindigkeitsänderungen ermöglichen.

Der erste Forscher, welcher überhaupt den elektrischen Funken für sehr kurze Momentaufnahmen verwendet hat, war der Physiker E. Mach in Wien. Im Jahre 1887 gelang es ihm, fliegende Geschosse bis zu der (damals technisch erreichbaren) Geschwindigkeit von rund 700 m zu photographieren, und er erhielt Aufnahmen, welche auch heute noch in jeder Hinsicht als klassische Musteraufnahmen gelten können. Das Wertvollste an den Mach'schen Aufnahmen ist nämlich der Umstand, daß sie die Luftwellen zeigen, die durch das Geschos hervorgerufen werden, und aus denen Mach wichtige Schlüsse auf den Luftwiderstand zog. Es ergaben sich z. B. interessante Beziehungen der Form dieser Wellen zur Schallgeschwindigkeit, die

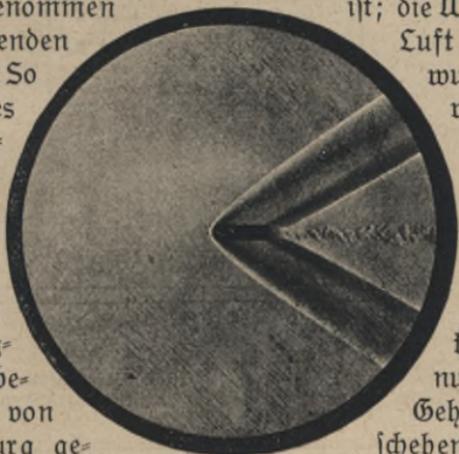
manche Strahlenarten, wie z. B. die Radiumstrahlen usw., bestehen, und die mit wesentlich höherer Geschwindigkeit durch den Raum geschleudert werden.

Abb. 59. Durchschießung einer Seifenblase nach E. Bull.



ja weit geringer als die der schnellsten Geschosse ist, nämlich nur rund 340 m. Diese Abbildung der Luftwellen erreichte Mach durch Verbindung der Sunkenphotographie mit der sogenannten „Töpler'schen Schlierenmethode“, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen. Abb. 60 zeigt ein fliegendes Geschöß, das nach dem Mach'schen Verfahren aufgenommen

ist; die Wellen und Wirbel der umgebenden Luft sind besonders schön sichtbar. So wurde E. Mach der Begründer eines wichtigen Zweiges der modernen Ballistik. Seitdem ist das Verfahren der Sunkenphotographie immer weiter verbessert worden, und man hat es hauptsächlich zur Bestimmung der Geschwindigkeiten aller Art benutzt. In neuerer Zeit ist das z. B. von Geh. Rat Cranz in Charlottenburg ge-



schesehen. Bull'schen Sunkenfotografie verbessert und verwendet man hat zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Geschossen. In neuerer Zeit ist das z. B. von Geh. Rat Cranz

Die Leistungen des matographen, etwa 40 einer Sunkenfrequenz

Abb. 60. Aufnahme eines fliegenden Geschosses nach dem Mach'schen Verfahren.

Bull'schen Sunkenfotografie bis 50 Teilbilder bei von 2000 in der Se-

kunde, waren für eine Reihe von Versuchen noch nicht ausreichend; daher mußte die Erhöhung der Sunkenfrequenz und der Zahl der Teilbilder angestrebt werden, und gleichzeitig war auch eine Steigerung der umzusetzenden Energiemenge herbeizuführen.

Im folgenden wollen wir etwas eingehender zunächst die Versuchsanordnung beschreiben, die Cranz ([4]) im Jahre 1909 der Öffentlichkeit mitteilte, und die sich dadurch auszeichnet, daß sie die bis damals erreichte höchste Bildwechselfrequenz von mehr als 5000 besitzt und eine außerordentlich hohe Messungsgenauigkeit gestattet. Dies Verfahren von Cranz kann man als eine Kombination der Mach'schen Geschößphotographie mit den Prinzipien der drahtlosen Telegraphie und der Kinematographie ansehen. Während jedoch bei dem ursprünglichen Verfahren von Mach das Geschöß im Augenblick der Aufnahme durch Berührung eines feinen Drahtes den elektrischen Kontakt zur Erzeugung des Sunkens selbst herstellt, geschieht bei Cranz die Aufnahme bei völlig freiem Flug des Geschosses. Serner hat

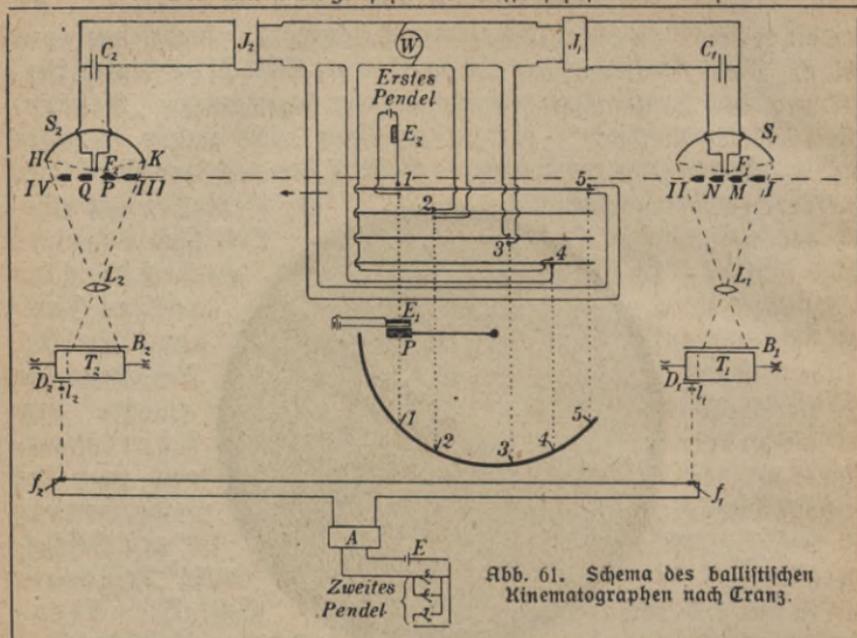


Abb. 61. Schema des ballistischen Kinematographen nach Cranz.

Cranz das Verfahren derart ausgebildet, daß damit die Geschößgeschwindigkeiten am Anfang und am Ende einer längeren (rund 50 m langen) Flugstrecke gemessen werden können, was für die Lösungen verschiedener Aufgaben, namentlich des Problems des Luftwiderstandes, von Bedeutung ist.

Die Versuchsanordnung des Verfahrens von Cranz ist in Abb. 61 schematisch dargestellt. Während nun bei dem Verfahren Bulls die Unterbrechungen des Primärstromkreises zwangsläufig mit der Rotation der Silmtrommel erfolgen, geschieht dies nach dem Cranzschen Verfahren unabhängig von der Trommelbewegung. Es ist daher hier eine genaue Abgleichung der Funkenfrequenz mit der Trommelrotation nötig, damit die Bilder nicht übereinanderfallen. Cranz wendet auch keinen unterbrochenen Gleichstrom an, sondern es werden im Primärstromkreis $W 2 J_1 W$ mittels einer Hochfrequenz-Wechselstrommaschine W , wie solche in der Funkentelegraphie verwendet werden, von der Frequenz 5000 pro Sekunde, kurze und entgegengesetzt gerichtete Stromstöße erzeugt. Jeder dieser Stromstöße induziert im Sekundärkreis $J_1 F_1 J_1$ des Induktors J_1 einen höher gespannten, der bei F_1 eine kurze Funkenstrecke durchschlägt. In C_1 befindet sich

zum Zwecke der Verstärkung des Sunkens noch ein Drehkondensator, der „auf Resonanz“ gebracht ist, wie es in der Technik der Sunken-telegraphie heißt. Bei F_1 springen also in der Sekunde 5000 leuchtende Sunken von etwa 1 mm Länge über. Von dieser Sunkenstrecke F_1 entwirft nun der große Hohlspiegel S_1 von etwa 60 cm Durchmesser ein Bild in der Öffnung des photographischen Objektivs L_1 , wodurch möglichst viel von dem Sunkenlicht zur Wirkung kommt. Ein vor dem Spiegel sich vorbeibewegender Körper wird durch L_1 auf dem kontinuierlich bewegten Film jedesmal dann abgebildet, wenn ein Sunke überschlägt. Auch hier ist die Abbildung noch vollkommen scharf zu nennen, da auch bei der Frequenz von 5000 die erforderliche Geschwindigkeit des Films, die ungefähr 100 m in der Sekunde beträgt, immer noch klein gegen die $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ milliontel Sekunde betragende Sunkendauer ist.

Zum Zwecke der Untersuchung von Vorgängen, die sich innerhalb eines verhältnismäßig beschränkten Raumes abspielen, verwendet Cranz ein für etwa 800 Bilder ausreichendes gewöhnliches kinematographisches Filmband, das über zwei Räder läuft, von denen das eine von einem Elektromotor angetrieben wird. Das Filmband läuft dann durch die Bildebene des Objektivs L_1 hindurch. (Diese Vorrichtung ist hier in der Abb. 61 nicht mit dargestellt.) Auf diese Weise wurde von Geh. Rat Cranz und seinen Assistenten, den Herren Hauptleuten Bensberg und Schatte und Oberleutnant Becker, z. B. das Funktionieren von Selbstladewaffen untersucht, ferner die Explosionswirkung moderner Infanteriegeschosse in feuchtem Ton und in Wassergefäßen (Erscheinungen, die den sich bei Kopfschüssen und Schüssen in stark flüssigkeitshaltige Organe zeigenden Vorgängen analog sind), ferner den Stoß elastischer Stahlfugeln, das Zersplittern von Knochen durch ein Geschos. Auch die Flügelbewegungen von Vögeln sind von Cranz untersucht worden.

In Abb. 62 sind einige Phasen einer Serienaufnahme von der Durchschießung eines Knochens reproduziert. Man sieht die Kugel von rechts nach links durch das Gesichtsfeld wandern, sie durchschlägt den Knochen und verschwindet wieder aus dem Gesichtsfeld. Aber die eigentliche Zersplitterung des Knochens tritt erst verhältnismäßig lange Zeit nach dem Durchdringen des Geschosses ein, wie schon das Bruchstück der reproduzierten Serie zeigt, und hält noch lange an und geht immer weiter vor sich, was in unserem Bild nicht mehr

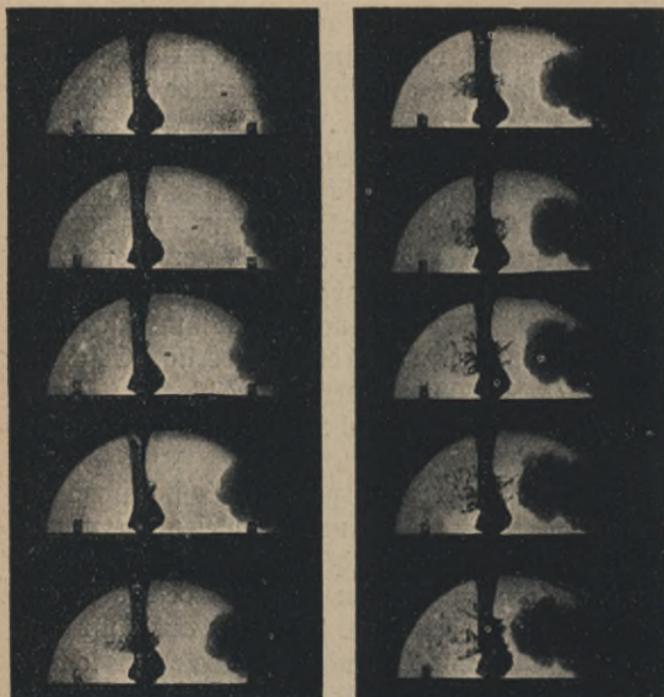


Abb. 62. Durchschießung eines Knochens mit dem Geschöß einer Männlicher = Pistole.

sichtbar ist. Serner läßt sich an der Abb. 62 auch das Nachdringen der Pulbergase sehr gut verfolgen. Geschossen wurde hierbei mit der Männlicher = Pistole, jedoch mit „verkürzter Ladung“. Daher zerplitterte der Markknochen auch nicht vollständig.

Dagegen gibt Abb. 63 die Durchschießung eines ebensolchen Knochens

durch ein Infanteriegeschöß von 640 m Geschwindigkeit pro Sekunde wieder. Hierbei zerplittert der Knochen vollkommen, wie der Film zeigt. Das erste Bild zeigt das herannahende Geschöß, an dem die Spitze deutlich erkennbar ist; schon im zweiten Bild steckt das Geschöß im Knochen, und im dritten hat es bereits das Gesichtsfeld verlassen. Alle übrigen Veränderungen, die wir sehen, treten erst nachträglich ein. Die Splitter bewegen sich hauptsächlich in der Schußrichtung nach hinten und vorn. Die wiedergegebenen Bilder sind drei verschiedenen Stellen des Films entnommen.

Diese eigentümliche Erscheinung, daß die Splitter nach beiden Richtungen gerissen werden, wird an den Beispielen der Durchschießung von mit Wasser gefüllten Blasen oder besser von feuchten Tonkugeln noch deutlicher. In Abb. 64 ist ein solcher Schuß durch eine Tonkugel wiedergegeben. Auch hier sind die Bilder drei verschiedenen Stellen des Films entnommen.

Diese Beispiele mit den Wasserblasen und Tontugeln lassen die furchtbare Wirkung erkennen, welche die Geschosse auf Körperhöhlen, die mit Flüssigkeiten oder Weichteilen gefüllt sind, ausüben. So wird z. B. bei den Kopfschüssen der ganze Kopf meistens vollkommen zer Splittert, falls das Geschöß das Hirn durchfährt.

Wenn dagegen verhältnismäßig kleine Geschosse große weiche Massen treffen, so zeigen die Wunden meist eine merkwürdige Gestaltung, die zugleich

eine Aus- und Einstülpung darstellen. Es ist das die sogenannte Aftwirkung der Geschosse. Der Beginn dieses Vorgangs wird in nachstehender Abb. 65 veranschaulicht. Es dringt hier ein Geschöß in eine sehr große Masse aus feuchtem Ton, woraus eine Streugarbe von Tonteilchen hervorbricht. Zugleich stülpen sich die Einschußränder nach außen auf, bald darauf hört diese Ausstülpung auf und die Einstülpung beginnt, die eigentliche sogenannte „Aftwirkung“. Letztere ist in der Abb. 65 nicht zu sehen. Auch diese Abbildung gibt drei verschiedene Stellen des Films wieder.

Die eigentümlichen Schußwirkungen, die wir an den vorausgehenden Beispielen kennen lernten, daß nämlich nach Austritt des Geschosses aus dem durchschossenen Körper und oft erst dann in besonders hohem Grade die Zerstörungen fortschreiten, und daß in flüssigen und halbflüssigen Körpern eine scheinbare Sprengwirkung eintritt, sind auf die mannigfachste Weise zu erklären versucht worden. So sprach Lehmann in der ersten Auflage dieses Buches die Vermutung aus, daß



• Abb. 63. Zersplittterung eines Markknochens durch ein Infanteriegeschöß M 88.

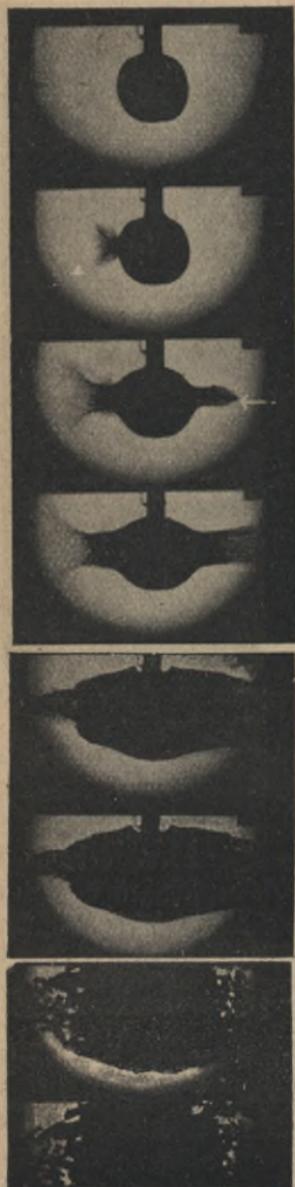


Abb. 64. Sog. Explosivwirkung eines Infanteriegeschosses in einer kleinen Kugel aus feuchtem Ton.

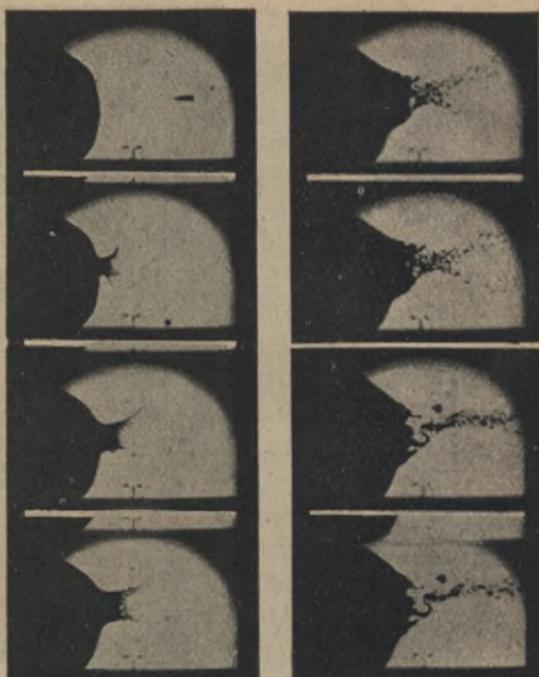


Abb. 65. Sog. Afterwirkung beim Eindringen des S.-Geschosses in eine große Kugel aus feuchtem Ton.

die Ursache hierfür die „Stoßwellen“ und Wirbel seien, die das Geschöß in der Luft erzeugt. *Tranz* ([5] S. 482 ff.), der diese Auffassung widerlegt und sich eingehend mit den verschiedenen Ansichten auseinandersetzt, kommt zu folgender Zusammenfassung seines umfangreichen, experimentellen Tatbestandes: das Geschöß gibt von seiner Bewegungsenergie den nächstliegenden Teilchen des durchschossenen Körpers ab und diese wieder ihren benachbarten Teilchen usw., so daß sie gewissermaßen selbst zu Geschossen von hoher Geschwindigkeit werden. Ähnlich wie beim Sprengen eines Körpers durch den Druck der Gase erhalten so beim Durchschießen die Massenteile durch den Stoß

des Geschößes eine große Beschleunigung. Die Massen mit den größten Beschleunigungen setzen sich nach denjenigen Richtungen in Bewegung, in denen der Widerstand am kleinsten ist. So treten beim Durchschießen einer Tonplatte die Tonteile zuerst am Einschuß nach der Waffe zu aus, weil sie hier den kleinsten Widerstand finden. Bei Flüssigkeiten ist die Sprengwirkung am größten; bei Körpern, zwischen deren Teilchen dagegen große Reibung besteht, setzt sich die Geschößenergie hauptsächlich in Reibungswärme um.

Ein Hauptwert des Verfahrens von Cran3 besteht in der großen Genauigkeit bei der Ermittlung von Geschößgeschwindigkeiten. Zu diesem Zwecke wird das Objektiv L_1 (Abb. 61), das eine bei den gewöhnlichen Kinoaufnahmen übliche Brennweite besitzt, mit einem langbrennweitigen vertauscht. Ferner wird jetzt ein etwa 25 cm breiter Film benutzt, der um eine mit ungefähr 10000 Umdrehungen pro Minute rotierende Trommel T_1 gelegt ist. Unmittelbar vor dem Film ist eine rund 1 cm hohe und 25 cm lange Schließblende B_1 angebracht, und zwar vor dem Teil der Bildebene, in dem die Geschößbahn abgebildet wird. Die Tourenzahl der Trommel wird nun in bezug auf die Sunfenfrequenz derart abgestimmt, daß die einzelnen Teilbilder sich nicht überdecken, aber möglichst nahe aneinander liegen. Von einem vor dem Spiegel vorbeifliegenden Geschöß erhält man so auf dem Film eine Reihe von scharfen Bildern des Geschößes, die gegeneinander derart verschoben sind, daß ihre Verbindungslinie eine schräge, gerade Linie auf dem Film bildet, wenn Geschößgeschwindigkeit und Tourenzahl der Trommel konstant sind. Abb. 66 zeigt ein verkleinertes Abbild einer solchen Aufnahme. G_1 bis G_5 sind die einzelnen Geschößbilder. Die Translationsgeschwindigkeit des Geschößes wird aus je zwei Bildern des Geschößes abgeleitet. Um etwaige Fehler, die durch das Objektiv L_1 und infolge von Schichtverziehungen am Film

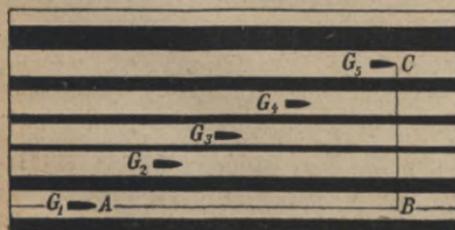


Abb. 66. Geschößaufnahme auf der rotierenden Trommel.

entstehen könnten, zu eliminieren, wird der horizontale Bildabstand AB durch einen mitphotographierten Maßstab ermittelt; der vertikale Bildabstand BC wird aus dem Umfange der Trommel T_1 und ihrer Tourenzahl festgestellt und in Zeitsekunden ausgedrückt.

Die Genauigkeit derartiger Messungen ist eine ganz erstaunlich hohe: aus mitgeteilten Resultaten ergibt sich ein mittlerer wahrscheinlicher Fehler von $\pm 0,2$ bis $\pm 0,3$ m pro Sekunde, d. h. bei einer Geschößgeschwindigkeit von 900 m eine Genauigkeit von etwa $\pm 0,03\%$.

Diese hohe Genauigkeit ermöglichte erst die Bestimmung geringer Geschwindigkeitsänderungen, wie sie z. B. bei der Durchschießung von Platten eintreten. Die Platte wird einfach in die Schußlinie vor den Spiegel S_1 gestellt, und aus den erhaltenen Geschößbildern vor und hinter dem Bild der Platte wird der Verlust an Geschwindigkeit abgeleitet. So beträgt z. B. der Geschwindigkeitsverlust eines mit 352,4 m in der Sekunde fliegenden Geschößes bei Durchschießung einer 4 mm dicken Bleiplatte nur 3,2 m pro Sekunde, d. h. das Geschöß fliegt hinter der Platte noch mit 349,2 m in der Sekunde weiter. Ja, Cranz konnte sogar auf der kurzen Strecke, die das Geschöß vor dem Spiegel S_1 zurücklegt, die Wirkung des Luftwiderstandes nachweisen.

Genauere Messungen des Geschwindigkeitsverlustes infolge des Luftwiderstandes aber werden in sinnreicher Weise von Cranz dadurch ermöglicht, daß er, wie schon erwähnt, die Geschwindigkeit am Anfang und am Ende einer größeren Strecke der Flugbahn feststellt. Es geschieht dies durch Hinzunehmen eines zweiten, dem bereits beschriebenen identischen Instrumentariums; nur die Hochfrequenz-Wechselstrommaschine W wird gemeinsam benutzt. Das Geschöß passiert dann nacheinander die beiden Spiegel S_1 und S_2 , die einen bestimmten Abstand voneinander haben, etwa 50 m, und die Aufnahme des Geschößes geschieht auf den beiden Filmrollen T_1 und T_2 . Das Resultat eines Messungsbeispiels möge noch angeführt werden: auf einer Strecke von 45,68 m betrug die Geschwindigkeitsabnahme eines mit 892,6 m in der Sekunde fliegenden Geschößes 56,4 m pro Sekunde. Auch Pendelung und Rotation des Geschößes sind von Cranz mit Hilfe seines Apparates gemessen worden.

Es erübrigt nun nur noch, kurz auf die Vorrichtung einzugehen, welche die Aufnahme des völlig freifliegenden Geschößes ohne Berührung von Drähten usw. ermöglicht, was ja gerade mit ein Hauptvorteil der Cranzschen Anordnung ist. Die Aufgabe dieses Hilfsapparates ist also die, nur so lange den Primärstromkreis geschlossen zu halten, als das Geschöß vor dem Spiegel vorbeifliegt. Cranz erzielt dies mittels eines Pendels P , durch dessen Bewegung verschie-

dene Kontakte geschlossen, bzw. geöffnet werden. Diese Kontakte 1 bis 5 können auf vier parallelen, freisförmigen Schienen meßbar verschoben werden; im unteren Teile der Abb. 61 ist die Seitenansicht dieses Pendelunterbrechers dargestellt; darüber ist das Schaltungsschema von oben gesehen angedeutet. Das Pendel P wird zunächst durch den Elektromagneten E_1 in horizontaler Lage gehalten. Nach Unterbrechung des Stromes, der E_1 speist, fällt das Pendel herunter und unterbricht zuerst den Strom des Elektromagneten E_2 , wodurch der Schuß ausgelöst wird. Das Pendel P schwingt nun weiter und schließt den Primärstromkreis $W 2 3 J_1 W$ ungefähr in dem Moment, wo sich das Geschloß dem Spiegel nähert, und die Funkenstrecke F_1 tritt in Tätigkeit. Kurz darauf wird der genannte Primärstromkreis durch das Pendel bei Kontakt 3 wieder unterbrochen. Das Geschloß nähert sich nun dem zweiten Spiegel S_2 , auch das Pendel schwingt weiter und schließt den Kontakt 4, wodurch der Primärstrom $W 4 5 J_2 W$ in Tätigkeit tritt und die Funken bei F_2 überspringen. Wenn das Geschloß den Spiegel S_2 passiert hat, unterbricht das Pendel den Kontakt 5, durch den der Primärstrom links ausgeschaltet wird. Die Stellung der Kontakte auf den Schienen muß natürlich ausprobiert werden. Um kleine Unregelmäßigkeiten, die die Auslösung durch das Dierschienenpendel herbeiführen kann, zu vermeiden, ist es zweckmäßiger, den Funkenstrom dauernd übergehen zu lassen. Ein besonderer Momentverschluß, der auch die Auslösung des Schusses bewirkt, wird vor den Filmtrommeln im rechten Augenblick geöffnet und nach einer vollen Umdrehung wieder geschlossen. Schließlich ist noch eine Vorrichtung zu erwähnen, durch welche auf dem Film der beiden Trommeln T_1 und T_2 genaue meßbare Zeitintervalle markiert werden. Durch einen dem beschriebenen ähnlichen zweiten Pendelunterbrecher wird bei 6 und 7 ein durch das Element E erzeugter Primärstrom des Induktorkreises A unterbrochen, wodurch bei f_1 und f_2 gleichzeitig jedesmal ein Funken überspringt, dessen Bilder durch die Linsen l_1 und l_2 auf den Rand des Films geworfen werden. Diese Punkte dienen als scharfe Zeitmarken beim Ausmessen der Photogramme.

Weiterhin ist die Funkenfrequenz durch andere Anordnungen noch wesentlich erhöht worden. Eine solche hat Schatte¹⁾ angegeben. Die

1) Schatte, Über eine neue Methode der Kinematographie mit elektrischen Funken. Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 1912.

seiner Abhandlung beigefügten Bilder sind bei Funkenfrequenzen von 9000—50000 in der Sekunde aufgenommen worden. Eine noch höhere Frequenz erreicht man mit einer Methode, die Cranz ([7] S. 94ff.) gemeinsam mit Glaziel ausgearbeitet hat. Hierbei kann man 200—100000 Funken in der Sekunde erhalten, ohne daß diese Zahlen die untere oder obere mögliche Grenze darstellen. Nach diesem Verfahren sind sowohl GeschöÙaufnahmen bei einer Frequenz bis zu etwa 92000 Funken in der Sekunde als auch Aufnahmen von einem fallenden Tropfen bei einer Funkenfrequenz von 250 in der Sekunde gemacht worden.

Alle die bisher besprochenen funkenkinematographischen Anordnungen haben den einen Mangel, daß sie nur Schattenbilder des photographierten Körpers geben, so daß Einzelheiten innerhalb seines Umrisses nicht zu erkennen sind. Für die Untersuchung zahlreicher technischer und physikalischer Vorgänge ist dies ein schwerer Nachteil. Es ist daher darauf hinzuwirken, wie mit der gewöhnlichen Photographie so auch mit der Funkenkinematographie Aufnahmen mit „Vorderbeleuchtung“ zu erzielen. Da in diesem Falle nur das diffus von dem Gegenstande reflektierte Licht auf die photographische Schicht wirkt, so müssen sehr helle Funken, die gleichzeitig genügend kurz dauern, zur Anwendung kommen. Damit steigt der Energiebedarf des einzelnen Beleuchtungsfunkens recht erheblich. Für Einzelaufnahmen sind die daraus sich ergebenden Schwierigkeiten verhältnismäßig leicht zu überwinden; bei den eigentlichen kinematographischen Aufnahmen dagegen müssen die Maschinen und Apparate in ihren Leistungen wesentlich erhöht werden. Eine Erleichterung dabei bedeutet ein Herabgehen in der Funkenfrequenz in der Sekunde und in der Zahl der Bilder. Die Abb. 67 und 68 zeigen den Unterschied einer elektrischen Momentphotographie ohne und mit Vorderbeleuchtung.

Die funkenkinematographischen Aufnahmen können selbstverständlich nur im Dunkelraume gemacht werden. Neuerdings haben Major Freiherr v. Cles ([2]) und Artilleriezeugoffizial Swoboda kinematographische Bilder von GeschöÙprojektilen veröffentlicht, die bei Tageslicht aufgenommen wurden.

Wenn man einen gewöhnlichen Kinoaufnahmeapparat mit rotweisem Silmtransport mit einer Blendenscheibe versieht, die an Stelle des üblichen einen ausgeschnittenen Sektors mehrere seinen Platz ausfüllende schmale Sektoren besitzt, so kann man während des Still-



Abb. 67. Schattenaufnahme einer Selbstladepistole.
(Auswerfen der leeren Patronenhülse nach dem Schuß.)

standes des Films mehrere Geschößbilder erhalten. Wenn dies Verfahren phototechnisch auch nicht ganz einwandfrei ist, so sind mit einem nach diesem Prinzip für den besonderen Zweck konstruierten Apparat, der mit einem unperforierten Filmband ausgestattet ist und Belichtungen bis zu $\frac{1}{24000}$ Sekunde erlaubt, doch brauchbare Aufnahmen gegen hellen Hintergrund (Himmel, Schnee) erzielt worden. Mit diesem Apparat sollen die Lage des Geschosses im Raume nahe der Mündung und nahe dem Ziele, Anfangs- und Endgeschwindigkeit, Abgangs- und Einfallswinkel und schließlich Phasen während des

Austritts des Geschosses aus der Mündung bestimmt werden.

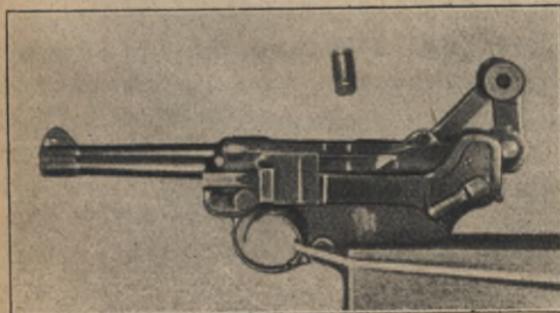


Abb. 68. „Vorderbeleuchtungs“-Aufnahme einer Selbstladepistole. (Auswerfen der leeren Patronenhülse nach dem Schuß.)

Es sei hier erwähnt, daß der von uns an früherer Stelle beschriebene Apparat von Maskelyne der britischen Artillerie-Prüfungskommission bei der Aufnahme von Geschossen im Flug gute

Dienste geleistet haben soll. Neuerdings ist von Lehmann ([9]) ein Apparat für ballistische Zwecke beschrieben worden, bei dem der Film ebenfalls kontinuierlich bewegt wird. Er ähnelt im Prinzip dem uns schon bekannten Apparat von Musger, denn auch bei ihm wird die Filmbewegung durch rotierende Spiegel, die auf einer Trommel angeordnet sind, ausgeglichen. Er soll in erster Linie zur Analysierung der Artilleriegeschößwirkungen am Ziel benutzt werden. Seine Höchstleistung beträgt 300 Aufnahmen in der Sekunde. Das Filmfenster kann auf mehrere Bildbreiten erweitert werden; für die Aufnahme sehr rasch bewegter Gegenstände hat man andererseits die Möglichkeit, durch eine verstellbare Schließblende den Schließ, der unmittelbar vor dem Film liegt, stark zu verengern. Der Anwendungsbereich dieses Apparates erstreckt sich außer auf ballistische und technisch-physikalische Untersuchungen auch auf die Theaterfilmfabrikation. Die hohe Bildfrequenz ermöglicht beispielsweise Bewegungszustände von Mensch und Tier zu studieren, wozu die gewöhnlichen Kinoaufnahmen nicht ausreichen. Werden diese Bilder dann mit einem Apparat mit rückweisem Filmtransport vorgeführt, so erhält man eine starke Verlangsamung der Bewegung, die bei der geschilderten Anordnung im Höchstenfall eine ungefähr 20fache ist. Wie durch die Wirkung eines Fernrohrs oder Mikroskops erfährt auch in diesem Fall unser Gesichtssinn eine Erweiterung, indem uns Bewegungsvorgänge bemerkbar werden, die unserer natürlichen Wahrnehmungsfähigkeit wegen ihres schnellen Verlaufs entgehen. Aus diesem Grunde hat man für eine solche Anordnung den treffenden Namen „Zeitmikroskop“ oder „Zeitlupe“ geprägt.

V. Die Kinematographie im Dienste der Unterhaltung und Belehrung.

Ihre große und vielseitige und täglich immer weiter anwachsende Verbreitung verdankt die Kinematographie nur ihrer vorzüglichen Unterhaltungsgabe. Die kinematographischen Darstellungen von Vorgängen in der Natur, wie z. B. der Brandung des Meeres, des Fließens und Fallens von Wassermassen der Ströme, des Heranbrausens eines Eisenbahnzuges oder einer Reiterchar u. dgl. mehr, können in keiner Weise durch irgendwelche andere Darstellungsart an Deutlichkeit übertroffen werden. Das beschreibende Wort und das ruhende Bild stellen immer mehr oder weniger Anforderungen an

die Phantasie, und beide Ausdrucksmittel lassen die Schönheit und Harmonie der Bewegungen nur ahnen.

Für die wirtschaftliche Ausgestaltung der Kinematographie ist aber hauptsächlich das literarische Gebiet von Bedeutung gewesen. Infolge der Kostbarkeit der Filmbänder hat man dramatische Pantomimen von besonderer Kürze verfaßt, in denen natürlich alles „Handlung“ ist, und die gerade deshalb äußerst spannend und packend wirken. So ist das Kinematographentheater das Theater der Unbemittelten geworden, da dessen Besuch wohlfeil und am wenigsten zeitraubend ist.

Neben den „Dramatischen Films“ nehmen aber auch die humoristischen, komischen und possenhaften Films in dem Programm der Kinotheater einen breiten Raum ein. Auch hierin wird von den Gesellschaften, welche derartige Films herstellen, oft Erstaunliches geleistet, wovon man sich leicht in einem besseren Kinotheater überzeugen kann.

Alle die komischen Begebenheiten, die auf derartigen Films dargestellt sind, haben in der Regel eins gemeinsam: sie laufen schließlich sämtlich in ein großes „Rennen“ aus, meistens in der Weise, daß zunächst eine Person oder ein Tier oder auch ein Gegenstand, wie z. B. ein ganzer Schweizerkäse, sich in Bewegung setzt, denen sich nach und nach immer mehr Personen zugesellen und hinterher rennen, so daß oft ein langer Zug von abenteuerlich gekleideten Personen in rasender Eile dahinstürzt, teilweise über die merkwürdigsten und unerhofftesten Hindernisse fallend, wie z. B. über Höckerfrauen mit Eierkörben, deren Inhalt sich über die Stürzenden ergießt, oder Händler mit Gipsfiguren überrennend u. dgl. mehr.

Dabei wird die scheinbare Geschwindigkeit der Personen und Gegenstände oft noch künstlich vergrößert; es geschieht das auf die Weise, daß die Aufnahme nur mit der halben Bildwechselfrequenz gemacht wird, der Aufnahmeapparat wird also nur halb so schnell oder noch langsamer gedreht als wie dann bei der Vorführung der Projektionsapparat.

Schließlich gehören zu den rein unterhaltenden Films noch die sogenannten Zauber- oder Trickfilms, die irgendwelche zauberhaften Vorgänge, z. B. Wirkungen übernatürlicher Kräfte, Verwandlungen usw. zur Darstellung bringen. Da der Beobachter weiß, daß mittels der Photographie Dargestelltes immer nur auf die natürlichste Weise vor sich gegangen sein kann, so ist es wohl von Interesse, wenn wir hier

auf die Technik der oft so verblüffenden Trickfilms etwas näher eingehen. Ein beliebter Trick ist die Verwandlung von Personen, die sich bei Kinaufnahmen leicht ausführen läßt. Hierbei wird einfach in folgender Weise verfahren: in dem Moment, wo die Verwandlung einer Person vor sich gehen soll, wird die Aufnahme unterbrochen und das Objektiv geschlossen. Nun wird in aller Ruhe die zu verwandelnde Person mit einer geeigneten anderen vertauscht, oder aber die Person vertauscht nur Gewand und Maske; darauf wird das Objektiv wieder geöffnet und der Apparat weitergedreht.

Bei der Vorführung des Films aber ist von den Unterbrechungen keine Spur zu merken. Der Film reihet nämlich hierbei Bild an Bild, und der Beobachter merkt die Unterbrechung gar nicht, natürlich auch nicht die fehlenden Phasen, welche die Verwandlung auf die natürlichste Weise vor sich gehen lassen. Auf diese Weise also kann man leicht die z. B. in vielen Märchen vorkommenden Zaubereien in reizendster Weise in Erscheinung treten lassen: leblose Gegenstände führen einen Tanz auf, dabei aber haben diese Gegenstände menschliche Gesichter und schneiden die komischsten Grimassen; Streichhölzer spazieren aus der sich selbst öffnenden Dose und bauen sich zu Figuren auf. Ferner sieht man Werkzeuge von selbst, ohne Zuhilfenahme eines Menschen, Arbeit leisten; so kann man beispielsweise sehen, wie in einer Tischlerwerkstatt die Werkzeuge wie Hobel, Säge, Hammer usw. ganz allein ein Möbelstück fertigtellen. Wer das zum erstenmal sieht, ist ganz verblüfft. Aber die Erklärung ist ja schon oben gegeben: es bleiben die Hilfsvorgänge dem Zuschauer verborgen, da sie nicht mit photographiert werden. Freilich ist eine solche Aufnahme, wie sie dem Beispiele der Tischlerwerkstatt entspricht, ziemlich mühsam wegen der vielen Unterbrechungen. Bisweilen sieht man ferner Films, auf denen ein Mann an den Wänden hinaufkriecht, oder auch an der Decke hinläuft. Die Lösung des Problems ist sehr einfach: bei der Aufnahme werden auf den Boden des Ateliers Dekorationen gelegt, welche die Seitenwände oder die Decke eines Zimmers darstellen; der Mann kriecht oder läuft darüber und wird von oben her photographiert. Nach demselben Prinzip, dem „Photographieren von oben her“, wird auch verfahren, wenn das Fliegen eines Menschen dargestellt wird. Die betreffende Person legt sich dabei auf den Rücken und macht mit Armen und Beinen Flugbewegungen.

Man kann wohl sagen, daß kein Märchen so seltsam und keine Phän-

tasie so fühlbar ist, daß sie nicht die Kinematographie im lebenden Bilde verwirklichen könnte. Es liegt auf der Hand, daß auch die Bühne sich schon gelegentlich dieses einfachen Hilfsmittels bedient hat.

Unter Umständen recht komische Wirkungen erzielt man durch Rückwärtsdrehen des Filmbandes bei der Wiedergabe. Hierdurch kehren sich natürlich alle Bewegungsvorgänge um: Pferde rennen rückwärts, Steine rollen bergauf, der Schwimmer saust mit den Beinen voran aus dem Wasser und landet auf dem Sprungbrett, dann fliegen ihm die Kleider an den Leib. Der Raucher saugt den Rauch aus der Luft ein, und seine Zigarre brennt immer länger usw.

Zur Herstellung der Trickfilms verwendet man mit Vorteil Aufnahmeapparate mit einer Spezialvorrichtung, die ein Rückwärtslaufen des Films gestatten. Mit Hilfe dieser Vorrichtung kann man entweder Aufnahmen während des Rückwärtsganges machen, oder man kann auch ein bereits belichtetes Filmstück zurückwickeln, um das letzte Stück doppelt zu belichten. Auf diese Weise lassen sich verschiedene der oben erwähnten Tricks leicht ausführen.

Für die Trickfilms gilt ganz besonders jener geistreiche Ausspruch E. Machs: „Die Kinematographie gibt uns die Möglichkeit, Maßstab und Vorzeichen der Zeit beliebig zu ändern.“

Um die Kinovorführungen durch die Wiedergabe der zu der Handlung gehörenden Worte noch wirklicher zu gestalten, hat man schon frühzeitig versucht, Kinoprojektor und Phonograph zu verbinden. Für das Produkt dieser beiden Apparate hat die Kinoindustrie das schöne Wort „Tonbild“ erfunden. Die Lösung der anscheinend einfachen Aufgabe, bei Aufnahme wie Vorführung Film und Sprechplatte mit der gleichen Geschwindigkeit, also am besten durch denselben Mechanismus laufen zu lassen, bereitet besonders bei der Vorführung große Schwierigkeit. Dabei genügt eine geringe Störung des Synchronismus, um dem Theaterbesucher jede Illusion zu nehmen, ja sogar eine geradezu lächerliche Wirkung hervorzurufen. Damit beide Apparate, Sprechmaschine und Projektor, synchron laufen, sind besondere Hilfsapparate nötig. Durch zwangsläufige Koppelung läßt sich der Synchronismus aus technischen Gründen nur schwer erreichen; ein einfaches Mittel, den gestörten Gleichlauf wiederherzustellen, besteht darin, daß das in der Nähe der Projektionswand stehende Phonographenwerk, von der aus ja des natürlichen Eindrucks wegen die Worte ertönen müssen, auf elektrischem Wege dem Operateur optische oder akustische Signale über-

mittelt, die ihm das erforderliche Tempo für den Kinoapparat anzeigen. Bekannt (18) geworden sind von den verschiedenen Anordnungen für Tonbildervorführungen das Kinetophon von Edison, der Apparat von Gaumont in Paris und das System der Meßterprojektion, dem sich übrigens Gaumont immer mehr angepaßt hat; auch das Kinetophon unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Meßterschen Verfahren, das in der Vereinigung einer elektrischen und mechanischen Kuppelung besteht. Ein anderes Mittel, Bild und Ton zu verbinden, ist folgendes. Bei der Vorführung von Lichtbildopern z. B. kann man dem Bild den Vortrag wirklicher Sänger angliedern, die versteckt aufgestellt, sich nach dem dem Publikum unsichtbar projizierten Taktstoß eines Kapellmeisters richten, der bei der Aufnahme der Films mitphotographiert wurde; es läßt sich damit eine gute Übereinstimmung zwischen Wort und Bild erzielen. Die Kombination von Kinematographie und Phonograph hat man auch schon zu anderen als Unterhaltungszwecken herangezogen, nämlich zum Studium der Sprache bzw. der Physiologie der Sprache und des Gesanges; ferner in der Völkerkunde zum Studium der Sprachen und Gefänge fremder Völker. Eine gewöhnliche Photographie und ebenso ein Phonogramm sind bekanntlich unumstößliche Naturdokumente ersten Ranges; in noch viel höherem Grade gilt dasselbe von der „lebenden Photographie“, die in Verbindung mit dem Phonogramm steht. Man hat bereits begonnen, historische Archive für Phonogramme einzurichten, die von berühmten Persönlichkeiten aufgenommen wurden, und in gleicher Weise sind auch schon Filmsammlungen für Staatsarchive angelegt worden. Denn sie sind in hervorragender Weise geeignet, als unverfälschte historische Urkunden zu dienen. Für den Amateur hat die kinematographische Aufnahme insofern hohen Wert, als er damit seinem Familienarchiv bleibende Erinnerungen an Bekannte und Familienangehörige einfügen kann, Erinnerungen, die das ruhende Bild an Lebenswahrheit und Charakteristik weit übertreffen.

Allerdings ist zu bedenken, daß die Zelluloidfilms im Laufe der Zeit sich nicht unmerklich ändern, z. B. kürzer werden, so daß sie nach einer Reihe von Jahren für eine Vorführung nicht mehr taugen; es ist daher vorgeschlagen worden, die Kinobilder für Archive auf Glasplatten zu drucken, etwa wie beim Kammatographen.

Auch ein paar Worte über die besondere Bedeutung, die das Kino

während des Krieges gefunden hat, sollen hier Platz finden. Schon früher hat man damit begonnen, kinematographische Vorführungen von berühmten Schlachten zu zeigen; so konnte man z. B. die Schlacht bei Trafalgar und die Schlacht von Waterloo im Bilde nacherleben. Handelte es sich dabei um im großen Maßstabe gestellte Filme, so sehen wir jetzt im Kinotheater lebendige Wirklichkeit. Die Daheimgebliebenen bekommen so einen Begriff von dem Leben und Treiben der Krieger an der Front. Auch für politische und wirtschaftliche Aufklärungen im In- und Auslande hat das Kino gerade während des Krieges eine erhöhte Wichtigkeit gewonnen. Für die Truppen, die sich in Ruhestellung befinden, bieten die Fronttheater ein paar Stunden der Unterhaltung und Zerstreuung.

Die kinematographischen Vorführungen üben auf die Massen eine ungeheure Anziehungskraft aus; leider muß aber gesagt werden, daß sie in weit überwiegendem Maße auch heute noch eine schwere Gefahr für Kultur und Gesittung des Volkes bedeuten. Der skrupellose Erwerbssinn der Unternehmer hat diese wundervolle Erfindung der Technik, die bei richtiger Anwendung eines der hervorragendsten Erziehungsmitel des Volkes sein könnte, zur Erweckung der gemeinsten Instinkte der Massen mißbraucht. Die Spekulation auf das Sensationsgelüste trott nicht. Die Theater machten glänzende Geschäfte — die tägliche Besucherzahl der deutschen Kinos überschreitet nach zuverlässigen Schätzungen weit 1 Million —, aber das Niveau der Vorführungen sank rapid; ein ungünstiger Einfluß auf die Moral und den Geschmack des Volkes, besonders der Minderjährigen, konnte nicht ausbleiben. Viele Verbrechen haben sich letzten Endes auf das im Kinodrama gegebene böse Beispiel zurückführen lassen. Die Macht des Kinos als Ausdrucksmittel für Leidenschaften und Gefühlsäußerung, als Darstellungsmittel für Tugend und Laster ist kaum durch eine andere Vorführungsform erreichbar. In neuerer Zeit ist verschiedentlich der Versuch zur Hebung der kinematographischen Darbietungen gemacht worden und auch nicht ganz ohne Wirkung geblieben. Dabei ist festzustellen, daß vom Kinoapital selbst, mehr oder weniger unter dem Druck der öffentlichen Meinung, eine Besserung angestrebt worden ist. Namhafte Dichter und Künstler wurden zur Mitarbeit herangezogen, die künstlerische Bedeutung der unter dieser Mitwirkung entstandenen Filme ist allerdings meist recht bescheiden geblieben. Mitunter werden in den Theatern auch Naturaufnahmen und beleh-

rende Films geboten. Da letztere aber dem Fabrikanten Geld einbringen und dem Theaterbesitzer einen guten Teil seines Programms ausfüllen sollen, so ist deren erzieherischer Wert oft recht mangelhaft, denn für eine wirkliche Belehrung ist eine nicht zu umfangreiche Darstellung des Typischen notwendig. Auch ist der Zuschauer kaum in der Lage, den rechten Nutzen von solchen Vorführungen zu haben, wenn ihm diese zwischen einem aufregenden Sensationsdrama und einer Humoreske etwa die Befruchtung und Furchung des Seeigeleies, die Brutvorgänge im Hühnerrei oder das Treiben in einem großen industriellen Werke zeigen.

Diese geschilderten Bestrebungen mußten aber doch nur Stückwerk bleiben, da das Geschäftsinteresse der Unternehmer bei der gegenwärtigen Lage des Filmmarktes zu jeder durchgreifenden Kinoreform stets in einem gewissen Gegensatz steht. Eine wirkliche Besserung kam nur von unabhängiger Seite erzielt werden, d. h. von Gemeinschaftsorganisationen wie Staat und Gemeinde oder von Vereinigungen, die aus Idealismus den Kinematographen zum Förderer wahrer Volkskultur zu machen suchen. Die Hebung des Kinowesens ist einmal durch Beseitigung der schlimmsten Auswüchse versucht worden und dann durch Maßnahmen, die eine Ausnutzung der ethischen und kulturellen Werte des Kinos ermöglichen.

Die Zensur hat zweifellos das große Verdienst, die giftigsten Blüten der Schundfilms ausgemerzt zu haben, aber auch sie ist nicht in der Lage, die Theater mit wertvollen Films zu versehen. Beispielsweise können Stücke, die keine Handhabe zum Verbot geben, doch sehr wohl jedes moralische und künstlerische Empfinden gröblich verletzen. Um die Jugend besonders zu schützen, werden die Films von der Zensur in solche geschieden, die auch für Kinder gestattet sind, und in solche, die nur Erwachsenen gezeigt werden dürfen. Einzelne Städte haben aber, dem Drängen der Lehrer und Jugendfürsorgereine nachgebend, den Besuch der Kinos für Kinder überhaupt untersagt. Neuerdings hat sich auch das Reich des Kinoproblems angenommen und sucht durch ein Konzessionspflichtgesetz, dessen Entwurf dem Reichstag¹⁾ gegenwärtig vorliegt, Einfluß auf die Zahl der Kintotheater und auf die persönliche Qualität der Theaterbesitzer zu gewinnen. Ein wirk-

1) Infolge der nach Drucklegung dieser Schrift in Deutschland eingetretenen politischen Umwälzung hat dieser Gesetzesentwurf wohl nur noch historische Bedeutung.

James Mittel, das Überhandnehmen der Kinoaheater einzudämmen, besitzen die Städte in der Erhebung von besonderen Kinosteuern. Auf Anregung der Wiesbadener Abteilung des Vereins zur Bekämpfung des Schmutzes in Wort und Bild sollen Theater, die nur lehrhafte Filme und Naturaufnahmen zeigen, von dieser Steuer möglichst befreit werden. Besonders verdienstvoll haben bisher gewisse Vereinigungen gewirkt, die die erwähnten prohibitiven Maßregeln durch positive Verbesserungen ergänzen. Vertreter und Verbände aller Berufskreise sind da zu nennen, z. B. Lehrer, Ärzte, Dichter, Künstler, der Dürerbund ([6]), Gesellschaft für Verbreitung von Volksbildung (z. B. [20]), die Lichtbilderei in M. = Gladbach u. a. In manchen Städten hat man, um zunächst einmal die Kinder vor Schundfilmen zu bewahren, den Ausweg beschritten, daß nach Vereinbarungen zwischen Lehrern und Theaterbesitzern den Kindern unter Aufsicht ein ausgewähltes Programm gegen billiges Entgelt geboten und durch erläuternde Vorträge der Lehrer leichter verständlich gemacht wird.

Dielsch wird die Kinematographie im Anschauungsunterricht in Volks- und Mittelschulen verwendet. So werden in größeren Städten besondere Schülervorstellungen aus den Gebieten der Geologie, Geographie, Völkerkunde, Technik und Industrie veranstaltet. Durch Filme, die das Leben und die Zeit bedeutender Männer darstellen, läßt sich der Geschichtsunterricht vertiefen. Der mathematische Unterricht, der ja heute bereits viel mit kinematographischen Überlegungen arbeitet, gewinnt an Anschaulichkeit, wenn der Schüler die Figuren und Linien, die zur Lösung einer Aufgabe oder eines Beweises benötigt werden, auf dem Schirm methodisch entstehen sieht. In manchen Schulen sind sogar eigene Lichtbildzimmer für Lehrzwecke eingerichtet worden. In den neueren hochherzigen elektrischen Glühlampen hat man eine äußerst bequeme Lichtquelle, die für die geringeren Anforderungen des Schulgebrauchs völlig ausreichend ist. Wegen der Kostspieligkeit neuer Filme kann man sich für Unterrichtszwecke mit den viel billigeren abgelaufenen Filmen begnügen. Auch könnten in jeder Provinz oder größeren Stadt Filmsammelstellen angelegt werden, die den Schulen die benötigten Filme für eine gewisse Zeit entleihen.

Als Lehrmittel in Hochschulen wird die kinematographische Darstellung noch wenig gebraucht, doch hat es den Anschein, als ob auch hier die Kinematographie in weiterer Verbreitung begriffen ist. Hauptsächlich ist es die medizinische Fakultät, welche sich der Kinemato-

graphie bereits in größerem Maßstabe als Demonstrationsmittel bedient hat. So werden z. B. in den Vorlesungen über Chirurgie mit Erfolg Operationen auf diese Weise demonstriert, in der Physiologie Muskelbewegungen und Reizreaktionen, in der Psychiatrie die verschiedensten pathologischen Bewegungen der Kranken, die Phänomene der Hypnose usw.

Es haben sich vielfach Gesellschaften, selbst Gemeinden, die Aufgabe gestellt, durch billige oder sogar kostenlose Vorführungen einwandfreier, belehrender, aufklärerischer und unterhaltender Filme erzieherisch und veredelnd auf das Publikum einzuwirken. Vielleicht kann gerade das Kino in dieser Beziehung in Zukunft noch besonders kulturfördernd werden, indem es als Unterhaltungsstätte der Masse nach und nach ihren naiven und oft mißleiteten Geschmack hebt und zu höherer Genußfähigkeit des Geistes und Herzens erzieht. Von der Gemeinde-Kinobewegung, für die u. a. W. Warstat ([21]) und Franz Bergmann in ihrer Schrift „Kino und Gemeinde“ warm eintreten, ist eine besonders starke Förderung der Kinoreform zu erwarten.

VI. Die Kinoindustrie.

Während zu Ausgang des vergangenen Jahrhunderts kinematographische Darbietungen nur gelegentlich in Variétés oder Schaubuden zu sehen waren (1900 besaß Berlin noch kein ständiges Kineamatographentheater), hat heute fast jede kleinere Landstadt ihr eigenes Kino. Die Gesamtzahl der Kineotheater darf auf über 30 000¹⁾ geschätzt werden, von denen allein Nordamerika 14 000 und Großbritannien 4000 besitzen. Im ganzen Deutschen Reich gibt es etwa 3000 feste und wandernde gegen zwei feste Theater um die Jahrhundertwende. Die Weltproduktion beträgt täglich ungefähr 600 km Film, wovon die Firma Pathé Frères fast $\frac{1}{7}$ erzeugt; das ist etwa doppelt soviel als der gesamte tägliche Filmverbrauch Deutschlands. Die folgende Zusammenstellung gibt in wenigen Zahlen einen bezeichnenden Überblick über die riesige Entwicklung des Stammkapitals der Firma Pathé:

Zusammenstellung 4:	
(gegründet) 1898	1 000 000 Fr.
1907	6 000 000 =
1911	15 000 000 =
1912	30 000 000 =

1) Diese Zahl und die meisten folgenden Zahlen beziehen sich auf die Zeit kurz vor dem Krieg.

Die Filmproduktion Deutschlands war vor dem Kriege noch recht schwach; doch dürfte es heute in dieser Beziehung wesentlich unabhängiger vom Auslande geworden sein. Der Anteil der einzelnen Länder am deutschen Filmmarkt während der Zeit vom 15. August bis 15. Oktober 1912 ergibt sich nach E. Altenloh ([1] S. 10) aus folgender Zusammenstellung:

Zusammenstellung 5:

Land	Dramen	Humoresken	Natur- aufnahmen
Amerika . . .	137 zu 43603 m	79 zu 16929 m	26 zu 4654 m
Italien . . .	73 = 31027 =	79 = 15081 =	34 = 3407 =
Frankreich . .	71 = 31683 =	136 = 27068 =	78 = 10314 =
Deutschland . .	41 = 24984 =	11 = 4066 =	4 = 874 =
England . . .	16 = 4755 =	12 = 2374 =	
Dänemark . . .	11 = 9714 =	8 = 1868 =	6 = 740 =
	349 zu 145766 m	325 zu 67586 m	148 zu 19989 m

Deutschland deckte also durch Eigenproduktion von seinem Bedarf in diesen zwei Monaten an Dramen 12%, an Humoresken 3% und an Naturaufnahmen ebenfalls 3%.

Die Summen und der Aufwand, die für die großen Kinodramen aufgeboren werden, sind ganz gewaltig. So sind Kosten von mehreren 100 000 M. für einen Film heutzutage nichts Seltenes. Der Film „Atlantis“ nach Gerhart Hauptmanns Roman beanspruchte beispielsweise 800 000 M. Entsprechend sind die Gagen der bekannten Kinostars. Asta Nielsen bezieht für ihre Mitwirkung in 10 Dramen bei etwa fünfmonatlicher Spielzeit 85 000 M.; für eine Aufführung erhalten Künstler wie Giampietro, Pallenberg und andere 10 000 M. und mehr.

Obwohl die Entwicklung einer eigentlichen Kinoindustrie knapp zwei Jahrzehnte umfaßt, hat sie in dieser kurzen Zeit die ganze Stufenleiter der Wirtschaftsformen von der kleinen Privatgründung bis zur Aktiengesellschaft und zum Trust in ihrer fortschreitenden Erstarfung durchlaufen. Die Filmindustrie läßt sich nach dem heutigen Stande etwa in drei Gruppen gliedern, nämlich in die Filmfabriken, die Verleihgeschäfte und die Theater. Die zum Teil einander entgegenstehenden Interessen dieser drei Gruppen erschweren selbstverständlich die gemeinsame Verteidigung der Gesamtindustrie. Eine reinliche Schei-

derung der einzelnen Unternehmungen ist übrigens oft nicht möglich. So sind beispielsweise Verleihgeschäfte zum Teil auch an der Produktion beteiligt. Um ein Monopol für ein bestimmtes Stück zu bekommen, kauft der Verleiher mitunter das einzelne Negativ, von dem dann die notwendige Anzahl von Positiven angefertigt werden, oder er unterhält selbst eine Theatertruppe, mit der er eigene Dramen usw. inszeniert. Die weitere Bearbeitung des Films übernimmt dann meist eine der Filmfabriken. Sehr weit fortgeschritten ist die Konzentration des Kinokapitals in Amerika. Der amerikanische Filmmarkt wird im wesentlichen von zwei großen Trusts versorgt, von dem 1907 gegründeten „American moving picture trust“, dem Pathé Frères, Edison, Gaumont, Eclipse, Urban und Radios angehören, und von der 1908 erfolgten Gegengründung, der „Manufacturers Association“. Um den wirtschaftlichen Druck, den die beiden Trusts auf die Theaterbesitzer ausüben, zu verringern, hat sich 1912 eine Einkaufsgenossenschaft gebildet, deren Mitglieder die Films untereinander austauschen.

Trotz verschiedenen Versuchen, Gründung der Siag 1911 und der Freien Vereinigung der Kinofilmfabriken 1912, ist in Deutschland eine völlige Konzentration des Filmmarktes bisher nicht gelungen. Diese Trustbildungen wurden gesprengt. Pathé ging z. B. ganz selbständig vor; er besaß vor dem Kriege in vielen deutschen Großstädten Zweiggeschäfte, die ohne die Vermittlung des Verleihers ganze Wochenprogramme an die Theater abgaben.

Bei den Theatern ist die Entwicklung zum Großkapitalismus noch nicht so weit fortgeschritten wie bei den Filmfabrikanten und Filmverleihern; wurden sie doch zu Anfang fast ausschließlich von kleinen und kleinsten Kapitalisten gegründet. Der zunehmenden Konkurrenz der großen Gesellschaften gegenüber wird aber der Stand des kleinen Einzelunternehmers immer schwieriger. Eine der bekanntesten derartigen Großfirmen ist die „Union“ in Berlin, früher in Frankfurt a. M., die neben der Gründung und Verwaltung einer bedeutenden Zahl von Lichtspieltheatern, den bekannten „Union-Theatern“, selbständige Filmfabrikation und -verleihung betreibt. Wie übrigens Sach- und Tageszeitungen zeigen, sind alle diese Bildungen fortdauernd im Fluß. Neu- und Umgruppierungen des Kinokapitals sind an der Tagesordnung. Ende 1917 wurde mit einem Kapital von 25 Millionen Mark die Universum-Film-A.-G. gegründet. Die „Ufa“ beabsichtigt den Zusammenschluß aller Kräfte der deutschen Filmindustrie,

um hinsichtlich des Kapitals und der Organisation nach Friedensschluß der Konkurrenz der großen Auslandsfirmen gewachsen zu sein. Dieses neue gewaltige Unternehmen umfaßt zunächst den ganzen deutschen Besitz der Nordischen Film Co., zu dem allein über 50 Theater gehören; ferner den gesamten Meßter-Konzern; auch die Projektions-A.-G. „Union“ ist in die Einflußsphäre einbezogen. Mit Ausnahme der Rohfilmfabrikation, die der Akt.-Ges. für Anilinfabrikation überlassen bleibt, vereinigt die „Ufa“ alle Gruppen der Filmindustrie in sich.

Erfreulich ist, daß diese neuen großen Konzerne neben der wirtschaftlichen Erstarbung der deutschen Kinoindustrie eine Unterstützung der Reformbestrebungen beabsichtigen. So hat die „Ufa“ z. B. mit der „Stettiner Reformbewegung“ Fühlung genommen, und unter den Gründern der „Rheinischen Lichtbild A.-G.“, die kürzlich mit einem Kapital von $5\frac{1}{2}$ Millionen errichtet worden ist, befindet sich die bereits erwähnte „Lichtbilderei G. m. b. H. M.-Gladbach“, eins der bedeutendsten Unternehmen in kultureller Beziehung.

Verzeichnis der Bücher und Schriften,

auf die im vorangehenden Text verwiesen wird. Die vorgeetzten Zahlen gelten als Kennzeichen für die zitierten Bücher und Schriften.

1. E. Altenloh, Zur Soziologie des Kino. Jena 1914, Eugen Diederichs.
2. H. v. Cles u. S. Swoboda, Kinematogr. Aufnahmen von Geschützprojektilen während der Bewegung bei Tageslicht. Sonderabdruck aus Berichten d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien Bd. 123. Wien 1914, Alfr. Hölder.
3. J. Comandon, Cinématographie à Pultramicroscope de microbes vivants et des particules mobiles. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. T. 149. S. 938 ff. Paris 1909.
4. C. Cranz, Über einen ballistischen Kinematographen. Deutsche Mech. Ztg. 1909. S. 173. Berlin, J. Springer.
5. Derselbe, Lehrbuch der Ballistik. I. Bd. Leipzig 1917, B. G. Teubner.
6. R. Gaupp u. K. Lange, Der Kinematograph als Volksunterhaltungsmittel. 100. Dürerbund-Flugschr. zur Ausdruckskultur. München, Georg D. W. Callwey.
7. B. Gläsel, Elektr. Methoden der Momentphotographie. (Sammlung Dieweg.) Braunschweig 1915, Fr. Dieweg & Sohn.
8. W. Kollatz, Die Apparatur der Sprechbildervorführung. Zeitschr. für Feinmechanik 1916 S. 141 ff. Nicolassée bei Berlin.
9. H. Lehmann, Über neue kinematogr. Theorien u. Apparate. Photogr. Korrespondenz 1916 S. 271 ff. Wien, I. t. Phot. Gesellsch.
10. Derselbe, Über einen Reihenbilderapparat mit optischem Ausgleich der kontinuierlichen relativen Bildwanderung. Zeitschr. f. Instr.-Kunde 1915 S. 289 ff. Berlin, J. Springer.

11. P. S. Linke, Grundfragen der Wahrnehmungslehre. München 1918, Reinhardt.
12. K. Marbe, Theorie der kinematographischen Projektionen. Leipzig 1910, J. A. Barth.
13. E. J. Marey, Die Chronophotographie. A. d. Französ. übers. von Dr. A. v. Heydebreck. Berlin 1893, Mayer & Müller.
14. W. Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen. III. Bd. Braunschweig 1905, Sr. Vieweg & Sohn.
15. Photographische Rundschau u. Mitteilungen 1913 S. 231 ff.: Farbige Kinaufnahmen und deren Projektion. Halle, Photograph. Verlagsgesellschaft.
16. M. v. Rohr, Die optischen Instrumente (ANuG. Bd. 88). 3. Aufl. Leipzig 1918, B. G. Teubner.
17. A. Schnee, Zum Ausbau der Röntgenkinematographie. Sonderabdruck aus der Zeitschr. für physikalische u. diätetische Therapie Bd. XVII 1913. Leipzig, G. Thieme.
18. Travaux de l'Association de l'Institut Marey 1. Paris 1905.
19. Dasselbe 2, Paris 1910.
20. „Volksbildung.“ Zeitschr. für öffentl. Vortragswesen, Volksleseranstalten u. freies Fortbildungswesen in Deutschland. Berlin.
21. W. Warstat u. Franz Bergmann, Kino und Gemeinde. M.-Gladbach 1913, Volksvereins-Verlag G. m. b. H.

Nicht zitiert, aber empfehlenswert sind:

- G. Bonwitt, Das Celluloid. Berlin 1912, Union Deutsche Verlagsgesellschaft.
- C. Sorch, Der Kinematograph und das sich bewegende Bild. Wien u. Leipzig 1913, A. Hartleben.
- Henry D. Hopwood, Living Pictures. The optician and photographic. Trades Review. London 1899.
- S. P. Liesegang, Handbuch der praktischen Kinematographie. Düsseldorf 1916, E. Liesegang.
- L. Löbel, La Technique cinématographique. Paris 1912, H. Dunod & E. Pinat.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Leubners kleine Fachwörterbücher

geben rasch und zuverlässig Auskunft auf jedem Spezialgebiete und lassen sich je nach den Interessen und den Mitteln des einzelnen nach und nach zu einer Enzyklopädie aller Wissenszweige erweitern.

„Mit diesen kleinen Fachwörterbüchern hat der Verlag Teubner wieder einen sehr glücklichen Griff getan. Sie ersetzen tatsächlich für ihre Sondergebiete ein Konversationslexikon und werden gewiß großen Anklang finden.“ (Deutsche Warte.)

„Die Erklärungen sind sachlich zureichend und so kurz als möglich gegeben, das Sprachliche ist gründlich erfaßt, das Wesentliche berücksichtigt. Die Bücher sind eine glückliche Ergänzung der Bände „Aus Natur und Geisteswelt“ des gleichen Verlags. Selbstverständlich ist dem neuesten Stande der Wissenschaft Rechnung getragen.“ (Sächsische Schulzeitung.)

Bisher erschienen:

- Philosophisches Wörterbuch** von Studienrat Dr. P. Thormeyer. 3. Aufl. (Bd. 4.) Geb. M. 4.—
- Psychologisches Wörterbuch** von Privatdoz. Dr. Fritz Giese. Mit 60 Fig. (Bd. 7.) Geb. M. 3.20
- Wörterbuch zur deutschen Literatur** von Studienrat Dr. H. Köhl. (Bd. 14.) Geb. M. 3.60
- ***Wörterbuch zur Kunstgeschichte** von Dr. H. Vollmer. (Bd. 16.)
- Musikalisches Wörterbuch** von Prof. Dr. H. J. Moser. (Bd. 12.) Geb. M. 3.20
- ***Volkswundliches Wörterbuch** von Prof. Dr. E. Fehle.
- Physikalisches Wörterbuch** von Prof. Dr. G. Berndt. Mit 81 Fig. (Bd. 5.) Geb. M. 3.60
- Chemisches Wörterbuch** von Prof. Dr. H. Kemß. Mit 15 Abb. u. 5 Tabellen. (Bd. 10/11.) Geb. M. 8.60, in Halbleinen M. 10.60
- ***Astronomisches Wörterbuch** von Dr. J. Weber. (Bd. 13.)
- ***Geologisch-mineralogisches Wörterbuch** von Dr. C. W. Schmidt. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 6.)
- Geographisches Wörterbuch** von Prof. Dr. O. Kende. Allgem. Erdkunde. Mit 81 Abb. (Bd. 8.) Geb. M. 4.60
- Zoologisches Wörterbuch** von Direktor Dr. Th. Knottnerus-Meyer. (Bd. 2.) Geb. M. 4.—
- Botanisches Wörterbuch** von Prof. Dr. O. Serté. Mit 103 Abb. (Bd. 1.) Geb. M. 4.—
- Wörterbuch der Warenkunde** von Prof. Dr. M. Pletsch. (Bd. 3.) Geb. M. 4.60
- Handelswörterbuch** von Handelschuldirektor Dr. V. Sittel und Justizrat Dr. M. Strauß. Zugleich fünfsprachiges Wörterbuch, zusammengestellt von V. Armhaus, verpfl. Dolmetscher. (Bd. 9.) Geb. M. 4.60
- ***Sportwörterbuch**. Unter Mitwirkung zahlreicher Sportsleute herausgegeben von Dr. H. B. Müller, Vorsitzender des Leipziger Sportclubs.

* [in Vorbereitung 1925]

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Grundzüge der Länderkunde

Von Prof. Dr. A. Hettner. 2 Bde. m. 466 Rärtchen, 4 Taf. u. Diagr. i. Z.
I.: Europa. 3., verb. Aufl. Geh. M. 11.-, in Ganzl. M. 13.-. II.: Die außereuropäischen Erdteile. 1. u. 2. Aufl. Geh. M. 14.20, in Ganzleinen M. 16.-

„Hier haben wir das, was uns gefehlt hat, ein Buch von Meisterhand geschrieben, für die weiten Kreise der Gebildeten. Das Werk ist reich an neuen Gedanken. Ein Prachstück ist z. B. der großartige Überblick über die politische Geschichte Europas vom geographischen Standpunkt gesehen.“
(München-Augsburger Abendzeitung.)

Allgemeine Wirtschafts- u. Verkehrsgeographie

Von Prof. Dr. K. Sapper. Mit 70 kartograph. Darstellungen Geh. M. 12.-

In diesem Handbuch, das die Weltwirtschaft und den Weltverkehr in ihrer heutigen Ausdehnung auf der ihnen von der Natur gegebenen Grundlage und in ihrem geschichtlichen und kulturellen Zusammenhänge zur Darstellung bringt, werden Produktion, Handel und Verkehr über die ganze Erde hin verfolgt.

Anthropologie

Unt. Red. v. Geh. Med.-Nat. Prof. Dr. G. Schwalbe u. Prof. Dr. E. Fischer.
M. 29 Abb.-Taf. u. 98 Abb. i. Z. (Die Kultur d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. V.) M. 26.-, geb. M. 29.-, in Halbl. M. 34.-

Auf ihrem Gebiete führende Forscher haben sich in dem großangelegten, mit zahlreichen Originalabbildungen ausgestatteten Werke zu einer Gesamtdarstellung der Anthropologie, Völkerkunde und Uebersicht zusammengefunden, der nach ihrem wissenschaftlichen Werte und ihrer Bedeutung für die Allgemeinheit nichts Gleiches an die Seite gestellt werden kann.

Physik

Unt. Red. v. Hofrat Prof. Dr. E. Lecher. 2., verb. u. verm. Aufl. Mit 116 Abb.
(Die Kultur d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, Bd. 1.) Geh. M. 34.-, geb. M. 36.-, in Halbleder M. 41.-

Das Erscheinen einer Neubearbeitung des Bandes, der eine für den Fachmann wie den für physikalische Probleme interessierten gebildeten Laien gleich wertvolle Darstellung gibt, wird bei der zunehmenden Bedeutung, die die Physik für viele Gebiete wie für die Ausgestaltung und Vereinheitlichung unseres Weltbildes gewonnen hat, besonders begrüßt werden, um so mehr als sich in ihr zahlreiche namhafte Physiker Deutschlands wieder mit den bedeutendsten Vertretern des Auslandes in gemeinsamer Arbeit vereinigt haben.

Teubners Naturwissenschaftliche Bibliothek

„Die Bände dieser vorzüglich geleiteten Sammlung stehen wissenschaftlich so hoch und sind in der Form so gesondert und so ansprechend, daß sie mit zum Besten gerechnet werden dürfen, was in vollständiger Naturkunde veröffentlicht worden ist.“
(Natur.)

Verzeichnis vom Verlag, Leipzig, Poststraße 3, erhältlich.

Mathematisch-Physikalische Bibliothek

Hrsg. von W. Liebmann und A. Witting. Jeder Band M. 1.-

Neu erschienen: Elementarmathematik u. Technik. Eine Sammlung elementarmathem. Aufgaben m. Bezieh. z. Technik. Von K. Roth. Mit 70 Fig. (Bd. 54.) - Finanzmathematik. (Zinssensens-, Anleihe- u. Kuesrechnung.) Von K. Herold. (Bd. 56.) - Unendliche Reihen. Von K. Stadl. (Bd. 61.) - Vektoranalysis. Von E. Peters. (Bd. 57.) - Mengenlehre. Von K. Grelling. Mit 7 Fig. i. Z. (Bd. 58.) - Die mathem. u. physik. Grundlagen der Musik. Von J. Peters. (Bd. 55.) - Drahtlose Telegraphie u. Telephonie in ihren physik. Grundlagen. Von W. Iberg. Mit 25 Fig. (Bd. 62.) - U. d. Br. 1925: Der Gegenstand d. Mathematik im Lichte ihrer Entwicklung. Von H. Weyl. (Bd. 50.) - Mathematik u. Logik. Von H. Dehmann. - Konforme Abbildungen. Von E. Wiede. - Mathemat. Instrumente. Von W. Zabel. I. Hilfsmittel und Instrumente zum Rechnen. II. Hilfsmittel und Instrumente zum Zeichnen. - Rechnen der Naturvölker. Von E. Fetteweis. - Der Kreis. Von M. Winkelmann. - Optik. Von E. Günther. - Mathematische Himmelskunde. Von O. Knopf. - Grundzüge der Meteorologie, ihre Beobachtungsmethoden und Instrumente. Von W. König.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Künstlerischer Wandschmuck für Haus und Schule

Teubners Künstlersteinzeichnungen

Wohlfeile farbige Originalwerke erster deutscher Künstler fürs deutsche Haus
Die Sammlung enthält jetzt über 200 Bilder in den Größen 100×70 cm (M. 8.-), 75×55 cm (M. 6.-), 103×41 cm bzw. 97×41 cm (M. 5.-), 60×50 cm (M. 5.-), 55×42 cm (M. 4.-), 41×30 cm (M. 2.50). Geschmackvolle Fassung aus eigener Werkstatt.

Neu: Kleine Kunstblätter

24×18 cm je M. 1.-. Elebermann, Im Park. Brenzel, Am Wehr. Feder, Unter der alten Kastanie und Weihnachtsabend. Kreuter, Bei Mondenschein. Weber, Apfelblüte, Herrmann, Blumenmarkt in Holland.

Schattenbilder

A. W. Diefenbach „Per aspera ad astra“. Album, die 34 Teils. des vollst. Wandfrieses fortlaufend wieder. (20 1/2 × 25 cm) M. 15.-. Teilbilder als Wandfries (80×42 cm) je M. 5.-, (35×18 cm) je M. 1.25, auch gerahmt in verschied. Ausführ. erhältlich.
„Göttliche Jugend“. 2 Mappen, mit je 20 Blatt (34 × 25 1/2 cm) je M. 7.50. Einzelbilder je M. -.60, auch gerahmt in versch. Ausführ. erhältlich.
Rindermusik. 12 Blätter (34 × 25 1/2 cm) in Mappe M. 6.-, Einzelblatt M. -.60.
Gerda Luise Schmidts Schattenzeichnungen (20×15 cm) je M. -.50. Auch gerahmt in verschiedener Ausführung erhältlich. Blumennotat. Keisenspiel. Der Besuch. Der Liebesbrief. Ein Frühlingskraut. Die Freunde. Der Brief an „Ihn“. Annäherungsversuch. Am Spinnet. Beim Wein. Ein Märchen. Ein Geburtstag.

Friese zur Ausschmückung von Kinderzimmern

Neu: „Die Wanderfahrt der drei Wichtelmännchen.“ Zwei farbige Wandfriesle von M. Ritter. 1. Stobe Ausfahrt - Kurze Nacht. 2. Hochzeit - Tanz. Jeder Fries mit 2 Bildern (103×41 cm) M. 5.-; jedes Bild M. 2.50.
Ferner sind erschienen Hermann: „Aschenbrödel“ u. „Kottäppchen“; Bauernfreund: „Der gestiefelte Kater“ u. „Die sieben Schwaben“; Rehm-Victor: „Schlaraffenleben“, „Schlaraffenland“ „Englein 1, Wacht“ u. „Englein 2, Hut“ (103×41 cm, je M. 5.-); Drilit: „Hänsel und Gretel“ u. „Rübezahl“ (75×55 cm je M. 6.-)

Rudolf Schäfers Bilder nach der Heiligen Schrift

Der barmherzige Samariter, Jesus der Kinderfreund, Das Abendmahl, Hochzeit zu Kana, Weihnachten, Die Bergpredigt (75×55 bzw. 60×50 cm). M. 6.- bzw. M. 5.-.
Diese 6 Blätter in Format **Biblische Bilder** in Mappe M. 4.50, als Einzelblatt je M. -.75 (4 Blätter hiervon sind auch als Tauf-, Trau- u. Konfirmationsgäbe mit u. ohne Spruch erschienen.)

Karl Bauers Federzeichnungen

Charakterköpfe zur deutschen Geschichte. Mappe, 32 Bl. (36×28 cm) M. 5.-
12 Bl. M. 2.-
Aus Deutschlands großer Zeit 1813. In Mappe, 16 Bl. (36×28 cm) M. 2.50
Führer und Helden im Weltkrieg. Einzelne Blätter (36×28 cm) M. -.50
2 Mappen, enthaltend je 12 Blätter, je M. 1.-

Teubners Künstlerpostkarten

Jede Karte M. -.10, Reihe von 12 Karten in Umschlag M. 1.-.
Jede Karte unter Glas mit schwarzer Einfassung und schön edig oder oval, teilweise auch in feinen Holzrähmchen edig oder oval. Ausführliches Verzeichnis vom Verlag in Leipzig.
Ausführlicher Wandschmuckkatalog mit etwa 200 Abb. für M. -.75 und 10 Pf.
Ders. vom Verlag, Leipzig, Poststraße 3, erhältlich.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301560



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296031