Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1919

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0007|log283

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25. (Seite 435—450) **20. Juni 1919.** **Siebenter Jahrgang.**

INHALT:

Die Grundlagen der Kinematographie. Von *Dr. W. Merté, Jena.* S. 435.

Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten. Von *Prof. Dr. R. Seeliger, Greifswald.* S. 443.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Reisen im südlichen Mittel-Amerika. Geographisches und Archäologisches aus Kurdistan. Geographische Feldzugerlebnisse. S. 446.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: Absolute Helligkeit der Sterne. Eine neue Methode von *V. Bjerknes* zur Verbesserung der Wettervorhersage. S. 449—450.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

—

Kein Zuheisswerden

—

Winziger Stromverbrauch

Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

IX 11

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamerstr. 138
Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschien:

Deutschlands Finanzlage nach dem Kriege

Rede, gehalten in der Deutschen Nationalversammlung am 15. Februar 1919

Von **Schiffer**
Reichsminister der Finanzen

Preis M. 1.— *

*) Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen erscheint:

Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen

Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und Konstrukteure

Von

Prof. **Heinrich Dubbel,** Ingenieur

Vierte, umgearbeitete Auflage

Mit 540 Textfiguren

Gebunden Preis M. 20,—

Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang. 20. Juni 1919. Heft 25.

Die Grundlagen der Kinematographie[1]).

Von Dr. W. Merté, Jena.

Die vorliegende Darstellung soll in kurzer Zusammenfassung die Grundlagen der Kinematographie behandeln. Zu diesem Zwecke teilen wir unsere Ausführungen in zwei Abschnitte ein, indem wir im ersten von den *psychologischen* und *physiologischen* Bedingungen sprechen, die beim Menschen die kinematographischen Täuschungen hervorrufen, und im zweiten Abschnitte von den *technisch-physikalischen* Einrichtungen und Anordnungen, die geeignet sind, jene Bedingungen herbeizuführen.

1. Die psychologischen und die physiologischen Bedingungen der Kinematographie.

Schon längst bekannt ist, daß eine *Reihe* in sich *unbewegter* Bilder, die mehr oder weniger unmittelbar aufeinanderfolgende Bewegungszustände von Personen oder Gegenständen zeigen, den Augen genügend schnell nacheinander dargeboten, unter Umständen den Eindruck *eines* Bildes sich *bewegender* Personen oder Gegenstände erweckt. Die Ursache dieser Erscheinung glaubte man ursprünglich in der schon *Ptolemäus* bekannten Eigentümlichkeit des Auges gefunden zu haben, daß die Lichtempfindung eines auf das Auge einwirkenden Lichtreizes bei dessen plötzlicher Unterbrechung längere oder kürzere Zeit braucht, um abzuklingen. — Wir betrachten diese Anschauung, die die kinematographischen Gesichtstäuschungen durch *„Nachbildwirkungen"* zu erklären sucht, hier als *überholt*, werden aber trotzdem nachher über die Nachbildwirkung noch Näheres zu sagen haben, da sie für die heute üblichen Kinematographen, wenn auch nicht eine grundlegende, so doch eine sehr wichtige Bedeutung hat.

Um das eigentliche Wesen der kinematographischen Gesichtstäuschungen zu ergründen, kann man sich nach *P. F. Linke*[2]) am bequemsten des erstmalig im *Zeißwerk* zu Jena hergestellten Tautoskops bedienen, einer Projektionseinrichtung, „die das Prinzip der Kinematographie gewissermaßen auf seinen einfachsten Ausdruck bringt". Sie besteht im wesentlichen in der Neben- oder Übereinanderanordnung zweier gleicher Projektionsapparate, deren Objektive auf dem Schirm möglichst genau dasselbe Bildfeld auszeichnen. Setzt man nun in jeden der beiden Apparate je ein Diapositiv ein, das auf schwarzem Grunde je einen horizontalen bzw. einen um 60° gegen die Horizontale geneigten, hellen Strich trägt, und projiziert die beiden Striche nacheinander auf den Schirm, so sieht man bei richtiger Wahl des zeitlichen Abstandes der beiden Projektionen den horizontalen Strich eine Drehung um 60° in die Lage des zweiten Striches ausführen. Der Beobachter sieht also statt der *zwei* Striche nur *einen*, der sich eben aus der horizontalen Lage in die zweite um 60° zu dieser geneigten dreht, er *identifiziert* die beiden Striche. Er sieht den momentanen Ortswechsel des identisch bleibenden Striches, ohne aber die Bewegungsbahn, die Bewegungsphasen des Striches auch bei gespanntester Aufmerksamkeit feststellen zu können. Bringt man nämlich an einer Stelle des Bildfeldes zwischen den beiden Endlagen eine dauernd sichtbare, dünne Linie an, über die der Strich bei seiner Drehung hinweggleiten müßte, so sieht man bei der Projektion wohl den Strich seine Drehung ausführen, aber jene Linie bleibt in ruhigem Verharren vollkommen unberührt von dem sich deutlich bewegenden Strich. Dieses *Bewegungssehen ohne Bewegungsphasen* und *ohne bewegtes Objekt* ist nach *P. F. Linke* ein typisches Beispiel für „Umgestaltung auf Grund assimilativer Wahrnehmung". Wie man etwa einer aus Punkten zusammengesetzten Linie in der Wahrnehmung unmittelbar die Gestalt des Kreises zuerkennt, obwohl nicht einmal eine geschlossene Kurve vorliegt, so wird in dem Falle unseres Versuches am Tautoskop eine Gegebenheit, der in der eigentlichen Wahrnehmung die Kriterien der Bewegung fehlen, zwangsläufig als Bewegung vorgestellt, so daß das Vorgestellte der Wirklichkeitssuggestion eigentlicher Wahrnehmung teilhaftig wird und hierdurch mit sinnlicher Lebhaftigkeit wahrgenommen wird. Fig. 1 zeigt ein weiteres Diapositivbilderpaar. Bei der Projektion der *beiden* Figuren in angemessenen zeitlichen Abständen sieht man die deutliche Bewegung einer *einzigen*, nämlich einen Winkel, der zu einer Linie zusammen- und bei entsprechender Fort-

Fig. 1.

Fig. 2.

Diapositivbilderpaar zum Tautoskopversuch.

[1]) Auf Anregung der Schriftleitung gedenke ich von Zeit zu Zeit über Fragen der Kinematographie zu berichten. Der vorliegende Aufsatz gibt einen kurzen Überblick über die Grundlagen der Kinematographie und dient als Einleitung der beabsichtigten Aufsätze.

[2]) *P. F. Linke*, Grundfragen der Wahrnehmungslehre, München 1918, E. Reinhardt, S. 269 ff.

setzung des Versuches wieder zum Winkel auseinanderklappt. Benutzt man die beiden Diapositivbilder, die Fig. 2 darstellen soll, so kann die tautoskopische Projektion auch dieser einander weniger ähnlichen Figuren den Schein der Bewegung *einer* Figur hervorrufen. Man sieht dabei die geradlinigen Seiten des Dreiecks sich allmählich umbiegen, bis sie einen Kreis bilden und umgekehrt. In analoger Weise kann man z. B. auch einen Apfel sich in eine Birne verwandeln lassen.

Werden die beiden *ruhenden* Bilder, die die Endphasen einer sichtbaren *Bewegung* darstellen sollen, hinsichtlich der Gestalt oder auch noch des Ortes allzu verschiedenartig gewählt, so wird der Bewegungseindruck gestört. Es werden dann nicht nur qualitativ, sondern auch numerisch verschiedene, d. h. zwei getrennte Gebilde gesehen, nicht mehr eins, das sich verändert oder gegebenenfalls seinen Ort wechselt. Es muß also zwischen den einzelnen zur bewegten Einheit verschmelzenden Bildern eine Ähnlichkeit bestehen, besonders wohl hinsichtlich der räumlichen Eigenschaften (Gestalt, Lage). Die Ähnlichkeit der Farbe hat nach bisher vorliegenden Versuchsergebnissen nur eine sehr geringe Bedeutung. Abschließende Untersuchungen, auf Grund deren die zur Identifikationstäuschung notwendige Ähnlichkeit genau bestimmbar wäre, harren noch der Erledigung.

Zur Erzeugung der Identifikationstäuschung oder des sogenannten „stroboskopischen Effektes" ist aber neben der Ähnlichkeit auch eine genügend schnelle Aufeinanderfolge der Bilder notwendig, so daß sie dem Bewußtsein ein „jetzt" (in der „psychischen Präsenzzeit") vorliegendes, zusammengehöriges Ganze etwa in demselben Sinne sind, in welchem man dies von den sukzessiven Teilen eines gesprochenen Wortes oder von den Tönen einer Melodie sagen kann. Die Bewegung wird dann *unmittelbar wahrgenommen* (ähnlich wie beispielsweise die des Sekundenzeigers einer Uhr) und nicht (wie die des Stundenzeigers) auf Grund eines reproduktiven Erinnerungsaktes *erschlossen*. Man kann also sagen, die Projektionen müssen pausenlos erfolgen, um die stroboskopische Täuschung zu erzielen; wird die Pause zu lang, so kann die Identifizierung nicht mehr eintreten; werden die Bilder gleichzeitig projiziert, so kann auch keine stroboskopische Bewegung gesehen werden; denn Bewegungs- oder Umwandlungsphasen eines Gegenstandes können selbstverständlich nicht gleichzeitig sein.

Nicht unerwähnt mag bleiben, daß es stroboskopische Erscheinungen gibt, die in *bloßen* Identifikationen bestehen, ohne daß eine Bewegung vorgetäuscht wird. Dieser Fall tritt offenbar bei der Projektion von (hinsichtlich der räumlichen Eigenschaften) völlig gleichartigen Bildern durch ein Tautoskop oder durch einen Kinoprojektor ein. Auch hier ist nur bei pausenloser (aber nicht gleichzeitiger oder in langen Zwischenräumen erfolgender) Projektion der Bilder der Eintritt des reinen stroboskopischen Effektes möglich. Die *ruhenden* Titelüberschriften, die bei kinematographischen Vorführungen mitunter den einzelnen Szenen vorangehen, sind ein Beispiel solcher stroboskopischen Täuschungen; sie sind, durch hinreichend schnell aufeinanderfolgende Projektionen einer großen Reihe unter sich in jeder Beziehung gleicher Filmbilder dieser Überschriften zustandegekommen, eine echte Identifikationstäuschung, ohne daß sich mit dieser, eben infolge der *Gleichartigkeit* der zur Einheit identifizierten zahlreichen Bilder, der Eindruck von Bewegung verknüpft.

Bei unseren Versuchen am Tautoskop kann man leicht zeigen, daß die Vortäuschung der Identität und der Bewegung auch dann noch eintritt, wenn die Projektionen des ersten und zweiten Phasenbildes zeitlich nicht ganz unmittelbar nacheinander erfolgen, sondern vielmehr beide Gesichtswahrnehmungen durch eine kurze, aber immerhin bemerkbare Zwischenzeit getrennt sind, in der ein dunkler, über das Bildfeld hinweggleitender Schatten beobachtet werden kann. Damit ist nachgewiesen, daß die kinematographische Täuschung auch ohne die physiologische Verschmelzung der zugehörigen Netzhautreize (Nachbildwirkung) eintritt, daß also die *pausenlose* Projektion *psychologisch* (im Sinne der psychischen Präsenzzeit) zu verstehen ist.

Bei den heute üblichen Kinoprojektoren mit *ruckweise bewegtem* Filmband, über die später noch näher zu handeln sein wird, spielt gleichwohl jener physiologische Verschmelzungsvorgang eine wichtige Rolle. Soweit seine Gesetze für die Kinematographie in Betracht kommen, sollen diese jetzt hier Erwähnung finden. Bei den genannten Apparaten steht das Filmbild während der Projektion unbeweglich fest im „Bildfenster". Die Weiterfortschaltung dieses Bildes und das Eintreten des nächsten Bildes in das Fenster wird, um den Gesamteindruck der Projektion nicht zu stören, durch eine rotierende dunkle Blende verdeckt. Der dadurch bedingte Wechsel von hell und dunkel machte sich bei den älteren Apparaten als ein „Flimmern" sehr unangenehm bemerkbar. Durch empirische Untersuchungen ist man aber dahin gekommen, diese Flimmererscheinung fast vollkommen zu vermeiden. Läßt man nämlich Lichtreize in allmählich immer rascherer Folge auf die Netzhaut einwirken, so gelangt man über die Stadien der Wahrnehmung der Einzelreize und des Flimmerns hinweg zu dem Stadium der Verschmelzung, bei dem ein ganz stetiger Lichteindruck erzeugt wird. Die für die Verschmelzung notwendige Anzahl der Lichtwechsel in der Sekunde ist durch die *„Verschmelzungsfrequenz"* gegeben. Die meisten Gesetze der Verschmelzungsfrequenz kann man bequem mit rotierenden Kreisscheiben, auf denen sich schwarze

bzw. weiße Sektoren befinden, ermitteln. Da es nach Untersuchungen von *Baader*[1]) für die Verschmelzung belanglos ist, ob der Lichtwechsel wie bei der kinematographischen Projektion in dem ganzen beobachteten Feld gleichzeitig erfolgt, oder wie bei der Beobachtung jener rotierenden Scheiben die Grenze zwischen hell und dunkel über die Netzhaut hinläuft, so können die mit diesen Scheiben gewonnenen Ergebnisse unmittelbar auch auf die Projektionen durch Kinoapparate mit ruckweise bewegtem Filmband angewandt werden. Der einfachste Fall ist offenbar der, bei dem eine Scheibe mit je einem gleich großen weißen und schwarzen Sektor (vgl. Fig. 3) benutzt wird, d. h. der Fall, in dem die Einwirkungs- und Unterbrechungszeiten des Lichts gleich lange dauern. Es läßt sich leicht feststellen, daß für diesen Fall, in dem das sogenannte „Sektorenverhältnis" den Wert 1 besitzt, die Verschmelzungsfrequenz mit steigender Intensität des intermittierend einwirkenden Lichtes zunimmt. Die bisher überhaupt beobachteten Werte für die Verschmelzungsfrequenz liegen etwa zwischen 10 und 70 pro Sekunde. *T. C. Porter*[2]) ist es sogar gelungen, für das Sektorenverhältnis 1 die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz von der Lichtstärke mathematisch zu formulieren. Für die aus hygienischen Gründen[3]) günstigste

Fig. 3. Scheibe zur Bestimmung der Verschmelzungsfrequenz. Sektorenverhältnis 1 : 1.

Beleuchtungsstärke des Projektionsschirmes von 50 Meterkerzen ergibt die Rechnung dann eine Verschmelzungsfrequenz zu 46,8. Nimmt man als untere Grenze der noch zulässigen Beleuchtungsstärke etwa 10 Meterkerzen an, so berechnet sich hierfür die Verschmelzungsfrequenz zu 38. Die modernen Kinoprojektoren erreichen nicht einmal diese untere Grenze der Verschmelzungsfrequenz (die übliche Zahl der Bildwechsel pro Sekunde beträgt nämlich bei ihnen etwa 20), da wegen der beschränkten Festigkeit von Film und Mechanismus die Geschwindigkeit der Bildfolge eine gewisse Größe nicht überschreiten darf. Durch Variierung des Sektorenverhältnisses kann man nun aber die Verschmelzungsfrequenz nicht unerheblich herabsetzen und damit der praktischen Erfüllung der theoretischen Forderung näher kommen. *Marbe*[1]) hat, um zu numerischen Angaben zu gelangen, ein feststehendes Diapositiv projiziert, durch rotierende Scheiben, die der Reihe nach nebenstehend zur Darstellung gebracht sind (vgl. Fig. 4—8), den Strahlengang der Projektionsanordnung periodisch unterbrochen und die „kritische Periodendauer", aus der sich die Verschmelzungsfrequenz unschwer berechnen läßt, bestimmt. Die folgende Zusammenstellung 1, die aus den Mittelwerten zweier von *Marbe* angegebenen Versuchsreihen gewonnen ist,

Zusammenstellung 1.

Relative Wirkungsdauer des ausgeschnitt. Sektors	Relative Wirkungsdauer des geschlossenen Sektors	Verschmelzungsfrequenz	Sektorenverhältnis
1	7	25	1/7
1	3	28,2	1/3
1	1	31,3	1
3	1	27,4	3
7	1	20,8	7

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

	Ausgeschnittener Sektor	Geschlossener Sektor	Verhältnis
Fig. 4 . . .	22,°5	157,°5	1 : 7
Fig. 5 . . .	45°	135°	1 : 3
Fig. 6 . . .	90°	90°	1 : 1
Fig. 7 . . .	135°	45°	3 : 1
Fig. 8 . . .	157,°5	22,°5	7 : 1

zeigt, daß für das Sektorenverhältnis 1 die Verschmelzungsfrequenz ein Maximum ist. Die Marbeschen Resultate sind zwar bei verhältnismäßig geringer Beleuchtungsstärke (die Lichtquelle war eine Glühlampe) ermittelt worden, und vermutlich ist die Wirkung des Sektorenverhältnisses von dieser nicht ganz unabhängig; seine Messungen stimmen aber gut mit den Erfahrungen, die man bei der in der Regel bedeutend lichtstärkeren kinematographischen Projektion gemacht hat, überein.

Wählt man nun eine Blendenscheibe, deren Sektorenverhältnis größer als 1 ist, so erreicht man neben der erwünschten Verringerung der Verschmelzungsfrequenz noch eine bessere Lichtausbeute, da ja die mittlere Helligkeit nach der unter dem Namen des Talbotschen Gesetzes bekannten Regel mit wachsendem Sektorenverhältnis offenbar größer werden muß. Diese Erkenntnisse für unsere Kinoprojektoren angewandt, würden verlangen, daß man die Ruhestellung des Films, in der die Exposition des Bildes stattfindet, möglichst lang dauernd läßt im Verhältnis zu der Zeit, in der der Film weiter geschaltet wird. Aber auch hier sind Grenzen gesetzt, da mit ab-

[1]) *W. Nagel*, Handb. d. Physiologie d. Menschen, Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, *III.* Bd., S. 256.

[2]) *T. C. Porter*, Contributions to the study of Flicker in Proceedings of the Royal Society of London, September 1902, S. 313 ff.

[3]) *H. Lehmann*, Die Kinematographie, Bd. *358* d. Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt", B. G. Teubner, Leipzig 1911, S. 29.

[1]) *K. Marbe*, Theorie der kinematographischen Projektionen, J. A. Barth, Leipzig 1910, S. 50 ff.

nehmender Filmtransportzeit Film und Mechanismus immer stärker beansprucht werden. Aus diesem Grunde wird ein Sektorenverhältnis von 5 kaum überschritten.

Um das Flimmern in noch höherem Grade unschädlich zu machen, hat man daher schon lange noch andere Mittel in Anwendung gebracht. So hat man z. B. den Sektor, der die Bildfortschaltung verdeckt, mit Schlitzen oder Löchern versehen, aus Mattglas angefertigt, oder auf ähnliche Weise die Verdunklung aufgehellt, natürlich immer so, daß die Bewegung des Filmbandes nicht bemerkt werden kann. Bei solchen Anordnungen hebt sich das Bild gewissermaßen nur von einer halbdunklen Wand ab, es erscheint daher lichtschwächer und auch flauer. Wichtiger als diese Verringerung des Flimmerns durch *Herabsetzung der Reizschwankungen* ist die durch *Einschaltung überzähliger Verdunklungen* herbeigeführte Abschwächung der Flimmererscheinung. Solche Verdunklungen kann man z. B. dadurch erreichen, daß man der Blendenscheibe neben dem eigentlichen Abdecksektor, der den Bildwechsel unsichtbar macht, noch weitere dunkle Sektoren einfügt, die während der Ruhestellung des Bildes im Fenster den Strahlengang unterbrechen. Zwar geht selbstverständlich hierdurch Licht verloren, aber durch die Anwendung derartiger mehrflügliger Blenden läßt sich das Flimmern vollkommen unterdrücken. Beispielsweise sind nach Ergebnissen aus Versuchen *Marbes*[1]) an Scheiben, die mit schwarzen und weißen Sektoren entsprechend den nebenstehenden Fig. 9—14 versehen waren, die Verschmelzungsfrequenzen n berechnet und in Zusammenstellung 2 angegeben.

Zusammenstellung 2.

Scheibe nach	n	Scheibe nach	n
Fig. 9	35,46	Fig. 12	20,24
Fig. 10	32,47	Fig. 13	21,83
Fig. 11	35,97	Fig. 14	23,70

gestört, als wenn man die gleichen periodisch unterbrochenen Lichterscheinungen in einem hellen Raume beobachten würde. Andere hier nicht erwähnte Eigenschaften, Regeln oder Gesetze der Verschmelzungsfrequenz sind für unser vorliegendes Problem weniger von Belang.

Die durch den stroboskopischen Effekt vorgetäuschten Bewegungen erfolgen nach ganz bestimmten Prinzipien. So spricht *Linke* von dem *„Prinzip des kürzesten Wahrnehmungsweges"*. Dieses besagt, daß in der Regel die stroboskopische Bewegung in der Richtung des kürzesten Weges zustande kommt. Zur näheren Erläuterung brauchen wir nur unseren ersten Versuch am Tautoskop etwas zu variiren. Nehmen wir an, daß die Diapositivbilder der beiden Endphasen nicht zwei um 60 ° gegeneinander geneigte Striche darstellen, sondern vielmehr zwei Striche, die einen Winkel, der größer als 90 ° ist, miteinander einschließen, so ergibt den kürzesten Weg von der Lage des ersten Striches in die des zweiten nicht mehr die Drehung um die Winkelgröße, sondern die erwähnte Regel bestimmt dann eine andere Art der Bewegung, beispielsweise ein Gleiten aus der einen in die andere Lage. Eine Folge dieses

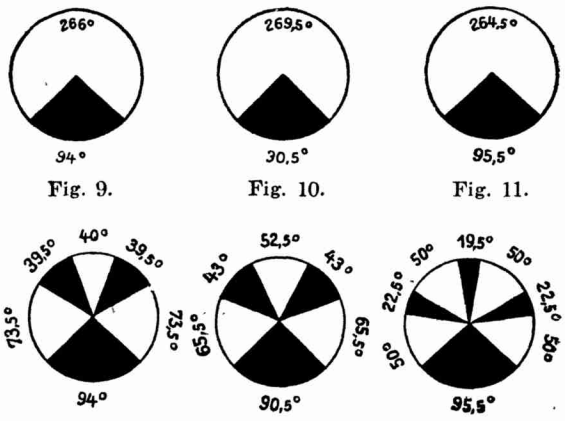

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.

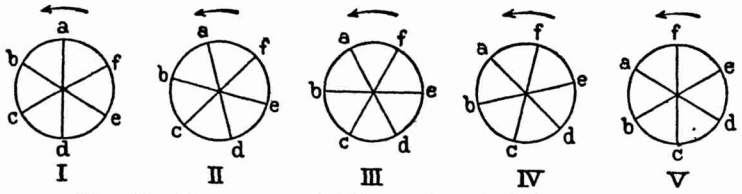

Fig. 15. Figuren zur Erklärung des „Radphänomens".

In bemerkenswerter Weise sind die Flimmererscheinungen vom Adaptationszustand des Auges abhängig. Bei genügend hohen Lichtstärken (bei sehr kleinen liegen die Verhältnisse allerdings anders) nimmt die Verschmelzungsfrequenz mit zunehmender Dunkeladaptation ab. Man wird also im allgemeinen nach hinreichend langem Verweilen im Dunkeln durch das Flimmern weniger

Sachverhaltes ist es auch, daß unter Umständen stroboskopische Bewegungen vorgetäuscht werden, die dem objektiven Bewegungsvorgang, dessen Phasenbilder beispielsweise mit einem Kinoaufnahmeapparat gewonnen seien, gar nicht entsprechen. Häufig kommt eine solche Vortäuschung *falscher Bewegungen* bei der kinematographischen Darstellung fahrender Wagen zustande. An Hand der obenstehenden Fig. 15 ist die Erklärung dieser Erscheinung leicht. Es

[1]) Vergl. o. S. 43 ff.

seien durch Fig. I und V zwei aufeinanderfolgende Aufnahmen des Rades dargestellt, d. h. zwischen je zwei Aufnahmen hat das Rad sich um genau einen Speichenwinkel gedreht; das Rad scheint, da alle Speichen der Form und Größe nach völlig gleich sind und deswegen sämtlich ohne weiteres miteinander identifiziert werden können, stillzustehen. Hat sich dagegen das Rad zwischen je zwei Aufnahmen um einen Winkel, der kleiner bzw. größer als ein halber, aber immer noch kleiner als ein ganzer Speichenwinkel ist, weitergedreht, so wird auf Grund des Prinzips des kürzesten Wahrnehmungsweges eine Vorwärts- bzw. Rückwärtsdrehung durch Identifikation vorgetäuscht. Fig. I und II bzw. I und IV stellen diese beiden Fälle dar. Hat sich schließlich entsprechend der Fig. I und III das Rad zwischen je zwei Aufnahmen immer gerade um genau einen halben Speichenwinkel gedreht, so führt offenbar das Prinzip des kürzesten Wahrnehmungsweges zu einer Unbestimmtheit. Man kann da ein Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen oder ein Pendeln des Rades um seine Achse sehen, je nach der Autosuggestion des Beobachters; bei hinreichend hoher Bildwechselfrequenz aber scheint das Rad stillzustehen und die Anzahl der Speichen ist scheinbar verdoppelt.

Wählt man für die Projektion eine andere Geschwindigkeit des Films, als man bei der Aufnahme anwandte, so erhält man eine bezüglich der Geschwindigkeit „falsche" Bewegung vorgetäuscht. Man kann auf diese Weise z. B. Blüten sich innerhalb weniger Minuten entfalten oder Geschosse langsam ihre Bahn ziehen sehen. Solche Anordnungen, bei denen die Aufnahmegeschwindigkeit (die Aufnahme findet in diesen Fällen meist mit Spezialapparaten statt) wesentlich von der Projektionsgeschwindigkeit abweicht, können wichtige wissenschaftliche und technische Einblicke gewähren. In dieser Hinsicht bekannt geworden ist das *Zeitmikroskop* von *Lehmann*[1]), das Bewegungsvorgänge bemerkbar macht, die unserer natürlichen Wahrnehmungsfähigkeit wegen ihres schnellen Verlaufes entgehen würden.

2. Die technische Herbeiführung der psychologischen und physiologischen Bedingungen der Kinematographie.

Zur Herbeiführung der Bedingungen, durch deren Erfüllung die stroboskopischen Täuschungen erzeugt werden, sind Apparate mannigfachster Art ersonnen worden; ja, diese Täuschungen kommen sogar frei in der Natur vor. In dem engen Rahmen unserer Betrachtungen genügt es, nur kurz bei den älteren Apparaten zu verweilen, um dann über die neuzeitlichen kinematographischen Anordnungen und Einrichtungen wenigstens das Wesentlichste sagen zu können.

Etwa mit dem zweiten Drittel des vorigen Jahrhunderts begann die Tatsache der stroboskopischen Bewegungstäuschungen allgemeineres Interesse zu gewinnen. Neben der Anwendung stroboskopischer Apparate für die verschiedensten Gebiete experimenteller Forschung ging man bald dazu über, diese Apparate auch Zwecken der Unterhaltung dienstbar zu machen. Das sogenannte *Lebensrad* oder Phänakistoskop ist einer der einfachsten und ältesten „kinematoskopischen" Apparate. Es wurde fast gleichzeitig von *Plateau* und *Stampfer* erfunden. Das Lebensrad besteht aus einer Kreisscheibe, die um eine durch ihren Mittelpunkt gehende, zu ihrer Ebene senkrechte Achse drehbar ist. Auf einem zu dieser konzentrischen Ring sind die Bilder der Bewegungsphasen eines Gegenstandes angebracht, und zwar so, daß zeitlich aufeinanderfolgende Phasen auch räumlich auf der Scheibe aufeinanderfolgen.

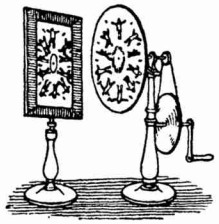

Fig. 16. Das Lebensrad.

Fig. 17. Anschütz' Schnellseher.

Über oder neben diesen Bildern befindet sich ein Spalt in radialer Richtung. Kehrt man die die Bilder tragende Seite der Scheibe einem Planspiegel zu, dreht die Scheibe mit hinreichender Geschwindigkeit und sieht durch die Spalte nach dem Spiegel, so erscheint unter bzw. neben den *ruhenden* Spalten der Gegenstand in *Bewegung*. Fig. 16 bringt das geschilderte Lebensrad zur Darstellung.

Außer den scheibenförmigen Vorrichtungen führten sich auch zylindrische Apparate ein. Ein solcher ist *Anschütz' Schnellseher*, der in Fig. 17 abgebildet ist. Hier befinden sich die Phasenbilder eines bewegten Gegenstandes auf der Innenseite eines Hohlzylinders, der um seine Achse drehbar ist. Neben oder über den Bildern sind achsenparallele Schlitze angebracht. Durch diese kann man auf die gegenüberliegende innere Seite des Zylinders sehen, bei dessen genügend schneller Drehung

[1]) Ausgeführt von den Ernemann-Werken A.-G., Dresden.

die Phasenbilder zur stroboskopischen Bewegung „verschmelzen". Diese einfachsten Formen von stroboskopischen Apparaten sind nach den verschiedensten Richtungen hin verbessert und sogar mit Projektionseinrichtungen versehen worden, um die lebenden Bilder auch einem größeren Kreis von Zuschauern gleichzeitig vorzuführen. Sie alle haben den Nachteil, daß nur solche Vorgänge mit ihnen gezeigt werden können, die sich durch eine geringe Zahl von Teilbildern darstellen lassen, und bei denen sich die Bewegungen periodisch wiederholen, so daß also die Endphase der Bilderreihe sich an die Anfangsphase unmittelbar anschließt. Für die Untersuchung vieler physikalischer Erscheinungen leisten sie aber ausreichende Dienste.

Von der größten Bedeutung für die weitere Vervollkommnung der Kinematographie sind die Versuche geworden, auf *photographischem* Wege die Phasenbilder zu gewinnen. Die ersten kinematographischen Aufnahmeapparate, die die Momentphotographie benutzten, besaßen meist für jedes Bildfeld ein besonderes Objektiv. Mit diesen älteren photographischen Anordnungen war man daher auf eine verhältnismäßig geringe Bilderzahl beschränkt, und viele hatten den Nachteil, daß die mit ihnen erhaltenen Teilbilder stereoskopische Abweichungen zeigten. Einen größeren Fortschritt bedeutete daher die *„Mareysche Flinte"*. Bei dieser ist in den Schaft einer Flinte, in deren Laufmündung sich ein Objektiv befindet, an Stelle des Schlosses ein Bewegungsmechanismus und eine photographische Platte eingesetzt. Durch den Abzug der Flinte läßt sich mittelst eines Uhrwerkes der Bewegungsmechanismus in Tätigkeit setzen, der die Platte ruckweise derart um eine zu ihrer Ebene senkrechte Achse dreht, daß sie innerhalb einer Sekunde eine volle Umdrehung zurücklegt und dabei zwölfmal stillsteht. Während des Stillstandes erfolgt jedesmal eine Aufnahme. *Marey* studierte seit etwa 1882 mit diesem Apparat die Flugbewegung der Vögel. War die Bilderzahl auch noch beschränkt, so war die Mareysche Flinte doch schon ein recht leistungsfähiger, verhältnismäßig einfacher Aufnahmeapparat. Durch Ersatz der photographischen Glasplatte durch lange Bänder aus Papier, die die lichtempfindliche Schicht trugen, und die durch einen Mechanismus ruckweise von einer Rolle ab- und auf eine zweite aufgewickelt wurden, konnte *Marey* die Bilderzahl fast beliebig erhöhen. Zwischen den beiden Rollen wurde der „Film" während des Stillstandes durch ein Objektiv belichtet, das bei der Bewegung des Papierbandes jedesmal abgeblendet wurde. Im Jahre 1889 schlägt *Friese-Green* als Bildträger den *Zelluloidfilm* vor, und *damit beginnt die Entwicklung des eigentlichen modernen Kinematographen.*

Schon aus unseren bisherigen Erörterungen über die Vorläufer der neuzeitlichen Kinoapparate erkennen wir, daß die physikalisch-technischen Vorrichtungen, die die Vorführung lebender Bilder ermöglichen, sich in zwei Gruppen teilen lassen, nämlich in die Einrichtungen, die bestimmt sind, geeignete Phasenbilder zu gewinnen, und dann in die Anordnungen, mit deren Hilfe diese als lebende Bilder gezeigt werden können. Die hier in Betracht kommenden Apparate sind heute in den weitaus überwiegenden Fällen neben dem nötigen Zubehör einmal die *Kino-Aufnahmekammer* und ferner der *Kino-Projektor.* Die zahlreichen Spezialkonstruktionen, besonders für wissenschaftliche und technische Zwecke, werden hier nicht berücksichtigt werden. Diese beiden Apparate, Aufnahmekammer und Projektor, haben Verschiedenes gemeinsam, z. B. den Film und einen Mechanismus, der den Film bewegt.

Der *Film* besteht aus einem Zelluloidband von 35 mm Breite und oft mehr als 100 m Länge. Da das Zelluloid sehr feuergefährlich ist, wird der Film neuerdings auch aus Zellit hergestellt, einem Fabrikat der Elberfelder Firma Bayer & Co., das nur schwer brennbar ist. Die einzelnen Filmbilder sind 18×24 qmm groß; am Rand ist der Film mit einer Perforation versehen, und zwar kommen auf das Bild 4 Löcher auf jeder Seite, in die der Fortbewegungsmechanismus eingreift. Die Maße des Films sind durch internationales Übereinkommen so gewählt, daß jeder Film in jeden Apparat paßt. Das Filmband wird durch eine Antriebsvorrichtung von einer Vorratsrolle auf eine Aufnahmerolle gewickelt und dabei an dem Bildfenster, in dem der Film der Belichtung (Aufnahme) bzw. der Beleuchtung (Projektion) ausgesetzt wird, vorbeigeführt. Während der Belichtung (Beleuchtung) muß offenbar der im Bildfenster befindliche Teil des Films zum Stillstand gebracht sein. Man hat dafür *zwei Lösungsarten* gefunden, *eine mechanische* und *eine optische,* d. h. entweder bleibt der betreffende Teil des Filmbandes tatsächlich für kurze Zeit im Fenster in Ruhe stehen, oder aber die Bewegung des Filmbandes wird optisch aufgehoben, die kontinuierliche Bewegung wird „optisch stationär" gemacht. Von diesem Gesichtspunkte aus würden die kinematographischen Apparate (Aufnahmekammer und Projektor) in zwei Gruppen einzuteilen sein:

1. diejenigen, bei denen der Film im Fenster absatzweise fortgeschaltet wird;
2. diejenigen, bei denen das Bildband kontinuierlich durch das Filmfenster hindurchbewegt wird.

Die in der Praxis üblichen Apparate gehören heute noch fast ausschließlich zu der ersten Gruppe. Die nebenstehende Fig. 18 zeigt schematisch die Filmführung in einem Kinoapparate; auf Besonderheiten, wie sie sich an den Modellen der verschiedenen Fabriken finden, wird hier selbstverständlich nicht Rücksicht genommen. Durch die mit gleichförmiger Geschwindigkeit gedrehte Zahntrommel *B* (Vorwickler) wird das Filmband von der Vorratsspule *A* abgewickelt

und dem Bildfenster *D* zugeführt. Dabei bauscht sich der Film, solange er im Fenster *D* stillsteht, zwischen *B* und *D* zu einer Schleife *C*. Hinter dem Fenster *D* befindet sich eine Zahntrommel *E*, die das im Fenster befindliche Filmbild ruckweise weiterreißt; dadurch wird die Schleife *C* aufgezehrt, und ein neues Bild tritt in das Fenster ein. Hinter der Trommel *E* bildet sich ein zweiter Bausch *G*. Dieser wird durch die stetig gedrehte Trommel *F* aufgebraucht und der Film auf die Spule *H* aufgewickelt. Durch Wiederholung des geschilderten Vorganges wird Bild für Bild, nachdem es kurze Zeit im Fenster stillgestanden hat, ruckweise aus diesem weitertransportiert. Die Bewegung der Zahntrommel *E* erfolgt durch eine Malteserkreuz-Einrichtung [1]) (andere Mechanis-

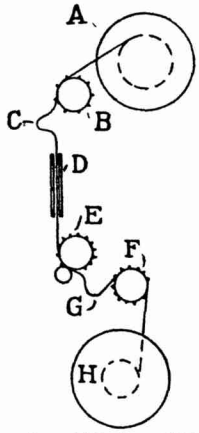

Fig. 18. Schema der Filmbandführung durch einen Kinoapparat mit ruckweise bewegtem Film.

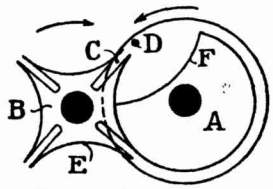

Fig. 19. Schema des Maltesergesperres.

men zur absatzweisen Fortschaltung des Filmbandes, wie „Greifer", der sich häufig bei Aufnahmeapparaten findet, „Schläger" und „Reibungsscheiben" seien hier nur dem Namen nach erwähnt). Eine solche zeigt schematisch Fig. 19. Das eigentliche Malteserkreuz *B* sitzt auf der Achse der Zahntrommel *E* (s. Fig. 18), deren Zähne in die Perforationen an den Filmrändern eingreifen, und ist mit dieser fest verbunden. Eine Scheibe *A* ist mit einer größeren, mit einem Stift oder Einzahn *D* versehenen Scheibe auf einer gemeinschaftlichen Achse befestigt. Wird nun die Achse, auf der diese beiden Scheiben sitzen, gedreht, so kann das Malteserkreuzrad *B* und mit ihm die Trommel *E* (s. Fig. 18) sich nicht bewegen, solange die Scheibe *A* an dem Bogenstück *E* des Malteserkreuzes anliegt. Sobald aber der Stift *D* in einen der Schlitze *C* des Kreuzrades eingreift, wird dieses unter Einwirkung des Einzahnes *D* gedreht, wobei die Aussparung *F* in der Scheibe *A* den Vorbeigang der vorspringenden Spitzen des Schlitzes *C* gestattet; der Film wird dabei durch die Zahntrommel *E* (s. Fig. 18) um eine Bildhöhe weitergeschaltet. Bei der in Fig. 19 dargestellten Einrichtung sind 4 Umdrehungen des Einzahnrades notwendig, um das Kreuzrad einmal herumzubewegen. Ist der Umfang der Trommel *E* (s. Fig. 18) so gewählt, daß er gleich der Summe der Höhen von 4 Filmbildern ist, so wird bei einer Vierteldrehung dieser Trommel das Filmband um genau ein Bild ruckweise weiterbewegt. Die Malteserkreuzrad-Einrichtung kann gegenüber der in Fig. 19 dargestellten auch auf die verschiedenste Weise modifiziert werden. Es gibt z. B. Ausführungen, bei denen viel mehr als 4 Umdrehungen des stifttragenden Rades notwendig sind, um eine volle Umdrehung des Kreuzrades herbeizuführen.

Nach den Erörterungen des ersten Abschnittes werden bei der Projektion, wenn die Zeit der Ruhestellung des Films im Fenster im Verhältnis zur Zeit der Fortschaltung, des Ruckes, möglichst lang ist, zwei Vorteile erreicht; einmal wird das Licht besser ausgenutzt, und dann wird auch das Flimmern wesentlich herabgesetzt. Durch bestimmte Wahl der Abmessungen von Kreuzrad und Einzahnrad kann man die Transportzeit herabsetzen; eine Grenze ist ja aber durch die Festigkeit von Film und Mechanismus gesetzt.

Die Aufgaben, die die Kinoapparate mit ruckweise bewegtem Filmband zu lösen haben, sind, kurz zusammengefaßt, folgende:

Der Mechanismus muß den Film genau um eine Bildbreite weiterschalten und ein ruhiges „Stehen" des Bildes bewirken; die Transportzeit ist auf ein Mindestmaß zu bringen bei möglichster Schonung von Film und Apparat. Diese Forderungen sind bei den modernen Kinoapparaten im allgemeinen genügend erfüllt. Ein Nachteil aller Systeme mit absatzweiser Filmfortschaltung ist die verhältnismäßig geringe Bildwechselfrequenz, die durch die Beanspruchung des Materials bedingt ist; insbesondere bei den Projektionen ist ferner der Lichtverlust durch die rotierenden Blenden, die den Bildtransport zu verdecken und auch meist das Flimmern zu verringern haben, prinzipiell nicht zu vermeiden.

Diese Nachteile können bei den Apparaten mit *stetig bewegtem Filmband* beseitigt werden. Bei ihnen bewegt sich *auch durch das Bildfenster* der Film mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Sowohl für die Aufnahme wie für die Projektion ist es notwendig, diese Wanderung des Films im Fenster zu kompensieren. Das wird bei den nun zu be-

[1]) Eine eingehendere Theorie des Malteserkreuzes gibt *C. Forch* auf S. 15 ff. seines Buches: Der Kinematograph und das sich bewegende Bild, Wien und Leipzig, A. Hartlebens Verlag, 1913.

sprechenden Anordnungen durch optische Hilfsmittel erreicht, und zwar unterscheiden wir hier drei Möglichkeiten. Die Filmbewegung im Fenster kann optisch aufgehoben werden:

1. durch ein oder mehrere bewegte Objektive,
2. durch Einschaltung von katoptrischen Ausgleichssystemen in den abbildenden Strahlengang,
3. durch Einschaltung von dioptrischen Ausgleichssystemen in den abbildenden Strahlengang.

Von den unter 1. genannten Systemen seien hier die Ausführungsformen erwähnt, bei denen sich ein Objektiv geradlinig und parallel, immer in der gleichen räumlichen Anordnung zum zugehörigen Film bewegt. Bei der Aufnahme sehr weit entfernter Gegenstände oder der Projektion auf einen in größerer Entfernung liegenden Schirm ist, da dann der Reduktionsmaßstab bzw. die Vergrößerung (der entsprechende Wert sei mit n bezeichnet) sehr groß ist, die Wanderung von Film und Objektiv praktisch ohne Bedeutung. Will man mit nur einem Objektiv auskommen, so kann man das Objektiv in einer Schlittenführung parallel zum Filmbild mit diesem wandern lassen,

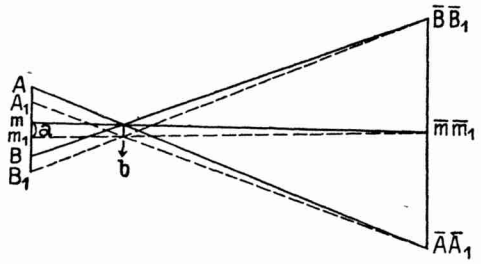

Fig. 20. Schematische Darstellung des Abbildungsvorganges durch ein um die Strecke b geradlinig und parallel zum Film gewandertes Objektiv. Dieser ist aus der Stellung AB um die Strecke a in die Stellung A_1B_1 weitergeführt. Die überstrichenen Buchstaben stellen die Bilder der entsprechenden, nicht überstrichenen Buchstaben vor.

um dann, wenn das nächste Bild zur Abbildung gelangen soll, das Objektiv in die Ausgangsstellung zurückzuführen und das gleiche Spiel zu wiederholen. Besser als solche Apparate mit einem oszillierenden Objektiv sind die Ausführungsformen, bei denen sich eine Reihe von Objektiven in kreisförmiger Anordnung etwa auf einer rotierenden Scheibe befinden. Da dann aber die Objektive nicht genau geradlinig wandern, ist bei höheren Ansprüchen Vorsorge zu treffen, den sich daraus ergebenden Fehler unschädlich zu machen. Die nebenstehende Fig. 20 zeigt schematisch den Abbildungsvorgang beim optischen Ausgleich durch ein geradlinig wanderndes Objektiv. Bezeichnet man mit a die Verschiebung des Filmbildes und mit b die des Objektivs, so muß nach den Abbildungsgesetzen

$$b = a \cdot \frac{1+n}{2+n+\frac{1}{n}}$$

sein, um den Ausgleich herbeizuführen. Für $n = \infty$ wird in der Tat $b = a$.

Das Prinzip des optischen Ausgleichs der Bildwanderung durch einen bewegten Spiegel ist schon lange, bevor man an Kinematographen mit stetig bewegtem Filmband dachte, beim Heliostaten angewandt worden. Auch von den *katoptrischen Systemen,* die das wandernde Filmbild optisch stationär machen sollen, sind die verschiedensten Ausführungsformen angegeben worden. Sie benutzen je nach den Verhältnissen eine geringe oder große Anzahl von Spiegeln, die oszillierende oder rotierende Bewegungen ausführen. Fig. 21 zeigt schematisch eine Anordnung, bei der durch eine stetig gedrehte prisma-

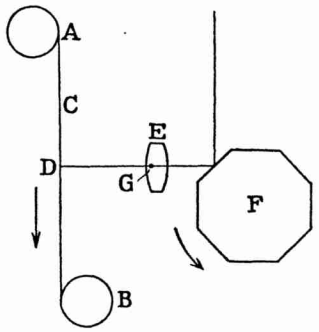

Fig. 21. Schematische Darstellung eines optischen Ausgleichssystemes, das aus einer vor dem Objektiv befindlichen, rotierenden Spiegeltrommel besteht.

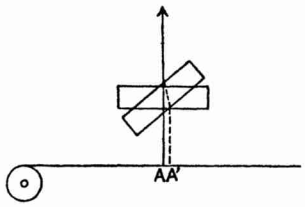

Fig. 22. Schematische Darstellung des optischen Ausgleiches durch Drehung einer Planparallelplatte.

tische Linsentrommel F, deren Seitenwände von Planspiegeln gebildet werden, der Ausgleich erfolgt. Der Film C wickelt sich von der Rolle A mit gleichförmiger Geschwindigkeit ab und auf die Rolle B auf. E ist das Objektiv, und D sei die Mitte eines Filmbildes, das sich in der Zeichnung gerade in der Stellung befindet, wo der Hauptstrahl des abbildenden Strahlenbüschels für D mit der optischen Achse von E zusammenfällt. Je ein Filmbild und ein Spiegel der Trommel, deren Querschnitt ein regelmäßiges Vieleck ist, treten bei der Bewegung stets miteinander in Wechselbeziehung, um immer von dem nächsten Elementenpaar abgelöst zu werden. Ist G der dem Film zugekehrte Hauptpunkt des Objektivs E, bezeichnet man GD mit f und die halbe Bildhöhe mit h, so ist der halbe Bildwinkel w gegeben durch: $\tan g\, w = \frac{h}{f}$ Bewegt sich ein Filmpunkt um den Winkel $2w$ durch das Bildfenster hin-

durch, so darf sich nach dem Reflexionsgesetze der Spiegel nur um den Winkel w drehen; dieser Winkel w ist gleich dem Zentriwinkel des Vielecks. Die Anzahl z der Spiegel ergibt sich demnach als $z = \frac{360°}{w}$.

Wie die *katoptrischen* Ausgleichssysteme, so suchen auch die *dioptrischen* durch Einwirkung auf den abbildenden Strahlengang die mechanische Filmbewegung optisch zu kompensieren. Gelingt das dort durch zweckmäßige Benutzung des Reflexionsgesetzes, so gelten hier die bei der Brechung auftretenden Gesetzmäßigkeiten. Das Prinzip solcher auf Strahlenbrechung beruhender Anordnungen wird in einfachster Form verwirklicht durch die rotierende Planparallelplatte. Fig. 22 zeigt schematisch, wie die Wanderung des Filmpunktes A nach A' durch Drehung der Platte aufgehoben wird. Bezeichnet man mit φ den Winkel, um den diese aus der zum Film parallelen Lage gedreht werden muß, um den Ausgleich für $AA' = a$ herbeizuführen, ist ferner n der Brechungsexponent und d die Dicke der Platte, so ergibt sich mit Hilfe des Gesetzes von *Snellius* die Beziehung:

$$a = d \frac{\sin(\varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta},$$

wobei

$$\sin \vartheta = \frac{\sin \varphi}{n}$$

ist. Statt der einfachen Platte sind eine große Reihe dioptrischer Ausgleichssysteme angegeben worden, z. B. ein gleichseitiges, um die Achse drehbares Glasprisma gerader Seitenzahl, rotierende Linsenkränze u. a.

Die Vorteile, die durch Kinoapparate mit stetiger Bildbandführung gegenüber denen mit ruckweisem Weiterschalten der Bilder erreicht werden sollen, seien hier kurz zusammengefaßt. Durch die in allen seinen Teilen mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgende Bewegung des Films wird seine Festigkeit nur so wenig beansprucht, daß man, wenn wünschenswert, für die Aufnahme wie für die Vorführung eine viel höhere Bildwechselfrequenz wie etwa 20—30 in Anwendung bringen kann. Andererseits gestattet der Projektor, da ja der Wechsel von hell und dunkel fortfällt, einmal das Licht besser auszunutzen und ferner auch schon bei Anwendung einer Bildwechselfrequenz von 10 und weniger, eine flimmerfreie Projektion zu erzielen, so daß in passenden Fällen sehr an Film gespart werden kann. Trotz dieser theoretisch möglichen Vorteile haben sich die Apparate mit optischem Ausgleich der Bildwanderung noch nicht einzuführen vermocht, da die bisher vorliegenden Ausführungsformen in ihrer Leistungsfähigkeit meist noch recht viel zu wünschen übrig lassen.

Ihrer verschiedenen Verwendung nach unterscheiden sich die Apparate für die Aufnahme von denen für die Wiedergabe in vielen Punkten. Haben jene im wesentlichen die Aufgabe einer photographischen Kammer zu erfüllen, so sind diese den besonderen Verhältnissen angepaßte Projektionsapparate. Da man beispielsweise für den Aufnahmefilm keine physiologische Verschmelzung zu erzielen braucht, ist bei den Aufnahmeapparaten eine mehrflüglige Blende zu überzähligen Abblendungen des Objektivs ebenso unnötig, wie etwa die Herbeiführung einer im Verhältnis zur Ruhezeit möglichst kurzen Transportzeit des Films.

Die weiteren Einrichtungen und Methoden, die zur Gewinnung und zur Wiedergabe der Filmbilder dienen, sind der allgemeinen Technik der Photographie bzw. Projektion entlehnt, gegebenenfalls mit zweckentsprechenden Modifikationen. Ihre nähere Erörterung kann daher unterbleiben, da es uns hier nur darauf ankommt, die *spezifischen* Eigenschaften der kinematographischen Apparate kurz zu besprechen, ohne uns auf Einzelheiten einzulassen. Ebenfalls verzichten wir auf eine Darstellung der Kinematographie in natürlichen Farben und mit stereoskopischem Effekt. Auch die zahlreichen Anwendungen der Kinematographie in Wissenschaft und Technik und die dabei auftretenden Probleme können in diesem Aufsatz, der nur einen allgemeinen Überblick über die Grundlagen der Kinematographie geben soll, keinen Platz finden.

Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten.

Von Prof. Dr. R. Seeliger, Greifswald.

P. Lenard hat kürzlich in Buchform eine ausgezeichnete, von tiefster Sachkenntnis getragene Monographie „Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten" veröffentlicht[1]). Er faßt darin die Ergebnisse seiner und seiner Schüler über nunmehr fast 3 Jahrzehnte sich erstreckenden systematischen Untersuchungen mit einer Bearbeitung der gesamten Literatur zu einem Werk von fundamentaler Bedeutung zusammen, das jeder auf diesem und auf verwandten Gebieten selbständig Forschende mit Freude begrüßen wird, denn es gibt zum erstenmal in wirklich kritischer und zuverlässiger Weise in den verschiedensten Teilen der Physik vielgebrauchtes Material an die Hand. Auf den Inhalt — der durchaus nicht etwa populär, sondern streng wissenschaftlich und mit Nutzen auch für den mit dem Thema bereits Vertrauten nur in hingebendem Studium zu lesen ist — werde ich später noch im einzelnen eingehen; zunächst mag es gestattet sein, einige Bemerkungen allgemeiner Art vorauszuschicken. Denn hinter der rein fachlichen Bedeutung dieses Buches scheint mir noch etwas anderes zu stehen, das zu manchen ernsten Gedanken anregt, weil es für die moderne Entwicklung der Wissenschaft symptomatisch ist.

[1]) Abhandlg. der Heidelberg. Akad. Nr. 5, 1918. 266 S. mit 7 Kurventafeln und 4 Textfiguren. (C. Winters Universitätsbuchhandlung 1918.)

Lenard beginnt die Einleitung seines Buches mit den Worten: „Es gibt wohl kaum einen Gegenstand, der die Aufmerksamkeit der Fachleute und in einiger Beziehung auch weiterer Kreise in den letzten zwei Jahrzehnten so wesentlich in Anspruch genommen hätte . . ., wie der hier zu behandelnde", und man wird ihm darin vollkommen recht geben müssen. Führen doch von der Physik der Kathodenstrahlen direkte Wege teils in das Reich subtilster wissenschaftlicher Spekulationen, etwa über den Bau und die Eigenschaften der Atome, teils in rein technische Gebiete, z. B. zu den Röntgenstrahlen und den Verstärkerröhren. Bei objektiver Betrachtung aber wird man andererseits zugeben müssen, daß man es hier doch nur mit einem begrenzten, typischen Spezialgebiet der Physik und mit einem relativ noch begrenzteren der gesamten Naturwissenschaften zu tun hat. Und dieses Spezialgebiet erfordert heute zur Darstellung ein Buch von 260 Quartseiten, erfordert zur lediglich rein reproduktiven Beherrschung selbst für den Fachmann das Studium von Wochen! Aber dazu kommt noch das Folgende. *Lenards* Kritik, vielleicht manchmal zu schroff, aber sachlich doch meist durchaus berechtigt, zeigt mit erschreckender Klarheit, daß nur recht wenige der in Betracht kommenden Arbeiten wirklich brauchbare Resultate gezeitigt haben; viele haben eher verwirrend und hemmend gewirkt und viele andere sind nicht nach Gebühr beachtet worden, und ihre Ergebnisse mußten mühsam nochmals von anderer Seite gefunden werden. Und nun vergegenwärtige man sich die Unsumme an Zeit, Mühe und Mitteln, die in allen diesen Arbeiten steckt, und beurteile extrapolatorisch — der vorliegende Fall gibt dazu immerhin einige Berechtigung — die Verhältnisse in anderen Gebieten der Physik! Das Ergebnis könnte entmutigend sein für den Forscher; es ist hoffentlich aber auch geeignet, den Wert wirklich gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnis zu steigern, wenn man ihn mißt an der Länge des mühsamen Weges, auf dem wir langsam vorwärtskommen.

Ehe ich nun auf Einzelheiten eingehe, möchte ich noch auf zwei Dinge hinweisen, die für das ganze Buch charakteristisch und ebenfalls von allgemeinerem Interesse sind. Einmal fällt die namentlich in den zahlreichen Anmerkungen hervortretende Schärfe der Kritik an den Arbeiten englischer Forscher auf; dieser Tendenz *Lenards*, Front zu machen gegen ungerechtfertigte Prioritätsansprüche und gegen die typisch englische Art, Beobachtungsergebnisse zugunsten einer vorgefaßten Theorie zu deuten, wird man generell nur zustimmen können und wird manches, das bisher als imponierende Intuition erschien, nun vielleicht anders bewerten oder nur mit größter Vorsicht verwerten. Dann ist bezeichnend die große Zahl neuartiger Bezeichnungen; der Verfasser hat hier in dem Bestreben, die Verhältnisse möglichst eindeutig und exakt zu fassen, sich eine Terminologie für zum Teil neue, zum Teil bereits bekannte Begriffe geschaffen, deren allgemeine Benutzung man nur begrüßen könnte. Denn sachlich und sprachlich sind die meisten der gewählten Ausdrücke — z. B. Grenzdicke, praktischer und wahrer Absorptionskoeffizient, Normalfall und Parallelfall, Rückdiffusion, Rückdiffusionsdicke, Umwegfaktor, echte und scheinbare Reflexion usw. — treffend und geeignet, künftig in ökonomischester Weise Unklarheiten zu vermeiden. In einem Fall nur scheint mir diese neue Bezeichnung weniger empfehlenswert. Es dürfte sich „Trägerbildungsspannung" statt der üblichen Ionisationsspannung kaum einbürgern, zumal sich hier durch Zusätze wie . . . von Elektronen, von positiven Atomionen usw. jedes Mißverständnis unschwer vermeiden ließe; auch wird man etwa für die zur Emissionsanregung einer bestimmten Linie notwendige Mindestenergie eine geeignete Bezeichnung (ich möchte „Anregungspotential der Linie" vorschlagen) wünschen.

Der wissenschaftliche Inhalt des Buches zerfällt in zwei Hauptteile. In dem ersten allgemeinen Teil werden allgemein die Gründe „über den Ursprung der vermeintlichen Unsicherheit der quantitativen Kenntnis des Gegenstandes" diskutiert und orientierende Angaben über die Bezeichnungen, Einheiten, tabellarischen und graphischen Zusammenstellungen usw. gemacht. Der zweite spezielle Teil geht dann in gründlichster Weise ein auf die Kritik und Verwertung des gesamten Materials; eine Quintessenz der ganzen mühsamen Arbeit ist enthalten in den zum Schluß zusammengestellten Kurventafeln und Tabellen über Geschwindigkeitsverlust, Grenzdicken, Absorption, Intensitätsabfall und Sekundärstrahlung, worin alles, was heute als wirklich gesicherte quantitative Kenntnis zu bezeichnen ist, in handlicher Form zu weiterer Benutzung bereitgestellt ist. Was durch streng kritische Sichtung und zum großen Teil durch neue Reduktion der Beobachtungen aus der gesamten Literatur herausgeholt werden konnte, ist hier gesammelt; die dabei angewandte Vorsicht mag illustriert sein durch die eine Bemerkung, daß beispielsweise zu Angaben über die Rückdiffusion fester Körper von den vielen hier existierenden Untersuchungen nur zwei als zur Verwertung geeignet befunden wurden.

Wenn ich mich nun den Einzelheiten zuwende, muß ich mich naturgemäß auf eine kleine Auswahl besonders interessanter oder markanter Beispiele beschränken. Generell möchte ich nur bemerken, daß zwar als Endzweck die Gewinnung quantitativer Daten im Vordergrund steht, sei es nun durch kritische Sichtung gegebenen Materials oder durch eine gänzliche Neubearbeitung älterer Beobachtungen, daß aber auch die experimentell-methodische Seite des Themas überall eingehend behandelt wird und dabei eine Menge

wertvoller Einzelheiten für den Leser abfällt. Es ist sehr erfreulich, daß so die jahrelange experimentelle Erfahrung des Verfassers nun bequem im Zusammenhang der Allgemeinheit zugänglich gemacht worden ist. Aus dem Inhalt des allgemeinen Teils dürfte manchem überraschend etwa die Feststellung in Abschnitt II B sein, daß man homogenere Kathodenstrahlen mit Induktorium und Aluminiumfenster als auf thermoelektrischem oder lichtelektrischem Weg erhalten kann, ferner daß die Geschwindigkeitsverluste der Strahlen in der Materie nahezu einheitlich sind, also nicht etwa ein breites kontinuierliches Geschwindigkeitsband entsteht. Diese Feststellung ist von fundamentaler Bedeutung für die Auffassung des Absorptionsvorganges (als eines „Steckenbleibens" der Elektronen im vollen Lauf) und erscheint um so wichtiger, als fast alle im Detail ausgearbeiteten Absorptionstheorien von anderen Auffassungen ausgehen. Da sich die Lenardsche Auffassung neuerdings in einigen theoretischen Arbeiten (z. B. von *Darwin*) vertreten findet oder doch aus diesen die Möglichkeit zu entnehmen ist, sie mit den üblichen Kraftzentrentheorien in Einklang zu bringen, hätte sich allerdings ein genaueres Eingehen auf die Theorie gelohnt. Es ist, nebenbei bemerkt, überhaupt der einzige Vorwurf, den ich dem Lenardschen Buch machen muß, daß die Hinweise auf theoretische Überlegungen etwas stiefmütterlich und auch nicht ganz objektiv behandelt sind. Doch muß anderseits zur Abschwächung dieses Vorwurfs gesagt werden, daß die Tendenz des Ganzen eine durchaus auf das Empirische gerichtete ist; immerhin wären aber theoretische Ausführungen in dem hier gemeinten Sinn — wenn auch nur als schmückendes Beiwerk — vielleicht auch manchem anderen willkommen gewesen. Als drittes Beispiel aus dem allgemeinen Teil möchte ich noch den Abschnitt II D erwähnen, in welchem das lineare Absorptionsgesetz ad absurdum geführt wird. Dies zu erwähnen scheint mir schon deshalb angebracht, weil es in sonst vorzüglichen anderen Werken (z. B. in der Radioaktivität von *St. Meyer* und *v. Schweidler*) ohne weitere Bemerkungen Aufnahme gefunden hat.

Im speziellen Teil werden in sieben Kapiteln Geschwindigkeitsverlust, Grenzdicken, Absorption, Intensitätsabfall, Sekundärstrahlung, Energieverhältnisse und Diffusion eingehend behandelt; nur ganz wenige Hinweise können natürlich hier gegeben werden. Der Geschwindigkeitsverlust $d\,v/d\,x$ wird definiert als „die maximal vertretene Geschwindigkeitsänderung, bezogen auf die Schichtdicke eins im Normalfall und bei gleicher Richtung des Ein- und Austritts" (dies nur als ein Beispiel für die durchwegs angestrebte Exaktheit der Definition) und wird zunächst für Aluminium, für welches die meisten brauchbaren Daten vorliegen, dann für einige andere Medien bestimmt; für die Theorie wertvoll ist hier besonders die Zusammenfassung (I e 5) der Ergebnisse hinsichtlich der Abweichung von der Massenproportionalität. Im zweiten Abschnitt über Grenzdicken dürfte vor allem das über Analogien und Unterschiede zwischen Kathodenstrahlen und α-Strahlen Gesagte interessieren. Der folgende Abschnitt über Absorption bringt eine Vertiefung der oben bereits erwähnten Auffassung des Absorptionsvorganges, die in prinzipiellem Gegensatz steht zu den üblichen theoretischen Ansätzen. Nach *Lenard* erfolgt die Absorption „mindestens so überwiegend durch plötzliche Wirkung einzelner Atome, daß von der anderen Möglichkeit (allmähliche Aufzehrung der Geschwindigkeit durch sukzessive Wirkung vieler Atome) bisher niemals eine sichere Spur nachweisbar war". Dadurch gewinnt der „absorbierende Querschnitt" eines Atoms natürlich erst eine reale, über die einer statistischen Rechengröße hinausgehende Bedeutung, die *Lenard* bekanntlich schon lange in seiner Dynamidentheorie zum Ausdruck gebracht hatte und hier in einem besonderen Kapitel (III F) nochmals eingehend auseinandersetzt. Generell stimme ich hier den Prioritätsansprüchen zur Korntheorie der Atome rückhaltlos zu, glaube aber doch, daß *Lenard* der Rutherford-Bohrschen Atomtheorie nicht gerecht wird, wenn er sie lediglich als eine Spezialisierung der allgemeinen Dynamidentheorie bewertet. Denn auch nach der Formulierung des Grundgedankens der Ladungskonzentration in „Kernen" ist doch in dem quantitativen Ausbau des Modells und seiner Einordnung in allgemeinere Zusammenhänge ohne Zweifel ein nicht nur verbessernder, sondern ein prinzipieller Fortschritt zu sehen. Von dem vierten Abschnitt (Intensitätsabfall) möchte ich nur das Kapitel IV H erwähnen, in welchem als Anwendungen der vorhergehenden Diskussion die Konstruktion magnetischer Spektra und die Kathodenstrahlentheorie des Nordlichts behandelt werden. Insbesondere dies letztere Thema steht ja heute im Mittelpunkt geophysikalischen Interesses, und die Frage, ob β- oder ob α-Strahlen das Nordlicht erzeugen oder ob — wie *Lenard* vermittelnd annimmt — beide Strahlenarten dafür in Betracht kommen können, harrt noch der Lösung.

Die drei letzten Abschnitte über Sekundärstrahlen, Energieverhältnisse und Diffusion sind mit besonderer Ausführlichkeit behandelt und nehmen gerade die Hälfte des ganzen Werkes in Anspruch. Die beiden erstgenannten Abschnitte gehören eng zusammen und geben ein vollständiges Bild der Sachlage, die sehr übersichtlich z. B. in der Texttabelle 15 zum Ausdruck kommt. Allerdings handelt es sich im wesentlichen, dem Rahmen des Buches entsprechend, nur um den Teil der Energetik des Atoms, den man etwa den elektrischen nennen könnte, während die optischen Fragen (Anregungspotentiale, Problem des Trägers einer Linie usw.) nur gestreift werden konnten. Gar nicht geht leider *Lenard* ein auf die

mancherlei, auch abzüglich der großen Erfolge auf optischem Gebiet, bereits vorhandenen doch recht erfolgversprechenden Ansätze quantentheoretischen Charakters und behandelt überhaupt nach meinem Gefühl die theoretische Seite des Themas etwas einseitig. Doch wird andererseits so außerordentlich Vieles und Neues geboten, daß man derartige Mängel vorwiegend als Schönheitsfehler bezeichnen möchte. Für die Kenntnis der Sekundärstrahlung wichtig sind bekanntlich drei Dinge, die Ionisierungs- (Grenz-) Spannung, die Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der wirkenden Elektronen mit ihrem charakteristischen Maximum und die Geschwindigkeit der Sekundärelektronen. *Lenard* bringt hier für Gase ein erschöpfendes Material bei, aus welchem namentlich auf die den dritten der genannten Punkte betreffenden Daten hingewiesen sei, da dieser ebenso in der Methodik der Intensitätsmessung von Elektronenstrahlen eine große und bisher vielfach unterschätzte Rolle spielt, wie er für die Theorie der Glimmentladung von Wichtigkeit sein wird. Für feste Körper, deren feinere Konstitution ja heute das Interesse der Physiker besonders in Anspruch nimmt und zu deren Ergründung jede neue Möglichkeit willkommen wäre, liegen die Verhältnisse leider weniger günstig, besonders bezüglich eines Vergleiches derselben Metalle im festen und gasförmigen Zustand; immerhin findet man auch hier (in Abschnitt C 3) einige interessante Angaben. Die Betrachtungen des Kapitels über Sekundärstrahlen werden nun in dem folgenden über Energieverhältnisse vertieft und vor allem in einen größeren allgemeineren Rahmen eingeordnet. Einen allgemeinen Überblick geben hier der Abschnitt VI B und namentlich die außerordentlich instruktive Tabelle 15, obwohl sich diese speziell auf Luft bezieht. Daß die optische Seite der diesbezüglichen Fragen nicht eingehender behandelt werden konnte (z. B. hätte eine wichtige quantitative Untersuchung von *Rau* über die Anregung von He-Linien mindestens erwähnt sein müssen), ist, wie bereits bemerkt, recht zu bedauern, da es hier nach unserer heutigen Kenntnis sich nicht nur um Vermutungen und anregende Spekulationen hätte handeln brauchen, sondern z. B. in den Starkschen Arbeiten bereits weitgehende Hinweise und Resultate vorliegen.

Der letzte, die Diffusion behandelnde Abschnitt endlich bringt neben reichem Material für Anwendungen, etwa in der Theorie der Gasentladungen, vor allem auch eine für die Theorie der Atomkraftfelder wichtige Diskussion über echte Reflexion, d. h. über die Ablenkung in großen Winkeln bei einem einzigen Zusammentreffen mit einem Atom oder Molekül. Wichtig ist das dort Gesagte deshalb, weil im Gegensatz zu der üblichen, auf *Rutherford* zurückgehenden Ansicht die echte Reflexion beschränkt wird auf kleinste Geschwindigkeiten unterhalb der Ionisierungsspannung; in diesem Zusammenhang von weiterem Interesse werden auch gewisse vom Verfasser gegen die Beweiskraft der bekannten Wilsonschen Bahnphotogramme vorgebrachte Bedenken sein.

Wie schon zu Beginn erwähnt, habe ich aus dem ungemein reichhaltigen Inhalt des Werkes nur ganz wenige Dinge herausgreifen können, die mir besonders interessant erschienen. Und wenn ich verschiedentlich auch auf Mängel hingewiesen habe, die nach meinem Gefühl vorhanden sind, so mag man dies nicht falsch deuten. Ich halte *Lenards* Buch für eine Leistung allerersten Ranges und in Zukunft für den Experimentator wie für den Theoretiker als absolut unentbehrlich, soll nicht der „verfahrene" Zustand dieses wichtigen Gebietes der Physik, von dem *Lenard* in der Einleitung spricht, weiterhin bestehen bleiben.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 5. April hielt Dr. *Lutz* (Berlin), der vor dem Kriege als Leiter des Nationalmuseums in Panama mehrere Forschungsreisen in wenig bekannte Gebiete der Republiken Panama und Costarica unternommen hatte, einen Vortrag über seine **Reisen im südlichen Mittel-Amerika.** Der Bau des Panama-Kanals, besonders der Einschnitt des 15 km langen Culebra-Durchstichs, hat wertvolle geologische Aufschlüsse über den Bau des Landes geliefert, aus denen hervorgeht, daß hier im Laufe der geologischen Perioden ein achtmaliger Wechsel von Land und Meeresbedeckung stattgefunden hat. Prähistorische Muschelanhäufungen (Kjökkenmöddinger) an Hügelabhängen deuten auf rezente Hebungen des Landes. Vulkanische Gebiete sind häufig und geben vielfach der Gegend ihr eigenartiges, an landschaftlichen Reizen reiches Gepräge. Neben einer chaotischen Hügelwelt von vulkanischen Kuppen finden sich auch einzelne Vulkankegel von mehr als 3000 m Höhe, wie der 3430 m hohe Chiriqui im westlichsten Panama, der schon von See aus weithin sichtbar ist. Manche dieser Vulkane sind noch heute tätig. Sie werfen vulkanische Bomben, Lapilli und Asche aus, die oft mehrere Zentimeter hoch den Boden bedeckt und häufig die Waldvegetation vernichtet. Ein Kratersee, der von den Eingeborenen das „Auge der Hölle" genannt wird und Wasser von 40 ° bis 80 ° Wärme enthält, ist der Sitz häufiger Ausbrüche. Eine mit dunklen Schlammpartikelchen durchsetzte Gaswolke bricht plötzlich aus dem Grunde des Sees heraus und schleudert das Wasser 300 m hoch empor. Da es sich im wesentlichen um Schwefeldioxyd oder Schwefelwasserstoff handelt, so ist eine Annäherung an den Schauplatz der Eruptionen nur mit besonderen Schutzvorrichtungen, wie Gasmasken usw., möglich. Die zentrale Hochebene ist auch der Schauplatz sehr heftiger, offenbar vulkanischer Erdstöße. Um die Häuser vor Zerstörungen zu schützen, bedienen sich die Europäer deshalb zum Hausbau eines Metallgewebes, das dem Geflecht von Eisenmatratzen ähnlich und wie dieses äußerst nachgiebig gegen Stöße ist.

Das Klima ist rein tropisch. In der Gegend des Panamakanals sind die jahreszeitlichen Unterschiede der Temperatur besonders gering. Die Hauptregenzeit fällt hier auf den November.

An der atlantischen Seite des bereisten Gebietes breitet sich eine häufig sumpfige Küstenebene mit weiten Flußmündungen aus, darüber folgt in höheren Lagen ein tropischer Regenwald mit den charakteristi-

schen Leitpflanzen, Palmen, Lianen und auf Baumstämmen wachsenden Epiphyten. In noch größerer Höhe vollzieht sich die Mischung von atlantischer und pazifischer Flora. Hier treten Myrthen, Eichenwälder und Bambusen auf, die in den höchsten Teilen von einer alpinen Flora abgelöst werden. Nach der pazifischen Seite hinabsteigend, gelangt man erst in Parkwälder, deren Leitpflanzen jedoch Beziehungen zur asiatischen Flora aufweisen, während diejenigen der atlantischen Seite auf Verwandtschaften mit den Antillen und dem östlichen Südamerika hindeuten. Dann folgen in tieferen Lagen Busch- und Grassavannen, die ein ideales Gelände für Viehzucht darstellen. Eine Hauptnahrungspflanze ist die Banane, von der 120 Früchte dort einen Verkaufswert von etwa einer Mark haben. Ein bei keiner Ansiedelung fehlendes Gewächs ist der Mangobaum mit seinen etwas nach Terpentin schmeckenden Früchten. Weite Gebiete, namentlich in der 40 km breiten Meseta central, sind mit mustergültigen Kaffeeplantagen bepflanzt. Nach der Ernte der Kaffeekirschen wird das Fruchtfleisch durch Quetschapparate beseitigt, die anhängenden Reste durch einen Fäulnisprozeß und anschließendes Trocknen auf den Tennen beseitigt und schließlich das feine Silberhäutchen, in dem die Kaffeebohne liegt, durch Schälapparate entfernt. Vorzugstarife nach den Häfen, von denen die Verschiffung des Kaffees nach Hamburg erfolgt, ermöglichten es den dort ansässigen deutschen Kaffeepflanzern, zu außerordentlichem Wohlstand zu gelangen. So wird z. B. das Vermögen von dreißig in Costarica ansässigen Deutschen auf insgesamt 150 Millionen, dasjenige der in Guatemala und San Salvador ansässigen zusammen sogar auf rund 1000 Millionen geschätzt. Nach Kriegsausbruch hat jedoch die von englischen und amerikanischen Behörden geschürte Boykottbewegung Millionenwerte vernichtet. In Costarica versuchte vor allem der amerikanisch-englische Bananentrust, die „United Fruit", unter Anwendung der unbedenklichsten Mittel die deutschen Besitzungen zu vernichten. Die Vorzugstarife wurden infolge von Bestechungen aufgehoben, und die Kaffeekurse an der New Yorker Börse so gedrückt, daß eine Ausfuhr nicht mehr möglich war. Trotzdem die deutschen Pflanzer auf solche Weise 4½ Jahre lang vom Weltmarkt abgeschnitten waren, haben sie sich doch durch ihre Finanzkraft und ausgiebige gegenseitige Unterstützung gehalten. Die Republik Panama freilich hat sie auf einer einsamen Tropeninsel im Stillen Ozean interniert.

Aus der Tierwelt sind erwähnenswert Brüllaffen, Langschwanzaffen, Puma und Jaguar, von denen der letztere auf eigenartige Weise den Fischfang betreibt, indem er mit geschicktem Prankenhieb den Fisch auf das Ufer schleudert. Eine überraschende Fülle von Vögeln, darunter prächtige und völlig zahme Kolibris, belebt die Luft. An den Palmen hängen die zierlichen Beutelnester der Webervögel. In den Deltas der Flüsse tummeln sich Zehntausende von Alligatoren und auf den Bäumen zahlreiche lange Eidechsen mit zackigem Rückenkamm. Die Savannen enthalten viele jener eigenartigen hohen Bauten, die von Termiten, den sogenannten weißen Ameisen, kunstvoll hergestellt worden sind.

Die Bevölkerung bildet ein buntes Gemisch, denn der Isthmus von Panama ist seit langem ein Durchgangsgebiet für alle Nationen der Welt geworden. Deutlich erkennbar sind namentlich die Mischlinge von Negern und Chinesen an ihrer gescheckten Haut.

In der Sitzung vom 3. Mai hielt Professor *E. Herzfeld* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über **Geographisches und Archäologisches aus Kurdistan**, das er viermal in den Jahren 1915 und 1917 zwecks archäologischer Studien bereist hatte. Kurdistan ist eine persische Provinz, aber in weiterem Sinne umfaßt es als ethnische Bezeichnung das ganze Gebiet Vorderasiens, in dem Kurden wohnen, insbesondere die Randgebirge des iranischen Hochlandes von der Gegend des Wan-Sees im Westen bis nach Shiraz im Südosten. Zahlreiche parallele Ketten ohne Quertäler steigen hinter der großen Bruchlinie auf, die sich durch Petroleum- und Asphaltvorkommen auszeichnet, und an welcher im Südwesten die mesopotamische Scholle und in ihrer Fortsetzung der Boden des persischen Meerbusens in die Tiefe gesunken ist. Die Gebirgsketten steigen im Kuh-i-Kandil (Im ewigen Schnee), Kuh-i-Tchil Tscheshme (Vierzig-Quellen-Berg), Pir 'Omar Gudrun (nach assyrischer Legende Berg der Arche Noah), Kuh-i-Bistun (nach iranischem Mythus Sitz des Mithra) zu gewaltigen Gipfeln auf. Die höchste Erhebung bildet im Elburz jener Berg, von dem die Tchinwatbrücke, über welche alle Seelen ins Paradies gehen müssen, sich über die Hölle spannt.

Das Klima ist durch die südliche Lage, etwa in der geographischen Breite des Mittelländischen Meeres, wie durch die Seehöhe von 1000 bis 2000 m beeinflußt. Es weist schroffe Gegensätze der Temperatur in Sommer und Winter auf.

Die Vegetation ist besonders reich an Obstbäumen aller Art. Auch Weinberge sind häufig, doch wird der Wein nur im Süden bei Shiraz auch gekeltert, sonst nur in Form von Trauben oder Rosinen verbraucht. Der Nußbaum wird in großen Mengen gepflanzt. Es fehlen jedoch auch nicht ärmere Gegenden, wo nur Eichen wachsen oder die Bevölkerung auf ein aus Eicheln gebackenes Brot angewiesen ist. Im Süden treten Pinien und Zypressen, sogar Palmen auf. Rosen wachsen wild. An den Wasserläufen kommen Oleander und Myrthe vor, letztere stellenweise in großen, herrlich duftenden Wäldern.

Die Bevölkerung zerfällt in zwei Schichten. Die Sipah (das Heer) bilden die iranische, herrschende Oberschicht. Sie sind in Clans organisiert, die von Herzögen befehligt werden, eine Feudalherrschaft, die sich mit derjenigen der deutschen Raubritter und Herzöge im Mittelalter vergleichen läßt. Ihnen stehen die Köili (Dörfler) als ackerbautreibende und ausgebeutete Urbevölkerung gegenüber. Die Hauptstämme Kurdistans sind die Kurmandj im türkischen Gebiet, Muktri am Urmiyasee, Bebbe und Djaf um Sulaimaniya, Kalhur um Kirmanshah, Lur südlich davon bis zum Persischen Golf, Bakhtiyari zwischen Khugistan am Persischen Golf und Isfahan, Mumaseni und Kuhgelu bis Shiraz. Darüber hinaus wohnen Kurden noch bis Afghanistan und Baluchistan.

Das älteste Vorkommen des Namens der Kurden ist für 400 v. Chr. bei Xenophon nachgewiesen. Wahrscheinlich sind sie mit den übrigen iranischen Stämmen, wie Meder, Perser, Kimmerier, Skythen usw. um 900 v. Chr. in Iran eingewandert. Eigene historische Überlieferung, wie überhaupt Literatur in eigener Sprache ist nicht vorhanden. Die Epen und Lieder werden mündlich überliefert. Die Kurden selbst behaupten oft, jüdischer Abstammung zu sein, was von englischen und amerikanischen Gelehrten unter dem Schlagwort „Wiederauffindung der verlorenen Stämme Israels" verkündet worden ist. Diese Ansicht ist ebenso falsch, wie die von älteren und modernen europäischen Gelehrten angenommene Abstammung von der elamischen Urbevölkerung. Die Stellung der Frauen ist wesent-

lich freier als bei den Türken. Sie gehen unverschleiert, können als Stammeshäuptlinge fungieren und sogar den regierenden Fürsten vertreten.

Für die historische Betrachtung der Landschaft sind ihre Wege maßgebend. *Eigentliche Straßen sind nirgends vorhanden*, nur Verbindungspfade zwischen den einzelnen Dörfern, die gelegentlich zu einem größeren Weg zusammenwachsen; nur eine große Naturstraße durchquert das Land von Baghdad nach Hamadan, dieselbe, die schon im Altertum von Babylon nach Egbatana führte. Sie ist das große Tor der Festung Iran und die Pforte Asiens, aus der sich alle Völkerwanderungen von den uralten Kassiten bis zu den Mongolen und Tataren über die babylonische Ebene ergossen. Nur eine Stadt, Kirmanshah, ist an ihr gelegen. Außer dieser Hauptstraße kommt noch im Norden diejenige von Mosul nach Urmiya mit einer Paßhöhe von 3000 m in Betracht, sowie im Süden zwei unentwickelte Straßen vom Persischen Golf nach Hamadan—Isfahan oder Schiraz.

Die Weltgeschichte des Orients gliedert sich in drei Epochen: 1. Die Urzeit bis etwa 1200 v. Chr., in welcher Schöpfung und Ausbau der ersten Zivilisation durch vornehmlich semitische Völker erfolgte. 2. Die Zeit bis etwa 600 n. Chr. Niederlassung von Völkern indogermanischer Sprache. Erweiterung des Horizontes. Begründung des medischen, persischen, hellenistischen Reiches. 3. Nach 600 n. Chr. Reaktion des alten semitischen Orients im Islam gegen die indogermanische Epoche. Trennung von Orient und Okzident.

Im einzelnen erörterte der Vortragende die Einwirkungen, welche zu diesen verschiedenen Epochen in Kurdistan wirksam waren. Er führte aus, daß das Land keine eigene Kultur geschaffen, sondern stets nur unter dem Einfluß der Nachbarländer gestanden hat, und belegte seine Auseinandersetzungen durch die Vorführung von zahlreichen Lichtbildern, in denen er die physische Natur veranschaulichte und die Bauten und Denkmäler zeigte. Das gleiche Haus, das schon die medischen Königsgräber von 700 v. Chr. zeigen, existiert durch alle Zeiten bis heute, und mit ihm als Typus der iranischen Baukunst der Holzsäulenbau. *Überhaupt hat sich in Kurdistan seit 3000 Jahren nur wenig geändert.* Unter diesen Umständen kann man auf den Erfolg des von französischer Seite geplanten Experimentes, die Schaffung eines Kurdenstaates auf türkischem Boden, gespannt sein. Jedenfalls erscheint das Volk dazu berufen, dermaleinst noch eine Rolle im Orient zu spielen.

In der Fachsitzung am 19. Mai hielt Dr. *B. Brandt* (Belzig) einen Vortrag über **Geographische Feldzugs-Erlebnisse,** in dem er über seine Erfahrungen als Truppenarzt an der Ost- und Westfront berichtete. Namentlich an der ersteren war kein Teil so genau bekannt, daß nicht durch Beobachtung neue Resultate gewonnen werden konnten. Vielfach sind durch Kriegsmaßnahmen gewaltige Umgestaltungen der Erdoberfläche, ihres Landschaftscharakters und ihrer Besiedelungsverhältnisse zustande gekommen. So wird z. B. das Trichterfeld des Schlachtfeldes an der Somme für Jahrzehnte seinen Charakter als Kriegslandschaft behalten. Die flüchtenden Einwohner übertragen mitunter ihre Gewohnheiten auf andere Gebiete, so daß z. B. in Rußland ein fast verschwundener Haustypus als Notquartier seine Auferstehung feiern konnte. Besonders groß ist der Einfluß des Krieges naturgemäß auf die Verkehrsverhältnisse.

Der empfindlichste Mangel für geographische Betätigung im Felde ist das Fehlen der einschlägigen *Literatur*. In Frankreich boten die Schulbibliotheken einiges Material, vor allem durch die kleinen Landeskunden des Verlages *Colin* in Paris. Eine besondere Fundgrube bildeten die Büchersammlungen der französischen Pfarrer, die auch viel Rohmaterial für siedelungsgeographische Studien enthielten. Bei den sonstigen Bibliotheken aber überwog meist die Literatur aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, während die viel weniger zahlreichen russischen Bibliotheken meist einen mehr modernen Eindruck machten. Sehr wichtiges Quellenmaterial boten die Tageszeitungen, vor allem auch die von unseren Organisationen herausgegebenen Feldzeitungen. Am ungünstigsten waren die Erkundungsverhältnisse in Weißrußland. Hier mußte das Material, wie auf Forschungsreisen, durch Ausfragen der Einwohner mit Hilfe eines oder mehrerer Dolmetscher gesammelt werden.

Andererseits eröffnete der Krieg manche Forschungsmöglichkeiten durch die zahlreichen *Bodenaufschlüsse*, die sich bei Bahnbauten, Anlage von Unterständen, Schützengräben usw. darboten und namentlich den Kriegsgeologen sehr willkommene Studienobjekte lieferten. In Weißrußland verdankte man den Stellungsarbeiten die Feststellung zweier getrennter Grundwasserstockwerke. Auch alte Siedelungsanlagen wurden mitunter bei solchen Gelegenheiten gefunden.

In ganz besonderem Maße hat der Krieg zur *Entwicklung des Kartenwesens beigetragen.* Der Maßstab der Generalstabskarten von 1 : 100 000 reichte nicht aus, so daß Vergrößerungen auf 1 : 25 000, ja auf 1 : 12 500 hergestellt werden mußten. Später wurden diese rohen Notkarten durch Höhenschichtenkarten abgelöst, in welche nun auch die Stellungen und Schützengrabensysteme eingezeichnet werden konnten. Es stellte sich allmählich das Bedürfnis nach immer größeren Maßstäben heraus, die für Sonderzwecke bis zu 1 : 1500 gingen. Für alle diese Kriegskarten wurde ein Koordinatensystem eingeführt, das die Karte in Planquadrate zerlegte. Auch die magnetische Nord-Süd-Linie wurde auf den zuletzt hergestellten Karten eingezeichnet. Als Grundlagen der Karten dienten meist feindliche Originalkarten, von denen der französische Plan directeur in 1 : 10 000 eine vorzügliche Quelle abgab, dem wir nichts Ähnliches an die Seite zu stellen hatten. In reichem Maße wurde aber auch von Dreiecksmessungen, Neuaufnahmen, topographischen Erkundungen usw. Gebrauch gemacht. Die Höhenschichtlinien hatten oft nur den Charakter von Formlinien; auch zeigte der Durchschnittssoldat für sie nur geringes Verständnis. Sehr beliebt waren Mischungen von Grundriß und Ansicht, die für bestimmte Zwecke (Patrouillengänge usw.) handschriftlich entworfen wurden. Auch höhentreue Reliefs fanden Verwendung. Eine besonders wichtige Ergänzung der Karten bildeten die Fliegeraufnahmen. Als Anschauungsmittel verdienen Schrägaufnahmen den Vorzug, die aber für kartographische Zwecke erst entzerrt werden müssen, während senkrechte Aufnahmen annähernd winkeltreue Bilder liefern. Durch Verwendung von Fernaufnahmen und Scherenfernrohr gelang es, anschauliche Panoramen zusammenzustellen. Auch die geologische Karte erschien zum ersten Male als Rüstzeug des Krieges. Hat dieser somit einen wesentlichen Zuwachs der Kartenliteratur durch Neukonstruktionen gebracht, so verdanken wir ihm auch eine Bereicherung unserer Kenntnisse durch Zugänglichmachung solcher Kartenwerke, die früher geheim gehalten worden waren. Zu den Mitteln geographischer Erkenntnis, die im Frieden zwar auch vorhanden, aber

schwer zugänglich sind, gehören auch die Flurkarten, die in Frankreich reichlich vorhanden waren.

Die Ziele geographischer Studien im Kriege waren in Rußland hauptsächlich landeskundlicher Natur. Interessante Einzelheiten boten die Beobachtung jahreszeitlicher Einflüsse auf Veränderungen der Erdoberfläche, die Vegetationsverteilung in Wäldern und Sümpfen, Siedelungs- und namenkundliche Studien. Besonders stark trat anläßlich einer Versetzung von der Ost- zur Westfront der Unterschied zwischen Weißrußland und Frankreich hervor, von denen das erstere ein Agrarland in voller Ursprünglichkeit ist, während Frankreich sich als altes Kulturland zeigt, in welchem die Geschichte überall ihre Spuren hinterlassen hat.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Absolute Helligkeit der Sterne — im Gegensatz zur scheinbaren — nennt man die auf eine bestimmte Entfernung bezogene Helligkeit. Man drückt sie ebenso wie die scheinbare Helligkeit in Sterngrößen aus und bezieht sie z. B. auf die Entfernung, welche einer Parallaxe von 1″ entspricht. Sie hängt ab von der Temperatur (dem Spektraltypus) und von der Größe der Oberfläche. Letztere ist eine Funktion der Masse und der Dichte; da aber die Massen der Sterne nach den bisherigen Erfahrungen zwischen verhältnismäßig engen Grenzen schwanken, so ist es praktisch in erster Linie die Dichte allein, die bestimmend ist. Die Kenntnis der absoluten Helligkeit würde in Verbindung mit der scheinbaren Helligkeit die Entfernung oder Parallaxe liefern. Kriterien für die absolute Helligkeit sind aus diesen und anderen Gründen von großer *Wichtigkeit für die Untersuchungen über die Konstitution des Fixsternsystems.*

Ein spektrales Merkmal für große absolute Helligkeit der weißen und gelben Sterne — Spektralklassen B, A, F, G — hat bereits vor Jahren *Hertzsprung* in dem c- und ac-Charakter gewisser Sternspektren aufgefunden. Die Linien in den Spektren der c- und ac-Sterne in der Mauryschen Spektraleinteilung sind im allgemeinen schärfer als die Linien in den anderen Spektren derselben Spektralstufe, und ihre relativen Intensitäten sind in bestimmter Weise verschieden.

Bei der weiteren Verfolgung dieser Andeutung ergab sich die Notwendigkeit, die gelben und roten Sterne in zwei Serien zu teilen, die anscheinend scharf voneinander getrennt sind, in absolut helle und absolut dunkle Sterne, in *Riesen* und *Zwerge*, wie *Hertzsprung* sie nannte. Erstere müssen Sterne mit großer Oberfläche, also geringer Dichte, letztere Sterne mit kleiner Oberfläche, also großer Dichte sein. Die Sonne gehört zu letzteren. Man nimmt vielfach an, daß die Riesen dem aufsteigenden Ast der Sternentwicklung, der durch steigende Temperatur gekennzeichnet ist, angehören, die Zwerge dem absteigenden Ast, mit abnehmender Temperatur, während die weißen Sterne, die die höchste Temperatur haben, auf dem Gipfel der Entwicklungskurve stehen. Die absolut hellen roten Sterne wären danach also jünger als die absolut hellen gelben Sterne und diese jünger als die weißen Sterne, denen in der Entwicklung die gelben und roten Zwerge folgen würden.

Kurz vor dem Ausbruch des Krieges war es *A. Kohlschütter* gelungen, aus dem umfangreichen spektrographischen Material der Mount Wilson-Sternwarte *spektrale Kriterien für die absolute Helligkeit* der gelben und roten Sterne zu finden, die auf den relativen Intensitäten gewisser Spektrallinien, darunter der Wasserstofflinien, beruhen. Von zwei, ihrem allgemeinen Habitus nach gleichen Spektren zum Beispiel, von denen das eine einem roten Riesen, das andere einem roten Zwerge angehört, hat das erstere relativ erheblich viel kräftigere Wasserstofflinien als das letztere, und zwar um so mehr, je größer der Unterschied der absoluten Helligkeit der beiden Sterne ist. Dieses Anzeichen liefert also ein Maß für die absolute Helligkeit, wenn man mittels Sternen von bekannter Parallaxe, folglich bekannter absoluter Helligkeit, den Nullpunkt der absoluten Helligkeit festlegt. Diese Beziehung hat *W. S. Adams* auf dem Mount Wilson nach dem durch den Krieg veranlaßten Weggange *Kohlschütters* an einer großen Zahl ausgewählter Sterne quantitativ genauer festzulegen versucht (man vergleiche dazu *Communic. to the National Acad. of Sciences 2*, 147, 152, 157; *Astrophys. Journ. 40*, 385, *46*, 313). Die letzte Veröffentlichung von *Adams* und *Joy*, *Astrophys. Journ. 46*, umfaßt 500 Sterne des I.—II., II. und III. Spektraltypus. Dieselben zerfallen gemäß ihrer Auswahl in schwache Sterne mit großer scheinbarer Eigenbewegung, also in solche, die der Sonne durchschnittlich nahe stehen, und in helle Sterne mit meist geringer scheinbarer Eigenbewegung, die von der Sonne durchschnittlich sehr weit entfernt sein müssen.

Hertzsprung unterzieht nun in Nr. 4986 der *Astron. Nachr.* diese Untersuchung einer kritischen Prüfung, der wir folgendes entnehmen: Er bemerkt zunächst mit Recht, daß infolge der besonderen Auswahl der Sterne die Frage einer wirklichen scharfen Zweiteilung der gelben Sterne in absolut helle und schwache durch dieses Beobachtungsmaterial nicht entschieden werden könne.

Von besonderem Interesse ist *die Genauigkeit der spektroskopisch erhaltenen absoluten Helligkeiten.* Auf zwei verschiedenen Wegen erhält er den mittleren Fehler einer spektroskopisch geschätzten absoluten Sterngröße zu $\pm 0{,}52^m$ bzw. $\pm 0{,}68^m$, entsprechend einem Helligkeitsverhältnis 1 : 1,61 bzw. 1 : 1,88 und einem Entfernungsverhältnis 1 : 1,27 bzw. 1 : 1,37. Die durchschnittliche absolute Helligkeit von 140 hellen gelben Sternen ergibt sich aus den säkularen Parallaxen (scheinbaren Eigenbewegungen) zu $-3{,}65^m$, während die spektroskopischen Schätzungen mittels direkter Parallaxenbestimmungen — $3{,}95^m$ liefern. Der Unterschied ist von der Größe seines mittleren Fehlers. Die Sonne hat in der Entfernung der Parallaxe 1″ die Helligkeit $-0{,}33^m$, ist also rund 28 mal schwächer als der Durchschnitt der betrachteten 140 hellen gelben Sterne.

Aus diesen Zahlen ergibt sich nach Ansicht des Referenten, daß die Genauigkeit der Methode der spektroskopischen Schätzung der absoluten Helligkeit, an die man natürlich nicht den Maßstab unmittelbarer photometrischer Bestimmungen legen darf, eine *recht hohe* ist *verglichen mit der Genauigkeit der Bestimmung der absoluten Helligkeit aus direkten Parallaxenbestimmungen*, vor denen sie zudem den Vorzug der Unabhängigkeit der Genauigkeit von der Entfernung hat. Insbesondere, und darin liegt gerade der große Wert der spektroskopischen Methode, vermag sie voraussichtlich auch da noch wesentlich reelle Parallaxen zu liefern, wo die direkte Methode wegen der Kleinheit der Parallaxe längst versagt.

Die genaue Mount Wilson-Spektraleinteilung benutzt *Hertzsprung* noch zur Prüfung des Zusammen-

hanges zwischen Farbe (Farbenindex, Farbenäquivalent) und Spektraltypus für die Sterne der Spektralstufen G_6—K_7. Die Beziehung zwischen Farbe und Spektraltypus ist bekanntlich für die frühen Spektralklassen, B bis G_0, eine sehr enge. In den späteren Klassen machen sich Anzeichen einer Lockerung dieser Beziehung bemerkbar, indem Sterne derselben Spektralstufe mitunter recht erhebliche Farbenunterschiede zeigen. Diese Unterschiede laufen, wie *Hertzsprung* an 42 der Adamsschen Sterne, für die die Göttinger Aktinometrie Farbenindices enthält, zeigt, mit der absoluten Helligkeit sehr nahe parallel; je größer die letztere, desto tiefer gelb die Farbe. Dies ist eine Bestätigung bzw. Erweiterung früherer Feststellungen von *Maury, Adams* und *Kohlschütter*. *G.*

Eine neue Methode von V. Bjerknes zur Verbesserung der Wettervorhersage. In Heft 52, S. 765 des Jahrganges 1918 dieser Zeitschrift, wurde über die bedeutsamen Verhandlungen auf dem skandinavischen Geophysikerkongreß in Göteborg berichtet. Als Ergänzung hierzu möge noch der Hauptinhalt des Vortrages „Wettervorhersage", welchen Professor *V. Bjerknes* dort hielt[1]), wiedergegeben werden, da er sowohl wegen seiner theoretischen Grundlagen als auch wegen seiner etwaigen praktischen Bedeutung Beachtung verdient.

Schon der Weg, auf welchem *Bjerknes* zu seinem Ziele gelangt, ist bemerkenswert. Dieser Gelehrte beschäftigt sich seit mehreren Jahren damit, das Wetter rein mathematisch auf Grund der Gleichungen der Dynamik und Thermodynamik zu analysieren. Dabei wurde zunächst eine stärkere Berücksichtigung der *Luftströmungen* nötig; es zeigte sich, daß die nach den Windangaben gezeichneten Stromlinienkarten merkwürdige Singularitäten — Konvergenzen und Divergenzen — enthielten, und es wurde daraufhin das Verhalten der Konvergenz- und Divergenzlinien, d. h. der Linien, gegen welche die Luft beiderseits einströmt oder von denen sie beiderseits abströmt, weiter verfolgt. Ebenso wie das Liniensystem von Hoch- und Tiefdruckgebieten auf einer Wetterkarte im Laufe des Tages wandert, verschieben sich auch die Konvergenz- und Divergenzlinien, und zwar nach einer Regel, welche mit dem sogen. Buijs-Ballotschen Gesetz über die Beziehungen zwischen Lage der Depression und Windrichtung Ähnlichkeit hat. Sie lautet für die nördliche Halbkugel: Wenn man in Richtung des Windes sieht, bewegen sich die Konvergenzlinien nach rechts, die Divergenzlinien nach links. Die Krümmung der Konvergenzlinien gibt außerdem ein ungefähres Maß für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Gebilde. Da nun die Konvergenzlinien im allgemeinen mit aufsteigenden Luftströmen verbunden sind, und diese wiederum verstärkte Wolkenbildung und Regen nach sich ziehen, so liegt es nahe, solche *Windkarten zur Verbesserung der Wettervorhersage* zu benutzen.

Bei derartigen Versuchen stößt man zunächst auf eine praktische Schwierigkeit. Einigermaßen genaue Strömungskarten erfordern ein sehr dichtes Stationsnetz. Prof. *Bjerknes* erhielt jedoch staatliche Geldmittel, um vorübergehend an der südnorwegischen Küste (Distrikt von Bergen) unter Benutzung von Leuchttürmen und Signalstationen der Flotte ein engmaschiges Netz einzurichten, bestehend aus zwei Reihen von Barometerstationen — einer auf den äußersten Inseln, einer zweiten in den tiefsten Fjords — und dazwischen einer großen Anzahl einfacher Stationen, welche ohne Instrumente Wind und Wetter beobachten. Die Beobachter mußten namentlich sehr genaue Himmelsschau halten, z. B. auf Lage und Höhe heraufziehender Wolkenbänke, Richtung von Regenstreifen, Wolkenlücken u. dergl. achten. Aus solchen örtlichen Anzeichen über das direkte Aufziehen von Unwettern lassen sich natürlich nur kurzfristige Vorhersagen ableiten; es wurden daher auf Grund der Beobachtungen von 8 Uhr vormittags Prognosen nur für den Rest des Tages ausgegeben. Auf den äußersten Küstenstationen wurde die Windrichtung sehr scharf mittels Peilscheiben mit einer Genauigkeit von etwa 5° beobachtet.

Die mit Hilfe dieses dichten Stationsnetzes gezeichneten Karten hatten zwar noch nicht die genügende Genauigkeit, um das Fortpflanzungsgesetz der Konvergenz- und Divergenzlinien quantitativ festlegen zu können, aber sie lieferten doch schon folgende *wichtige empirische Tatsachen*. Zu jeder wandernden Zyklone gehören zwei charakteristische Konvergenzlinien, welche beide von der rechten Seite der Zyklonenbahn kommen. Die eine nähert sich dieser Bahn fast senkrecht, die zweite — von *Bjerknes* Kurslinie genannt — schmiegt sich ihr um so dichter an, je mehr sie sich dem Depressionszentrum nähert. Im Zentrum würde somit die Tangente an diese Konvergenzlinie unmittelbar die Fortpflanzungsrichtung, d. h. den Kurs der Zyklone anzeigen. Die zweite, in der Fortpflanzungsrichtung hinter ihr liegende Konvergenzlinie deckt sich im wesentlichen mit der schon früher von Meteorologen häufig untersuchten sogen. Böenlinie (ligne de grain, line squall); sie stellt die Vorderfront einer Teildepression dar dort, wo kalte Luft, verbunden mit heftigen Windstößen und Regen- oder Gewitterböen einbricht. Zwischen der Böenlinie und der Kurslinie tritt dagegen verhältnismäßig warme Luft mit Landregen auf, der jedoch schon 200 km und mehr vor der Kurslinie (rechts von ihr) beginnen kann. Gelingt es, eine herannahende Depression, besonders deren rechte Seite, durch die Konvergenzlinien und durch Augenbeobachtungen genauer zu analysieren, so ist damit offenbar ein wichtiges Hilfsmittel zur Erkennung des weiteren Verlaufs der Depression gegeben.

Die Versuche, welche im Sommer 1918 an der westlichen norwegischen Küste mit diesem Verfahren erzielt wurden, ermuntern durchaus zur weiteren Fortsetzung. Die mittleren *Trefferprozente der Vorhersage* waren im Juli 83,7, im August 86,3 und im September 92,0. Es muß einstweilen dahingestellt bleiben, ob der gegen Ende des Sommers bessere Erfolg auf gesteigerter Erfahrung und Geschicklichkeit des Prognosenstellers oder auf der im Spätsommer und Frühherbst meist leichter zu erkennenden Wetterlage beruht. *Bjerknes* versäumt übrigens nicht, auch die Schwächen der Konvergenzliniendarstellung zu kennzeichnen. Die Methode versagt z. B., wenn die Depression stationär ist; sie wird ferner um so schwerer anwendbar, je kleiner die Zyklone und je mehr sie lokalen Ursprungs ist. Solche Miniaturzyklonen sind aber gerade für den Hochsommer und für das Binnenland charakteristisch. Jedenfalls wird es lehrreich sein, zu untersuchen, ob die Methode von *Bjerknes* in anderen Gegenden gleich erfolgreich ist. Ganz abgesehen von ihrer praktischen Bedeutung verspricht sie aber wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der Zyklonen und damit für die Vervollkommnung einer Zyklonentheorie, die jetzt noch in den allerersten Anfängen steckt. *R. Süring.*

[1]) Abgedruckt in Meteorolog. Zeitschrift *36*, S. 68 bis 75, 1919.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik

Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie

Von Prof. Dr. **Moritz Schlick**, Rostock

Zweite, stark vermehrte Auflage

Preis M. 5.20*)

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage dieser Schrift unterscheidet sich von der ersten hauptsächlich durch die Kapitel II und IX, welche ganz neu hinzugekommen sind. Das II. Kapitel enthält eine kurze Darstellung der „Speziellen" Relativitätstheorie; sie wird gewiß sehr vielen Lesern willkommen sein, denn es ist besser, die Bekanntschaft mit dieser Theorie beim Leser nicht einfach vorauszusetzen, da, wie sich herausgestellt hat, doch viele zu dem Büchlein greifen, die der Materie noch ferner stehen. Die Schrift selbst gewinnt durch die Hinzufügung jenes Kapitels wesentlich an Geschlossenheit, denn sie stellt nunmehr eine Einführung in den *gesamten* Ideenkreis der Relativitätstheorie, der speziellen wie der allgemeinen, dar, und der Anfänger braucht sich den Zugang zu den ersten Elementen nicht mehr auf anderen Wegen zu suchen. Das neu eingeschobene IX. Kapitel darf gleichfalls in dieser Darstellung der Grundgedanken der Relativitätstheorie nicht fehlen; es gibt eine Entwicklung der bedeutsamen Ideen *Einsteins* über den Bau des Kosmos als Ganzes, durch die er seine Theorie vor etwa zwei Jahren krönte, und die für Naturphilosophie und Weltbild von höchster Wichtigkeit sind. Es ist überhaupt der wesentlichste Zweck dieses Büchleins, die in ihm dargestellten naturwissenschaftlichen Lehren in ihrer allgemeinen Bedeutung für unsere Erkenntnis, das heißt in ihrer philosophischen Bedeutung, zu schildern, damit die Relativitäts- und Gravitationstheorie *Einsteins* im Geistesleben der Gegenwart die Rolle spiele, die ihr gebührt. Daß die zweite Auflage der ersten so bald folgen darf, ist mir ein willkommenes Zeichen der Bereitwilligkeit, mit der man die neuen Ideen aufzunehmen und zu verarbeiten strebt. Das Büchlein stellt sich erneut in den Dienst dieses Strebens; möge es mithelfen, daß sein Ziel immer besser erreicht wird!

Soeben erschien:

Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Biologie

Mit einer Einführung in die Grundbegriffe der höheren Mathematik

Von

Dr. phil. **E. Eichwald** und Dr. phil. **A. Fodor**

Ehemaliger Assistent Erster Assistent

am Physiologischen Institut der Universität Halle a. S.

Mit 119 Abbildungen und 2 Tafeln

Preis M. 42.—; gebunden M. 48.—*)

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Arzneipflanzen-Merkblätter des Reichs-Gesundheitsamts

bearbeitet in Gemeinschaft mit dem Arzneipflanzen-Ausschuß der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft Berlin-Dahlem.

1. **Allgemeine Sammelregeln** — 2. **Bärentraubenblätter** — 3. **Herbstzeitlosensamen** — 4. **Bitterkleeblätter** — 5. **Arnikablüten** — 6. **Huflattichblätter** — 7. **Kamillen** — 8. **Löwenzahn** — 9. **Wildes Stiefmütterchen** — 10. **Kalmuswurzel** — 11. **Schafgarbe** — 12. **Ehrenpreis** — 13. **Stechapfelblätter** — 14. **Tausendgüldenkraut** — 15. **Quendel** — 16. **Hauhechelwurzel** — 17. **Wollblumen** — 18. **Rainfarn** — 19. **Eisenhut (Akonit) -Knollen** — 20. **Malvenblüten und -blätter** — 21. **Wermutkraut** — 22. **Tollkirschenblätter** — 23. **Fingerhutblätter** — 24. **Bilsenkrautblätter** — 25. **Wacholderbeeren** — 26. **Bibernellwurzel** — 27. **Schachtelhalm** — 28. **Isländisches Moos** — 29. **Steinkleekraut** — 30. **Bärlappsporen** — 31. **Katzenpfötchenblüten** — 32. **Blätter und Blüten zur Teebereitung.**

Preis jedes Merkblattes 10 Pf. (einschließlich Porto und Verpackung 15 Pf.); 20 Exempl. eines Merkblattes M. 1.20, 100 Exempl. eines Merkblattes M. 4.— (zuzügl. Porto).

Buchausgabe aller 32 Merkblätter

in festem Umschlag. **Preis M. 1.80.**

Merkblatt über Teemischungen für den Haushalt

Ersatzmittel für Chinesischen Tee. Herausgegeben vom Reichsgesundheitsamt.
Preis des Merkblattes 10 Pfg. (einschließlich Porto und Verpackung 15 Pf.);
20 Exemplare M. 1.20, 100 Exemplare M. 4.— (zuzüglich Porto).

Im Hinblick auf die Notwendigkeit, den Bedarf unseres Volkes mit Arzneimitteln sicherzustellen, ist es dringend erwünscht, auf eine Verbreitung der Merkblätter über Arzneipflanzen in weitestem Umfang hinzuwirken und besonders die Verteilung der Merkblätter in Stadt und Land, in Schule und Haus zu fördern. Nur wenn auch in kleinen und kleinsten Gemeinden das Verständnis für die Wichtigkeit dieser Frage geweckt wird, ist eine ausreichende Beschaffung von Arzneikräutern gewährleistet. Es erwächst hier den Apothekern, Ärzten, den Landpfarrern und den Lehrern an Volks-, Mittel- und höheren Schulen eine wichtige und dankenswerte Aufgabe.
Für die das Sammeln der Pflanzen Überwachenden ist die Ausgabe in Buchform bestimmt.

Pilz-Merkblatt.

Die wichtigsten essbaren und schädlichen Pilze.

Mit einer Pilztafel mit 32 farbigen Abbildungen.
Bearbeitet im Reichs-Gesundheitsamte.
Preis 20 Pf. (einschließlich Porto und Verpackung 25 Pf.)
50 Exemplare M. 7.50; 100 Exemplare M. 12.50; 1000 Exemplare M. 115.— zuzüglich Porto.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Hierzu eine Beilage von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19, Beuthstraße 8.