etwas näher, so ergibt zunächst die Anwendung der Quantentheorie, *wieviel* Energie von einem Farbstoffmolekül bei der Absorption aufgenommen wird. Bei Bestrahlung mit Natriumlicht, dessen Wellenlänge etwa dem Schwerpunkt der von uns angewandten Strahlung entsprechen dürfte, ist der fragliche Energiebetrag 49 000 cal. (wobei wir der Übersichtlichkeit wegen $h \cdot \nu$ mit der Avogadroschen Zahl multiplizieren). Dies also ist die Energie, die ein Mol Chlorophyll bei der Absorption von Natriumlicht aufnimmt.

Um ein Mol Kohlensäure nach der Assimilationsgleichung zu reduzieren, ist eine Energiezufuhr von 112 300 cal. erforderlich, woraus folgt, daß ein Kohlensäuremolekül mit mindestens drei Farbstoffmolekülen in Wechselwirkung treten muß. Wie man sich den Vorgang der Energieübertragung im einzelnen auch denken mag, jedenfalls verläuft er unter geeigneten Bedingungen so, daß der größere Teil der absorbierten Strahlungsenergie von dem Kohlensäuremolekül aufgenommen und in ihm zur Leistung chemischer Arbeit benutzt wird. *Insbesondere ist hier für Zwischenreaktionen von erheblicher Wärmetönung kein Raum.*

Willstaetter¹⁾ hat die Vermutung ausgesprochen, daß bei der Kohlensäureassimilation aus Kohlensäure oder einem Kohlensäurederivat zunächst Ameisensäureperoxyd entsteht:

Die Abspaltung des Peroxydsauerstoffes würde Formaldehyd, die Kondensation des Formaldehyds würde Traubenzucker liefern, beides freiwillig verlaufende, mit kleiner Wärmetönung verbundene Reaktionen. Die chemische Arbeit wird bei dem ersten Vorgang geleistet, bei dem *innerhalb des Kohlensäuremoleküls* eine Umlagerung von Atombindungen erfolgt. Dies ist ein von Kohlensäure zum Traubenzucker führender Weg, auf dem — so wie wir es verlangen — Zwischenreaktionen von erheblicher Wärmetönung nicht vorkommen.

XI.

Die bei der Absorption aufgenommene Energie steht einem Molekül nur für kurze Zeit in freiverwendbarer Form zur Verfügung. Diese Zeit, die sogenannte „Lebensdauer“ des energiereichen Moleküls, schätzt man im allgemeinen auf 10^{-8} Sekunden. Trifft ein Chlorophyllmolekül innerhalb dieser kurzen Zeit nicht auf ein Kohlensäuremolekül, so ist die absorbierte Strahlungsenergie für die chemische Arbeitsleistung verloren.

¹⁾ Willstaetter u. Stoll, Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin 1918, S. 416.

Soll also die absorbierte Energie möglichst vollständig ausgenutzt werden, so darf kein Teil der Oberfläche länger als 10^{-8} Sekunden mit einem anderen Stoff als mit Kohlensäure bedeckt sein, eine Bedingung, die niemals erfüllt sein kann, weil die Zelle neben Kohlensäure andere adsorbierbare Stoffe, zum mindesten Traubenzucker, in gelöster Form enthält. Diese Stoffe werden Kohlensäure von der Oberfläche verdrängen. Sie werden zwar in kinetischem Austausch mit der Kohlensäure ihre Plätze an der Oberfläche wechseln, jedoch zeitweise bestimmte Oberflächenbezirke blockieren und hier den Umsatz in chemische Energie verhindern.

Die Theorie klärt in einfacher Weise eine Reihe von Tatsachen: daß eine Zelle, die schwach belichtet wurde — also wenig Zucker enthält — die Energie vollständiger ausnutzt, als eine stark vorbelichtete Zelle; daß chemisch indifferente Stoffe, die an Grenzflächen gehen, den Umsatz in chemische Energie verhindern; daß die schwach adsorbierbare Blausäure, die andere Vorgänge in dem Chromatophor hemmt, ohne Einfluß auf den Energieumsatz ist. Die Theorie erklärt allgemein, warum der Energieumsatz bei der Kohlensäureassimilation keine konstante Größe ist, sondern veränderlich mit dem Zustand der Zelle.

Die Fernrohre nach Kepler und nach Galilei — ein Vergleich.

Von A. Sonnefeld, Jena.

Trotzdem die Erfindung der Keplerschen und Galileischen Fernrohre schon etwa 3 Jahrhunderte zurückliegt und diese optischen Instrumente sehr bekannt und weitverbreitet sind, bestehen heute noch bei vielen Optikern über ihre theoretischen Grundlagen Unklarheiten, und es wird immer wieder außer acht gelassen, daß ein tiefgreifender Unterschied zwischen beiden Fernrohren vorhanden ist. Daß sich in den älteren physikalischen Lehrbüchern durchweg ungenügende und falsche Darstellungen der Theorie des holländischen Fernrohres finden, darauf hat zuerst wohl N. Lubimoff in seiner Abhandlung: „Neue Theorie des Gesichtsfeldes und der Vergrößerung der optischen Instrumente“ aufmerksam gemacht (1872). Weiterhin sind besonders von S. Czapski und M. v. Rohr richtige Darstellungen gegeben worden. Es scheint aber, daß diese Arbeiten nicht die verdiente Beachtung gefunden haben, denn immer wieder findet man in neueren Lehrbüchern die alten falschen Anschauungen. Nach Lubimoff rührt der Fehler von Euler (1780) her und ist wahrscheinlich auch deswegen so schwer zu bekämpfen. Euler hat danach für das astronomische (Keplersche) Fernrohr mit sammelndem Okular gültige Überlegungen auf das holländische (Galileische) Fernrohr mit zerstreuendem Okular einfach übertragen,

was, wie hier gezeigt wird, nur unter gewissen Voraussetzungen zulässig ist.

Beim astronomischen Fernrohr liegen die Dinge bekanntlich so: Eine sammelnde Linse oder Linsenzusammenstellung (Objektiv) entwirft von sehr weit (unendlich) entfernten Dingen Bilder in einer zur Achse der Linsen senkrechten Ebene, die Brennebene genannt wird. Hinter dieses auffangbare Zwischenbild tritt eine zweite sammelnde Linse oder Linsenanordnung (Lupe, Okular), die eine doppelte Wirkung ausübt: erstens werden die von der Objektivöffnung herkommenden und sich dort auch schneidenden, bilderzeugenden Strahlenbündel in ihrem Auseinanderstreben aufgehalten und erneut hinter

Pupille des Auges, dies beobachtet, wie durch ein rundes Loch, die vergrößerten Dinge (Schlüssellochbeobachtung).

In Fig. 1 hat mit Absicht die Okularlinse eine große Öffnung. Bei den gewöhnlichen Fernrohren mit sammelndem Okular wird nämlich das brauchbare Gesichtsfeld des Objektivs kaum zur Hälfte ausgenützt, und das hat seinen Grund darin, daß man starke Vergrößerungen erreichen will, die, wie bald gezeigt wird, bei vorgegebener Objektivbrennweite mit abnehmender Okularbrennweite wachsen. Riesenokulare vom Huygensschen Typus für große astronomische Fernrohre werden neuerdings von der Firma C. Zeiß angeboten; sie haben bei 150 mm Brennweite ein

Fig. 1. Zur Ableitung des Wertes für die Vergrößerung und den Gesichtswinkel $2w$ des astronomischen Fernrohrs mit sammelndem Okular. D ist Durchmesser des Objektivs, d Durchmesser des Okulars. Augenpupille und Austrittspupille haben zum gemeinsamen Mittelpunkt den Hauptstrahlenkreuzungspunkt auf der Bildseite O' , das durch das Okular erzeugte Bild der Objektivmitte O , Hauptstrahlenkreuzungspunkt auf der Dingseite. O und O' sind Projektionszentren der Abbildung. Von den schief einfallenden Strahlen werden am Rande nur Teile durchgelassen, die Helligkeit nimmt von einer bestimmten Hauptstrahlneigung an stetig ab. (Vignette.)

Fig. 2. Die beiden Zeißschen Okulare, das größte $f = 150$ mm, Gesichtsfeld 80° , das kleinste $f = 5$ mm, Gesichtsfeld 40° .

dem Okular zum Schnitt gebracht, und zweitens werden die einzelnen konvergenten Bündel wieder in Parallelbündel umgewandelt. In der Sprache der Optik heißt dieses: Die als Eintrittspupille geltende Objektivöffnung wird durch das Okular in die Austrittspupille abgebildet und die hintere Brennebene des Objektivs fällt mit der vorderen Brennebene des Okulars zusammen. Die Austrittspupille ist als kleiner Lichtkreis an jedem Fernrohr leicht zu sehen, wenn man aus einer Entfernung von etwa 25 cm durch das Fernrohr nach einem hellen Hintergrund sieht. Beim astronomischen Fernrohr ist die Austrittspupille zugänglich, und man kann den kleinen Lichtkreis mit einem hellen Blatt Papier auffangen. An die Stelle dieser Austrittspupille, die bei den mittelstarken Okularen etwa 1 cm hinter der augennahen Okularfläche liegt, tritt nun die

Gesichtsfeld von 80° und bieten ein so wundervolles Bild des fernen Sternenhimmels, daß nicht nur der Laie, sondern auch der Astronom vom Fach helle Freude bei dem Anblick empfindet. In Fig. 2 werden die Zeißschen Okulare vom kleinsten $f = 5$ mm bis zum größten $f = 150$ mm vorgestellt.

Aus der Fig. 1 lassen sich leicht die Werte für die Vergrößerung und das Gesichtsfeld beim astronomischen Fernrohr herleiten. Die Vergrößerung wird durch das Verhältnis

$$V = \lim_{w \rightarrow 0} \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}$$

bestimmt. Es sei absichtlich hierbei vermieden, eine Ableitung zu geben, bei der das Zwischenbild als selbstleuchtendes Objekt aufgefaßt wird, weil sie zu ungenauen Vorstellungen und Miß-

verständnissen führt. Es gilt im achsennahen Gebiet, d. h. für sehr kleine Winkel w :

$$f_1 = \frac{h}{\operatorname{tg} w} \dots \dots \dots (1)$$

und weiter, wenn d der Okulardurchmesser:

$$f_1 + f_2 = \frac{d}{2 \operatorname{tg} w} \dots \dots \dots (1')$$

Für den Winkel w' erhält man die Beziehung:

$$x' = \frac{d}{2 \operatorname{tg} w'} \dots \dots \dots (2)$$

Durch Division der Gleichungen (1') und (2) erhält man dann:

$$\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \frac{f_1 + f_2}{x'} \dots \dots \dots (3)$$

Setzt man für $x' = f_2 + \varepsilon$, worin ε eine, im Verhältnis zu f_2 , kleine Strecke ist, da ja bei astronomischen Fernrohren f_1 sehr groß gegen f_2 anzunehmen ist, so folgt, da

$$\varepsilon = \frac{f_2^2}{f_1} \dots \dots \dots (4)$$

$$x' = \frac{f_2}{f_1} (f_1 + f_2) \dots \dots \dots (5)$$

Aus (5) und (3) erhält man dann:

$$\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \frac{f_1}{f_2} \dots \dots \dots (6)$$

d. h. die Vergrößerung eines astronomischen Fernrohres ist gegeben durch den Bruch:

$$\frac{\text{Objektivbrennweite}}{\text{Okularbrennweite}}$$

Fig. 3. Holländisches Fernrohr. Augenpupille und Austrittspupille liegen weit auseinander. Die Beobachtung längs der schiefen Bündel wäre sehr umständlich und erschwert die Überwachung des Schiefeldes. O' fällt bei starken Vergrößerungen sehr nahe an den vorderen Brennpunkt der Negativlinse.

Das Gesichtsfeld des astronomischen Fernrohres ist gleich der scheinbaren Größe der Okularöffnung vom Mittelpunkt des Objektivs aus gesehen, wenn keine Blende in der Brennebene des Objektivs angebracht ist. Da die Okularöffnung d ist, so erhalten wir für den Gesichtsfeldwinkel $2w$ aus Gleichung (1) sofort:

$$2w = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{d}{f_1 + f_2} \dots \dots \dots (7)$$

Da das Gesichtsfeld der astronomischen Fernrohre nur klein ist, so kann man näherungsweise für $2w$ den Wert:

$$\frac{d}{f_1 + f_2} \cdot 57,3^\circ \dots \dots \dots (8)$$

setzen.

Es sei hierbei gleich darauf hingewiesen, daß, wenn der Abstand der $A.P.$ von der augenseitigen

Okularfläche etwa 20 mm und größer ist, was z. B. bei den oben erwähnten langbrennweitigen Okularen der Fall ist, nicht mehr die Augenpupille, sondern der Augendrehpunkt an die Stelle der $A.P.$ rückt. Dann kann die natürliche Drehung des Auges ausgenutzt werden, und die lästige, bei starken Okularen allerdings unvermeidliche Schlüsselochbeobachtung erübrigt sich. Diese Annehmlichkeit erhöht die Freude an der Beobachtung mit den großen Okularen nicht unwesentlich. Die durch die Objektivmitte gehenden Strahlen werden Hauptstrahlen genannt, es sind die Achsen oder sogenannten Träger der bilderzeugenden Bündel. Die Hauptstrahlen schneiden sich im Projektionszentrum der Abbildung, in der Mitte der Austrittspupille. Fällt dorthin die Mitte der Augenpupille, so tritt Schlüsselochbeobachtung ein, fällt der Augendrehpunkt dahin, so sei die Beobachtung natürlich genannt.

Ein Schönheitsfehler macht sich bei einem astronomischen Fernrohr, dessen Gesichtsfeld durch die Okularöffnung begrenzt wird, unangenehm bemerkbar. Die Schfeldgrenze erscheint unscharf, verschwommen. Dieser Mangel wird dadurch beseitigt, daß in der gemeinsamen Brennebene eine Gesichtsfeldblende angebracht wird, die dann durch das Okular scharf gesehen wird. Die Bilder dieser Gesichtsfeldblende fallen beide in das Unendliche. Das vom Objektiv entworfene Bild heißt Eintrittsluke, das vom Okular entworfene Austrittsluke. Beim holländischen

Fernrohr hat man es mit einer Austrittsluke im Endlichen zu tun, und ihre Bedeutung wird dort klar werden. Beim Vorhandensein einer Gesichtsfeldblende ergibt sich der halbe wahre Gesichtsfeldwinkel $2w$ aus der Beziehung:

$$\operatorname{tg} 2w = \frac{\text{Blendendurchmesser}}{\text{Objektivbrennweite}}$$

Das astronomische Fernrohr nach *Kepler* unterscheidet sich vom stark vergrößernden Fernrohr nach *Galilei* dadurch, daß an Stelle der sammelnden Okularlinse eine zerstreuliche Okularlinse tritt, deren augennahe Brennebene mit der hinteren Brennebene des Objektivs zusammenfällt. Ein Zwischenbild kommt also bei dieser Anordnung nicht zustande, und das Bild der Austrittspupille fällt, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, zwischen Objektiv und Okular. Die Zer-

streuungslinse sorgt also nicht dafür, daß die vom Objektiv herkommenden auseinander strebenden Bündel hinter der Okularlinse wieder zum Schnitt gebracht werden, sie bewirkt im Gegenteil, wenn wir die vorhergehende Betrachtung am astronomischen Fernrohr auf das holländische übertragen, daß die Hauptstrahlen noch stärker auseinanderstreben. Werden bei beiden Fernrohren gleiche Objektivöffnungen D vorausgesetzt, so erhält man bei gleichen Objektiv- und Okularbrennweiten für den Durchmesser der Austrittspupille bei beiden Fernrohren annähernd

$$D \frac{f_1}{f_2} = \frac{D}{V}$$

Aus der obigen Ableitung für die Vergrößerung läßt sich ohne weiteres schließen, daß sich, gleiche Brennweiten von Objektiv und Okular vorausgesetzt, nur das Vorzeichen der Vergrößerung ändert, d. h. man erhält beim Galileischen Fernrohr aufrechte Bilder. Die Erdfernrohre mit sammelndem Okular von gleicher Vergrößerung und gleicher Austrittspupille wie die holländischen Fernrohre erreichen also deren Lichtstärke niemals, weil sie zur Bildaufrichtung weitere lichtschwächende Linsen, Spiegel oder Prismen nötig haben.

Bevor auf das Gesichtsfeld des holländischen Fernrohrs näher eingegangen wird, ist es nötig, eine scharfe Bestimmung des Begriffs Gesichtsfeld vorzunehmen. Das Gesichtsfeld des ruhenden menschlichen Auges ist sehr groß, der Winkel erreicht bald 180° . Wenn auch nur ein ganz kleiner Teil dieses riesenhaften Sehfeldes scharf gesehen wird, so bleibt doch das ganze Gesichtsfeld unter hinreichender Kontrolle. Blickt man von einem Zimmer aus, einige Meter vor einem Fenster stehend, durch dieses ins Freie, so wird, bei ruhiger Kopfhaltung, durch die Fensterumrahmung ein bestimmtes Sehfeld abgegrenzt, in dem auch geringe Veränderungen sofort auffallen (z. B. vorbeifliegender Vogel), ohne daß der Blick gerade auf die Stelle gerichtet war, wo die Veränderung eintrat. Daß das Sehfeld nicht allein bestimmt ist durch die Umrahmung des Fensters, merkt man sofort, wenn man mit dem Kopfe seitliche Bewegungen ausführt. Dabei verschwinden Teile des ersten Sehfeldes und neue treten an ihre Stelle. Die Kontrolle über das erste Sehfeld geht also zum Teil verloren. Die gleiche Beobachtung würde vorliegen, wenn man so durch ein Schlüsseloch guckt, daß das Auge immer einige Zentimeter Abstand von der Öffnung behält. In dieser Weise ließe sich auch das holländische Fernrohr benutzen, weil bei ihm die Austrittspupille unzugänglich ist. Diese Art der Beobachtung wäre aber zweifellos äußerst umständlich, die Kontrolle über das gesamte Sehfeld wäre nur mit großer Mühe aufrechtzuerhalten. Daher kann beim holländischen Fernrohr nur der Augendrehpunkt als Projektionszentrum in Frage kommen. Ein strenggenommen zwingen-

der Grund zu dieser Benutzung liegt zwar bei den Einzelfernrohren nicht vor, aber bei den Doppelfernrohren ergeben sich selbst bei zugänglicher Austrittspupille ziemliche Schwierigkeiten, wenn man Schlüsselochbeobachtung ermöglichen wollte. Ganz allgemein läßt sich sagen, daß Lage und Größe der Austrittsluke und Austrittspupille für die Wahl entscheidend sind, ob die Mitte der Augenpupille oder der Augendrehpunkt Projektionszentrum wird.

Bei den stark vergrößernden Fernrohren mit zerstreuem Okular ist der Querschnitt der aus der Negativlinse austretenden Parallelbündel meist sehr viel kleiner als die Augenpupille. In diesem Falle ist die Objektivöffnung Eintrittspupille und die Austrittspupille fällt, wenn f_1 gegen f_2 sehr groß ist, nahe an den vorderen Brennpunkt der Negativlinse. Nimmt man an, daß die Augenpupille sich dicht hinter der Negativlinse befindet, so daß ihr Abstand von dieser vernachlässigt werden kann, und faßt das Auge als ruhendes System (indirektes Sehen) auf, legt also die Pupillenmitte und den Augendrehpunkt auf der optischen Achse des Fernrohrs fest, so wird die Augenpupille zur Gesichtsfeldblende und das Gesichtsfeld wird durch den Winkel gemessen, unter dem die Öffnung der Augenpupille von der Mitte des Objektivs aus erscheinen würde. Man erhält also die Beziehung:

$$\operatorname{tg} 2w = \frac{\text{Pupillendurchmesser}}{f_1 + f_2}$$

Und dies ist der von Euler eingeführte Wert für das Gesichtsfeld des holländischen Fernrohrs.

Bleibt aber die Augenpupille kleiner als die Austrittspupille, und das ist der weit wichtigere und häufigere Fall beim holländischen Fernrohr, so wird die Augenpupille zur Austrittspupille des gesamten Systems Fernrohr und Auge, das durch die Negativlinse erzeugte Bild der Objektivöffnung wird zur Austrittsluke (Fenster), durch die das Auge seine natürliche Beobachtung ausführt, und als Hauptstrahlenkreuzungspunkt oder Projektionszentrum gilt daher der Augendrehpunkt. Da die Größe der Austrittsluke mit zunehmender Objektivöffnung wächst, so ist auch das Gesichtsfeld abhängig von der Größe der Objektivöffnung. Lubimoff wählt die Mitte der Augenpupille zum Projektionszentrum, führt also eine der Schlüsselochbeobachtung entsprechende Benutzung ein, bei der nur durch den achsennahen Teil der Negativlinse beobachtet wird, so, als ob sie auf den wirksamen Pupillendurchmesser abgebildet wäre. Läßt man dann noch die Augenpupille mit der Negativlinse zusammenfallen, so ergeben sich für das Gesichtsfeld die Lubimoffschen Werte. Für den halben scheinbaren Gesichtsfeldwinkel w' erhält man den Ausdruck:

$$\operatorname{tg} w' = \frac{D/2}{f_1 + f_2} \dots \dots \dots (9)$$

Der wahre oder dingseitige Gesichtsfeldwinkel $2w$

ergibt sich dann, da für kleine w näherungsweise $\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \frac{f_1}{f_2}$ gilt, aus

$$\operatorname{tg} w = \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{D/2}{f_1 + f_2} \quad \dots \quad (10)$$

angenähert zu

$$2w = \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{D}{f_1 + f_2} \cdot 57,3^\circ \quad \dots \quad (11)$$

Aus Gleichung (8) und (11) erkennt man, daß zwei Fernrohre mit sammelndem und zerstreuendem Okular nur dann gleiches Gesichtsfeld besitzen, wenn die Beziehung $d = \frac{D}{V}$ erfüllt ist, was nur bei ganz schwachen Vergrößerungen möglich ist.

Aus den Sternwarten sind die Galileischen Fernrohre wegen ihres geringen Gesichtsfeldes schon längst verschwunden, und heute versteht man unter einem holländischen Fernrohr meist nur noch einen Operngucker mit 2- bis 3facher Vergrößerung. Der Eulersche Wert für das Gesichtsfeld stimmt mit dem Lubimoffschen bei starken Vergrößerungen nur dann überein, wenn die Austrittspupille bzw. Austrittsluke gleich der Augenpupille ist. Bei zu großer Augenpupille erhält man nach Euler zu große und bei zu kleiner Augenpupille zu kleine Werte für das Gesichtsfeld im Vergleich zu den Werten Lubimoffs.

Die Beschränkung, daß die Objektivbrennweite sehr groß gegen die Okularbrennweite sei, soll jetzt fallen, und es sollen schwache Vergrößerungen angenommen werden, wie sie bei den Erdfernrohren für den Handgebrauch üblich sind. Über die Fernrohre mit sammelndem Okular ist wenig hinzuzufügen. Die Bildaufrichtung erfolgt heute durchweg mit Hilfe des Porroschen Prismensatzes, wodurch die Länge der Fernrohre ganz erheblich ($\frac{1}{4}$ und noch weniger) verkürzt werden kann. Prismenfernrohre kommen heute allein in

Die Wirkungsweise eines schwach vergrößernden holländischen Fernrohrs veranschaulicht Fig. 4. Nur Teile der weiten bilderzeugenden Parallelbündel werden von der Augenpupille aufgenommen, und zwar von den achsenparallelen Bündeln die mittleren Teile, von den äußersten schiefen Bündeln die Randteile.

Fig. 4. Holländisches Fernrohr (schematisch) mit großer Austrittsluke und großem Querschnitt der bilderzeugenden Bündel. Die Augenpupille hat auf die Strahlenbegrenzung Einfluß und wird zur Austrittspupille.

Da bei den holländischen Fernrohren mit schwacher Vergrößerung die natürliche Beobachtung eintritt, bei der der Augendrehpunkt zum Hauptstrahlenkreuzungspunkt wird, so ist der von Lubimoff in Gleichung (11) gegebene Wert für den Gesichtsfeldwinkel zu groß. Augendrehpunkt und Austrittsluke (Fenster) bestimmen das scheinbare Gesichtsfeld, aus dem sich dann das wahre Gesichtsfeld in bekannter Weise ableiten läßt.

Nimmt man den Augendrehpunkt in einer Entfernung x' hinter der augenseitigen Okularfläche an, für die man in der Praxis einen Wert von mindestens 20 mm annehmen muß, so erhält man für den halben scheinbaren Gesichtsfeldwinkel w' die Beziehung:

$$\operatorname{tg} w' = \frac{D/2}{(f_1 + f_2) - x' V} \quad \dots \quad (12)$$

Fig. 5. Ein holländisches Fernrohr zweifacher Vergrößerung, so wie es in Wirklichkeit aussieht, mit dem Verlauf der Hauptstrahlen, die ihren Ausgangspunkt im Augendrehpunkt z' haben, der zugleich Mitte der Austrittspupille ist. Die Eintrittspupille liegt bei z .

Betracht, wenn es sich um stärkere als vierfache Vergrößerungen handelt. Was das Gesichtsfeld anbetrifft, so stehen die Prismenfernrohre aller Vergrößerungen unerreicht da, hinsichtlich der Einfachheit und Lichtstärke sind ihnen jedoch die schwach, etwa bis vierfach vergrößernden holländischen Fernrohre bedeutend überlegen. Daß bei den schwachen Vergrößerungen die natürliche Beobachtung erstrebt wird, ist selbstverständlich.

Den halben wahren Gesichtsfeldwinkel w erhält man aus der näherungsweise für kleine Winkel zulässigen Beziehung:

$$\operatorname{tg} w = \frac{\operatorname{tg} w'}{V} = \frac{D/2}{V (f_1 + f_2) - x' V^2} \quad \dots \quad (13)$$

Man beachte, daß f_2 und V negativ sind.

Es interessiert nun noch zu wissen, wenn als Austrittspupille der Augendrehpunkt angenom-

men wird, wohin dann die Eintrittspupille fällt. Sie liegt noch weiter hinter der Negativlinse, und zwar meist einige Dezimeter, bei stärkeren Vergrößerungen sogar einige Meter. Fig. 5 stellt ein modernes Galileisches Fernrohr von zweifacher Vergrößerung und 20° Gesichtsfeld dar. Der Gang der Hauptstrahlen der bilderzeugenden Bündel ist daraus ersichtlich.

Auf die Lage der Eintrittspupille bei den holländischen Fernrohren hat man zu achten, wenn man, gemäß der für endliche Hauptstrahlenneigungen noch mit hoher Annäherung gültigen Beziehung $V = \frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w}$ die Vergrößerung nachprüfen

will. Bekanntlich verfährt man dabei so: In einer Entfernung von etwa 25 m wird eine Meßlatte aufgestellt, und man vergleicht die Größe der beiden Bilder, die man erhält, wenn man mit einem Auge durch das Fernrohr, mit dem anderen Auge so (bloß) nach der Latte sieht. Das Verhältnis der beiden Bilder wird aber nur dann einen guten Annäherungswert für die Vergrößerung liefern, wenn die Mitte der Eintrittspupille des Fernrohrs nicht weit vom Augendrehpunkt entfernt liegt. Bei den Keplerschen Fernrohren ist der Abstand jener beiden Punkte ($f_1 + f_2 + x'$), bei den holländischen Fernrohren dagegen $V^2(x' - f_2) - (2f_1 + f_2 + x')$.

Handelt es sich z. B. um Fernrohre von achtfacher Vergrößerung bei einer Objektivbrennweite von $f_1 = 20$ cm, so erhält man, wenn noch $x' = 2,5$ cm angenommen wird, für jenen Abstand beim Keplerschen Fernrohr 25 cm, dagegen beim Galileischen Fernrohr 2,8 m. D. h. im ersten Falle würde man die Vergrößerung auf obige Weise bis auf 1%, im zweiten Falle aber noch nicht einmal bis auf 10% genau erhalten. Und zwar fällt der Wert für das Keplersche Fernrohr etwas zu groß aus, während er beim Galileischen Fernrohr beträchtlich kleiner wird. Um den richtigen Wert beim letzteren zu erhalten, müßte man den ermittelten Wert mit $\frac{27,8}{25} = 1,11$ multiplizieren.

Damit sind die Unterschiede der beiden Fernrohrarten mit genügender Schärfe gekennzeichnet, sie bestehen in kurzen Worten in der Verschiedenheit der Lage und Größe der Luken und Pupillen. Möge die absichtlich mehr gemeinverständlich gehaltene Darstellung dazu beitragen, die Grundlagen der Theorie des holländischen Fernrohrs auch denen begreiflich zu machen, die seither ihre optischen Kenntnisse aus alten Lehrbüchern entnommen haben, in denen die Strahlenbegrenzung der optischen Instrumente meist sehr stiefmütterlich behandelt ist. Ein modernes Lehrbuch über Optik darf aber keinesfalls die Lehre von der Strahlenbegrenzung seinen Lesern vorenthalten, wenn es sich nicht der Gefahr aussetzen will, von den Kennern ungünstig beurteilt zu werden.

Besprechungen.

Chapman, E. H., *The study of the weather*. Cambridge, University Press, 1919. XII, 131 S. 55 Illustr., Taf. u. Karten. Preis geb. 4 s. net.

Das Werk bietet eine gute Einführung in die Wetterkunde und ist in erster Linie für britische Benutzer bestimmt. Was ihm aber eine grundsätzliche Bedeutung weit über diesen Kreis hinaus verleiht, ist die Methode, nach welcher der Lehrstoff entwickelt und dem Leser schmackhaft gemacht wird, sowie die auf eine Schärfung des Denkvermögens zugeschnittene Art, in welcher aus leicht anzustellenden Beobachtungen folgerichtig allgemeine Resultate abgeleitet und neue Probleme entwickelt werden.

Die einfachen Tatsachen der Witterungsvorgänge, die sich der Wahrnehmung geradezu aufdrängen, dienen als Ausgangspunkte, an die sich weitere Auseinandersetzungen knüpfen. Der Hauptwert aber liegt in den, jedem Abschnitt eingefügten, gut ausgewählten und zahlreichen (258 Nummern) Übungsbeispielen, die möglichst verschiedene Arten der Betätigung erfordern, z. B. Beobachtungen in der Natur, Berechnungen am Schreibtisch, Fragen und Anregungen zur Erörterung im Hörsaal, schwierigere Erörterungen für Intelligente und Vorgeschrittelte, Ableitung von Gesetzen aus dem erarbeiteten Wissensstoff, Aufgaben für häusliche Arbeiten, Experimente im Laboratorium usw. Hervorgehoben zu werden verdient, daß der Luftdruck durch Angabe des Gewichtes auf die Flächeneinheit, ferner in Millimetern Quecksilberhöhe, aber auch auf modernste Art in Millibars angegeben und diese letztere Methode sowohl auf den Wetterkarten benutzt, als auch allen Berechnungen zugrunde gelegt wird.

Druck und Ausstattung sind vorzüglich und die Abbildungen, unter denen interessante Wolkenformen auffallen, gut ausgewählt. Der Witterungsverlauf wird an der Hand von Wetterkarten anschaulich erläutert.
O. Baschin, Berlin.

Kayser, E., *Lehrbuch der Geologie*. I. und II. Band. Allgemeine Geologie. (1) Physiographische Geologie und äußere Dynamik, 2. Innere Dynamik. Sechste vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1921. I. Bd. XII, 760 S. und 549 Abb. Preis geh. M. 141,—, geb. M. 159,—. II. Bd. VI, 426 S. und 222 Abb. Preis geh. M. 81,—, geb. M. 99,—.

Wer, wie der Referent, die Grundzüge der Geologie seinerzeit nach den ersten Auflagen des Kayser'schen Lehrbuches erlernt hat, der wird die neuen Auflagen als ganz neues Werk empfinden, zugleich auch als historisches Dokument über die riesenhaften Fortschritte, welche die Lehre von der Erde in den beiden letzten Jahrzehnten gemacht hat. In unermüdlicher Arbeit hat es der Verfasser immer wieder verstanden, alle neuen Errungenschaften in das Werk hineinzuarbeiten und es auf moderner Höhe zu halten. Nur der Fachmann kann abschätzen, wie schwer es ist, die gesamte Flut neuer Arbeiten zu bewältigen, Nebensächliches von Wesentlichem und Bleibendem zu trennen und das letzte einem schon vorgezeichneten Rahmen so einzufügen, daß die Übersichtlichkeit des Ganzen nicht verloren geht. Vielleicht haben französische Lehrbücher gegenüber den Kayser'schen den Vorzug einer besseren Systematisierung und strafferen Gliederung. Die Vollständigkeit des verarbeiteten Materials, welche durch die häufigen Neuauflagen gewährleistet wird, haben sie sicher nicht erreicht. Für Studierende, be-