

Art. plast.

2591 L *P*



Enzyklopädie der Photographie, Heft 10

# Die Stereoskopie

Lehrbuch über die Grundlagen, die Herstellung und die Anwendung des Raumbildes

von  
Dr. J. Ehedon

Verlag von Julius Springer, Berlin  
Als Fortsetzung zu dem "Stereoskop"  
von Prof. Dr. P. Stille

Verlag von Julius Springer, Berlin



F

Enzyklopädie der Photographie, Heft 10.

1922

J. Rheden.

# Die Stereoskopie.

3. Auflage.

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale).

---

## Das Atelier des Photographen

29. Jahrgang.

Schriftleiter: Geh. Reg.-Rat Dr. A. Mlethe, Professor an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Direktor H. Spörl, Vorsteher der höheren Fachschule für Phototechnik in München, und F. Matthies-Masuren, Maler und Schriftsteller in Halle a. S.

Jährlich erscheinen in vornehmster Ausstattung 12 Hefte, enthaltend rund 100 Kunstdrucktafeln mit Bildern führender Berufsphotographen (vorwiegend Porträts und Gruppenaufnahmen). Im Text werden wichtige Tagesfragen behandelt und Originalartikel künstlerischen und fachtechnischen Inhalts gebracht, welche zur Erzielung von Höchstleistungen anleiten.

Bezugspreis auf Anfrage.

Probehefte kostenfrei.

---

## Photographische Chronik

Verbandszeitschrift des Central-Verbandes Deutscher Photographen-Vereine und -Innungen.

29. Jahrgang.

Schriftleiter: Direktor H. Spörl, Vorsteher der höheren Fachschule für Phototechnik in München, und H. Zaepernick, Halle a. S.

Erscheint wöchentlich. Der Text behandelt alle für Fachphotographen wichtigen fachtechnischen, beruflichen, gewerblichen, rechtlichen, steuerlichen und sonstigen wirtschaftlichen Fragen, wie Richtpreise, Tarife, Gehilfen- und Lehrlingswesen. Enthält ferner Vereinsnachrichten und umfassenden Fragekasten.

Bezugspreis auf Anfrage.

Probehefte kostenfrei.

Bei gleichzeitigem Bezug von „Atelier“ und „Chronik“ ermäßigt sich der Preis für beide Zeitschriften zusammen.

---

Photographische Verlagsgesellschaft m. b. H., Halle (Saale).

---

## Photographische Rundschau und Mitteilungen

(Photographisches Zentralblatt).

Zeitschrift für Freunde der Photographie.

59. Jahrgang.

Schriftleiter: Chemiker Paul Hanneke, Dr. R. Luther, o. Prof. a. d. Techn. Hochschule Dresden, und F. Matthies-Masuren, Maler u. Schriftsteller.

Monatlich 2 Hefte in vornehmster Ausstattung mit vielen Kunstdrucktafeln und Abbildungen vorbildlicher Arbeiten der bedeutendsten Lichtbildner. Der Text behandelt alle für den Liebhaberphotographen wichtigen neuen Verfahren und Apparate sowie künstlerische Fragen in Artikeln hervorragender Fachschriftsteller. Ein Fragekasten bietet wertvolle praktische Belehrung. Die „Rundschau“ ist unentbehrlich für jeden vorwärtsstrebenden Amateur.

Bezugspreis auf Anfrage.

Probehefte kostenfrei.

## Künstlerische Photographie.

- Künstlerische Landschaftsphotographie.** Zwölf Kapitel zur Aesthetik photographischer Freilichtaufnahmen. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. 4.—5. Auflage. Mit 115 Textabbildungen und Reproduktionen nach Schöpfungen hervorragender Lichtbildner. In geschmackvoller Ausstattung und sorgfältigster Druckausführung unter Verwendung von bester Doppeltonfarbe und feinstem holzfreien Kunstdruckpapier. 8,—, gebunden 9,50.
- Bildmäßige Photographie.** Von Kunstmalers F. Matthies-Masuren. 3. Auflage. Mit 4 ganzseitigen Tafelbildern in feinsten Buchdruckausführung auf Cnamonkinstdruckpapier nach Landschafts- und Porträtarbeiten der bekanntesten Lichtbildner des In- und Auslandes. Vergriffen.
- Allgemeine Aesthetik der photographischen Kunst auf psychologischer Grundlage.** Von Dr. W. Warstat. Vergriffen.

## Angewandte Photographie.

- Bild und Film im Dienste der Technik.** Von Ingenieur A. Lassally. I. Teil: Betriebsphotographie. Mit 34 Abbild. 3,50, gebunden 5,—. II. Teil: Betriebskinematographie. Mit 50 Abbild. 6,—, gebunden 7,50.
- Lehrbuch der Röntgenographie.** Von H. Traut und Oberarzt Dr. H. Engelken. Mit 103 Abbildungen. 4,—, gebunden 4,80.
- Hochgebirgs- und Winterphotographie.** Von Dr. Kuhfahl. I. Teil: Praktische Ratschläge für Ausrüstung und Arbeitsweise. 4.—5. Auflage. Mit 8 Bildertafeln. 3,20, gebunden 4,—. II. Teil: Die künstlerische Darstellung. Mit 8 Bildertafeln. 1,80, gebunden 2,50.
- Heimatphotographie.** Die Photographie im Dienste von Heimatschutz und Heimatforschung. Von Dr. Kuhfahl. Mit 12 Abbildungen. 1,80.
- Pflanzenphotographie.** Von B. Haldy. Mit 9 Abbildungen. 1,80.
- Architekturphotographie.** Von B. Haldy. Mit 8 Tafeln. 1,80.
- Kunstgewerbliche Photographie.** Von B. Haldy. Mit 2 Abbildungen und 4 Tafeln. 1,80.
- Die Heimphotographie.** Von A. Ranft. 3.—4. Aufl. 2,50, gebunden 3,30.
- Der Porträt- und Gruppenphotograph beim Setzen und Beleuchten.** Von E. Kempke. 3. Auflage. 1,—.
- Die Wiederherstellung alter photographischer Bilder und Reproduktion derselben im ursprünglichen und in neuzeitlichen Verfahren.** Von Dr. E. Stenger. 2,—.
- Die Photographie im Dienste der Presse.** Von P. Knoll. Mit 26 Abbildungen auf 13 Tafeln. 2,50, gebunden 4,—.
- Die Grundlagen der Reproduktionstechnik.** In gemeinverständlicher Darstellung. Von Prof. Dr. E. Goldberg. Mit 49 Abbildungen und 4 farbigen Tafeln. Vergriffen.
- Die Photographie aus der Luft.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Mieth. 2. Auflage. 2,—, gebunden 2,70.
- Die Photogrammetrie bei kriminalistischen Tatbestandsaufnahmen.** Von Dr. F. Eichberg. Mit 21 Abbildungen. 1,60.
- Die Palimpsestphotographie (Photographie radiierter Schriften) in ihren wissenschaftlichen Grundlagen und praktischen Anwendungen.** Von P. R. Kögel, O.S.B. Mit 42 Abbildungen. 3,—.

Durch Multiplikation obiger Gz. (Grundzahlen) mit der jeweils gültigen Schlüsselzahl des Börsenvereins der Deutschen Buchhändler ergeben sich die Verkaufspreise. Auf diese Verkaufspreise wird kein Teuerungszuschlag erhoben.





# Die Stereoskopie

Das Wesentliche über die Grundlagen, die Herstellung und die Anwendung des Raumbildes

von

Dr. J. Rheden

Dritte, gänzlich neu bearbeitete Auflage des Buches  
„Die Stereoskopie und das Stereoskop“  
von Prof. Dr. F. Stolze

Mit 31 Abbildungen im Text

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale)

1922



123.6.3560

378,11

1925 ID 52

## Vorwort.

Bei der Bearbeitung der dritten Auflage des Stolzeschen Buches über Stereoskopie war es wegen der heute außerordentlich hohen Herstellungskosten notwendig, den Umfang erheblich herabzusetzen. Dies konnte selbstverständlich nicht durch bloße Abstriche geschehen, es mußte vielmehr eine vom Grunde aus neue Bearbeitung erfolgen. Von der Stolzeschen Arbeit konnte äußerlich nur eine Anzahl von Abbildungen übernommen werden, inhaltlich aber lehnt sich die neue Bearbeitung in manchen Belangen an die frühere an.

Im Streben nach Raumersparnis mußte zunächst der Abschnitt über die wissenschaftlichen Grundlagen des Stereobildes gekürzt und auf jenes Mindestmaß zurückgebracht werden, das zum Verständnis der Vorgänge beim unmittelbaren und mittelbaren räumlichen Sehen unumgänglich notwendig ist. Außerdem wurde, da das Buch vor allem eine Einführung für Anfänger sein soll, auf einfache und möglichst klare Behandlung des Stoffes gesehen.

In der Beschreibung der Behelfe zur Aufnahme und zur Betrachtung des photographischen Stereobildes ist auf die inzwischen bekannt gewordenen Neuerungen, soweit sie wichtig genug erschienen, gebührend Rücksicht genommen.

Auf die Herstellung des negativen und positiven Stereobildes wurde nur so weit eingegangen, als sie von der des gewöhnlichen Lichtbildes abweicht. Es ist vorausgesetzt, daß der angehende Stereoskopiker mit der Lichtbildnerei im wesentlichen vertraut sei und ich konnte mich darum in dieser Hinsicht auf bloße Richtlinien beschränken.

Wien, im Frühjahr 1922.

J. Rheden.

# Inhalt.

	Seite
Einleitung . . . . .	I
I. Die wissenschaftlichen Grundlagen des Raumbildes . . . . .	3
Das Sehen mit einem und mit zwei Augen . . . . .	3
Auge und Kamera . . . . .	6
Aufnahmen mit einem und mit zwei Objektiven . . . . .	7
Die „stereoskopische Basis“ und ihre Bedeutung für die Erfassung des Raumes . . . . .	9
Die aus der stereoskopischen Basis sich ergebenden Bildgrößen . .	14
Die Bedingungen für die wahrheitsgetreue Wirkung des Raumbildes	16
Fehler des Raumbildes . . . . .	20
A. Fehler in der Herstellungsweise. . . . .	21
B. Fehler in der Betrachtungsweise. . . . .	25
Das räumliche Sehvermögen des Augenpaares und seine Prüfung .	31
II. Die Aufnahmebehelfe . . . . .	32
Aufnahmeapparate mit zwei Objektiven . . . . .	32
Die Verwendung der gewöhnlichen Kamera für Raumbildaufnahmen	36
III. Die Betrachtungsbehelfe . . . . .	39
IV. Das negative Bild . . . . .	49
V. Das positive Bild . . . . .	57
VI. Raumbildaufnahmen aus großer Nähe . . . . .	65
VII. Raumbildaufnahmen der Ferne (Telestereoskopie) .	68
VIII. Die stereoskopische Projektion. . . . .	69
IX. Andere Verfahren zur Erzeugung von Bildern mit Raumwirkung . . . . .	71
X. Räumliches Sehen mit <b>einem</b> Auge . . . . .	72
XI. Das Anwendungsgebiet des Raumbildes . . . . .	73
Schlagwörter . . . . .	80

## Einleitung.

Stereoskopie und Photographie gleichen zwei miteinander aufgewachsenen Schwestern, die einander zugetan und immer beisammen zu finden sind. Aber die Geschwister sind ungleicher Art. Die etwas ältere, die Stereoskopie, galt zwar schon gleich nach ihrer Geburt als wahres Wunderkind. Doch wie es manchmal mit solchen geht: sie kommen im späteren Leben nur dann zu entsprechender Geltung, wenn durch andere die in ihnen schlummernden Fähigkeiten geweckt und ausgebildet werden. Bei der Stereoskopie geschah dies durch ihre jüngere Schwester, die Photographie, die der älteren kräftig unter die Arme griff.

Die ganze Geschichte der Stereoskopie läßt diesen Vergleich als treffend erscheinen. Das Stereoskop diente zuerst nur zur Betrachtung mühevoll gezeichneter Bilder und die Grenzen seiner Verwendbarkeit waren eng gesteckt. Als man aber nach Erfindung der Photographie auf den naheliegenden Gedanken kam, die für das Stereoskop erforderlichen Teilbilder auf photographischem Wege herzustellen, erschloß sich dem Raumbilde ein weiter Bereich der Anwendung.

Die ersten photographischen Stereobilder machten begreiflicher Weise großes Aufsehen. Jedoch die allerwenigsten unter denen, die in das Wunderkästchen guckten, konnten sich eine Vorstellung davon machen, wie aus zwei scheinbar einander gleichen *f l a c h e n* Bildern ein *r ä u m l i c h* wirkendes entstehen kann und zwar ein Bild von solcher Körperlichkeit, daß zur Vollendung der Natürlichkeit nichts mehr fehlt als Farbe und Bewegung. Über diese Unkenntnis aber setzte man sich ohne viel Sorge hinweg und freute sich kindlichen Sinnes der ungemein lebhaft wirkenden Räumlichkeit.

Es verstand sich von selbst, daß man das neue wundervolle Verfahren zunächst an allem möglichen versuchte. Dabei machte man allerhand Erfahrungen und schließlich die Entdeckung, daß das Raumbild doch auch Fehler habe, die man in der ersten Begeisterung vollkommen übersehen hatte. Und als vollends der Reiz der Neuheit vorüber war, da schwand auch die übergroße, blinde Vorliebe und jetzt erst fand man Zeit, sich mit dem Wesen der

Stereoskopie eingehender zu befassen und die scheinbar so wunderbaren Vorgänge zu ergründen.

In einem Punkte jedoch stand das Stereobild immer hinter dem gewöhnlichen photographischen Bilde zurück: es konnte nie als künstlerisches Ausdrucksmittel angesehen werden. Denn während das photographische Flachbild teils nach seiner Herstellungsart, teils nach seinen Zielen auf diese Bezeichnung bis zu einem gewissen Grade Anspruch erheben darf, erblickt man im Raumbilde allzu deutlich das Streben nach einer möglichst weitgehenden Nachahmung des dargestellten Gegenstandes; ein Abklatsch aber kann nie künstlerisch im höheren Sinne sein. Was in dieser Richtung damals gegolten hat, gilt natürlich in vollem Maße auch heute, ja heute eigentlich noch mehr, weil inzwischen zur Nachahmbarkeit der Körperlichkeit des Bildes auch noch die der natürlichen Farbe gekommen ist.

Suchen wir hingegen im photographischen Bilde mehr ein Mittel zur Förderung der Anschaulichkeit, so müssen wir fast ausnahmslos dem Raumbilde den Vorzug geben, denn es gibt über den Aufbau und die Gliederung des abgebildeten Gegenstandes viel weitergehende und verlässlichere Aufschlüsse als das Flachbild. Hierin ist heutzutage sein Hauptwert zu erblicken, weil inzwischen das ganze Wesen der Stereoskopie wissenschaftlich geklärt und dabei erkannt worden ist, daß das richtig hergestellte stereoskopische Bild wirklich eine genaue Vorstellung der Raumverhältnisse des dargestellten Naturausschnittes zu vermitteln imstande ist.

Durch die wissenschaftliche Ergründung und Begründung des Raumbildes wurde sein Anwendungsbereich neuerlich stark erweitert, ja es wurden ihm sogar ganz neue Gebiete erschlossen. Die vielfache Nützlichkeit und die vielseitige Anwendbarkeit haben ihm denn auch wieder einen großen Kreis von Freunden verschafft und es ist kein Zweifel, daß sein Ansehen und seine Verbreitung derzeit wieder stark im Steigen ist.

## I. Die wissenschaftlichen Grundlagen des Raumbildes.

### Das Sehen mit einem und mit zwei Augen.

Das Bild im Auge entsteht nach den Gesetzen der Zentralprojektion, deren Wesen im folgenden kurz erklärt sei. In Abb. 1 sei  $AB$  der abzubildende Gegenstand,  $C$  eine unendlich kleine Öffnung in einem undurchsichtigen Schirme. Von allen Punkten des Gegenstandes gehen Strahlen geradlinig durch die Öffnung und erzeugen auf dem Auffangschirme  $dd'$  das Bild  $ab$ . Die kleine Öffnung (oder den Punkt), in dem sich alle Strahlen schneiden, bezeichnet man als den Projektions- oder Abbildungsmittelpunkt. Der vor ihm in der Richtung zum Gegenstand liegende Raum heißt Gegenstandsraum, der hinter ihm gelegene Bildraum. Der Abstand des Gegenstandes vom Abbildungsmittelpunkt wird als Gegenstandsweite, der des Bildes als Bildweite bezeichnet. Die Größe des Gegenstandes und die seines Bildes stehen zueinander in einer festen Beziehung, die durch Gegenstandsweite und Bildweite bestimmt ist.

In Abb. 1 sei der Gegenstand  $AB$  zweidimensional, also nur mit Länge und Breite gedacht; die gleiche Eigenschaft kommt auch seinem Bilde  $ab$  zu, denn auch es hat nur Länge und Breite. Wir können demnach sagen, daß das Bild den Gegenstand als solchen eindeutig darstellt.

Ziehen wir nun außer dem Gegenstande  $AB$  selbst noch einen weiteren im Gegenstandsraume, jedoch vor  $AB$  gelegenen Punkt  $E$

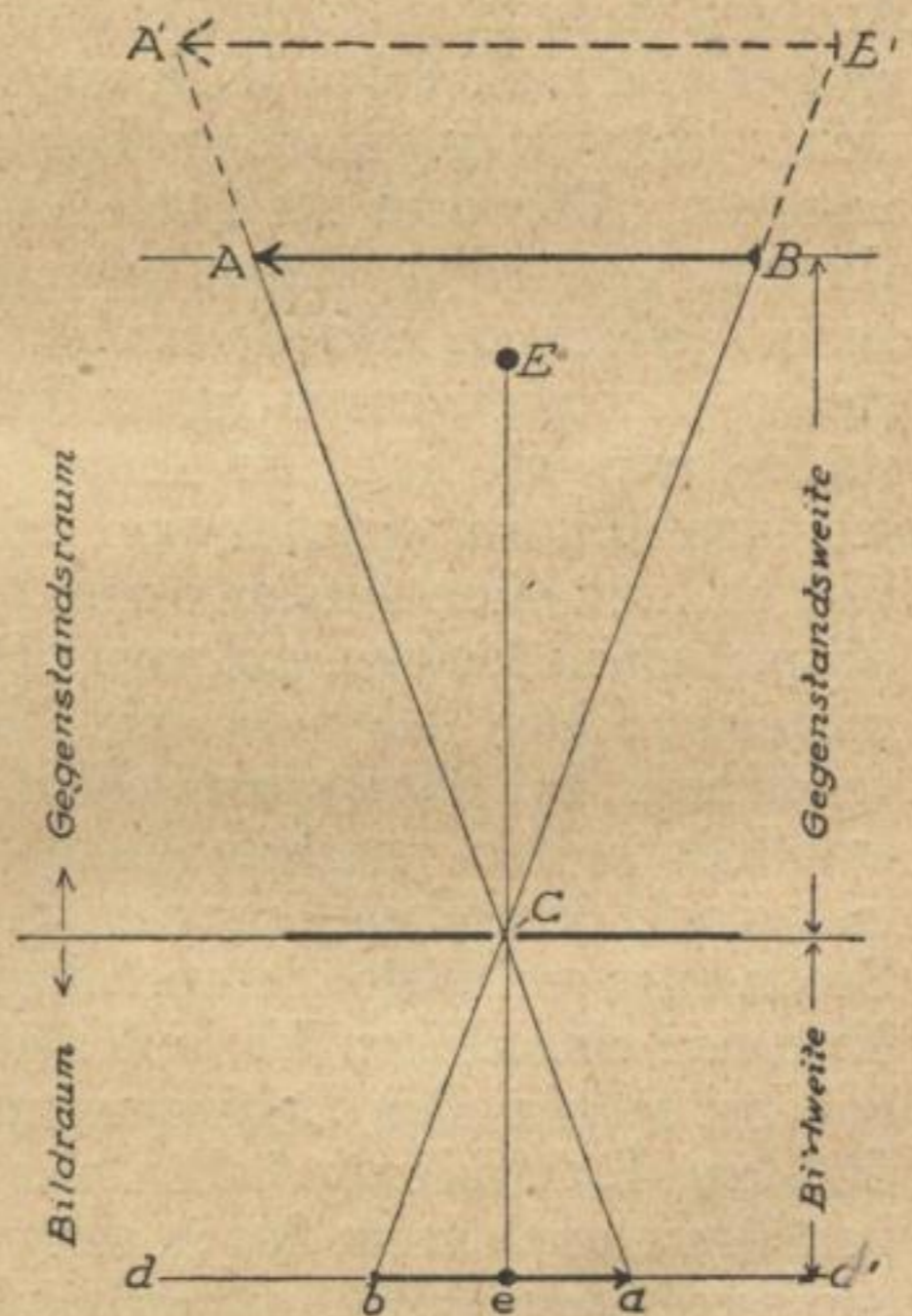


Abb. 1.

in Betracht und verfolgen den Strahlengang von diesem durch den Abbildungsmittelpunkt, so sehen wir, daß das Bild  $e$  des Punktes  $E$  ebenfalls in die Auffangfläche  $d d'$  fällt. Es liegen sonach die Bilder von  $AB$  und  $E$  in einer Ebene. Es ist klar, daß sich aus der Beschaffenheit des Bildes  $a e b$  kein Schluß auf die Lage des Punktes  $E$  in bezug auf  $AB$  ziehen läßt; auch über die Entfernung der Linie  $AB$  läßt sich nichts aussagen, denn wie die Abbildung zeigt, ergeben der Gegenstand  $AB$  und der weiter abstehende und größere Gegenstand  $A'B'$  genau gleich große Bilder. So läßt also das durch  $e$  in  $e n$  Abbildungsmittelpunkt entworfene Bild keinen Schluß auf die Verteilung der Punkte im Gegenstandsraume zu.

Auf ganz gleiche Weise entsteht auch das Bild in unserem Auge. Der Abbildungsmittelpunkt liegt in der kleinen, Pupille oder Sehlloch genannten, von der Regenbogenhaut freigelassenen Öffnung und der Auffangfläche  $d d'$  entspricht die Netzhaut. Auch im Auge können nur Bilder von der Art  $a e b$  zustande kommen und es läßt sich daher auch aus dem im Auge entstehenden Bilde nichts über die gegenseitige Lage verschiedener Punkte im Raume aussagen. Das dem wirklich so ist, können wir leicht durch einen Versuch feststellen, indem wir zwei Gegenstände knapp nebeneinander, jedoch in etwas verschiedener Entfernung vom Auge aufstellen oder noch besser frei aufhängen. Betrachten wir die Gegenstände nur mit einem Auge, so werden wir nicht gleich entscheiden können, welcher von beiden uns näher liegt. Noch sinnfälliger tritt diese zutage, wenn wir nach einem bekannten Schulbeispiel einen kleinen, an einem Faden frei aufgehängten Ring, nur mit einem Auge blickend, mit Hilfe eines langen Hakens zu fassen versuchen. Im allgemeinen macht sich jedoch die mangelnde Tiefenempfindung des einzelnen Auges nicht in dem Maße fühlbar wie man nach dem eben Gesagten meinen möchte. Durch ungezählte Beobachtungen über die verhältnismäßige Größe der Gegenstände, über den räumlichen Verlauf ihrer Begrenzungslinien und schließlich bei sehr großen Entfernungen auch über die Art und den Einfluß der Luftwirkung haben wir Erfahrungen gewonnen, die uns befähigen, auch beim Sehen mit einem Auge allein Bilder von einer gewissen, wenn auch nur scheinbaren Tiefenwirkung zu erhalten und daraus genäherte Schlüsse auf die räumliche Verteilung der gesehenen Gegenstände zu ziehen.

Die Unsicherheit in der Erfassung der räumlichen Anordnung der Gegenstände verschwindet, wenn wir einen zweiten Abbildungsmittelpunkt zuhilfe nehmen, so wie es in Abb. 2 der Fall ist. Hier entstehen durch die beiden Öffnungen  $C$  und  $C'$  zwei Bilder, aus deren Beschaffenheit Schlüsse auf die Entfernung der zugehörigen



Gegenstände vom Abbildungsmittelpunkt und voneinander gezogen werden können. Beschränken wir uns zunächst auf den Gegenstand  $AB$ . Von diesem erhalten wir auf uns bereits bekannte Art im Wege der zwei Abbildungsmittelpunkte zwei Bilder  $ab$  und  $a'b'$ , die einander gleich sind. Schlagen wir nun den verkehrten Weg ein, indem wir von den Bildern die entsprechenden Strahlen zum Gegenstande ziehen. Die von den Punkten  $a$  und  $a'$  durch die Punkte  $C$  und  $C'$  gezogenen Geraden schneiden sich im Gegenstandsraume im Punkte

$A$ , die von  $b$  und  $b'$  gezogenen im Punkte  $B$ . Eine kurze Überlegung lehrt uns, daß diese Schnittpunkte dem Gegenstande  $AB$  angehören müssen und daß hier das Vorstellungsbild der betreffenden Punkte entsteht. Damit ist nun der Abstand des Gegenstandes  $AB$  vom Abbildungsmittelpunkte bestimmt. Und jetzt gehen wir einen Schritt weiter. Wir ziehen von dem vor dem Gegenstande  $AB$  gelegenen Punkte  $E$  gleichfalls die entsprechenden Strahlen gegen die Auffangfläche und erhalten so die zugehörigen Bilder  $e$  und  $e'$ . Es fällt sofort auf

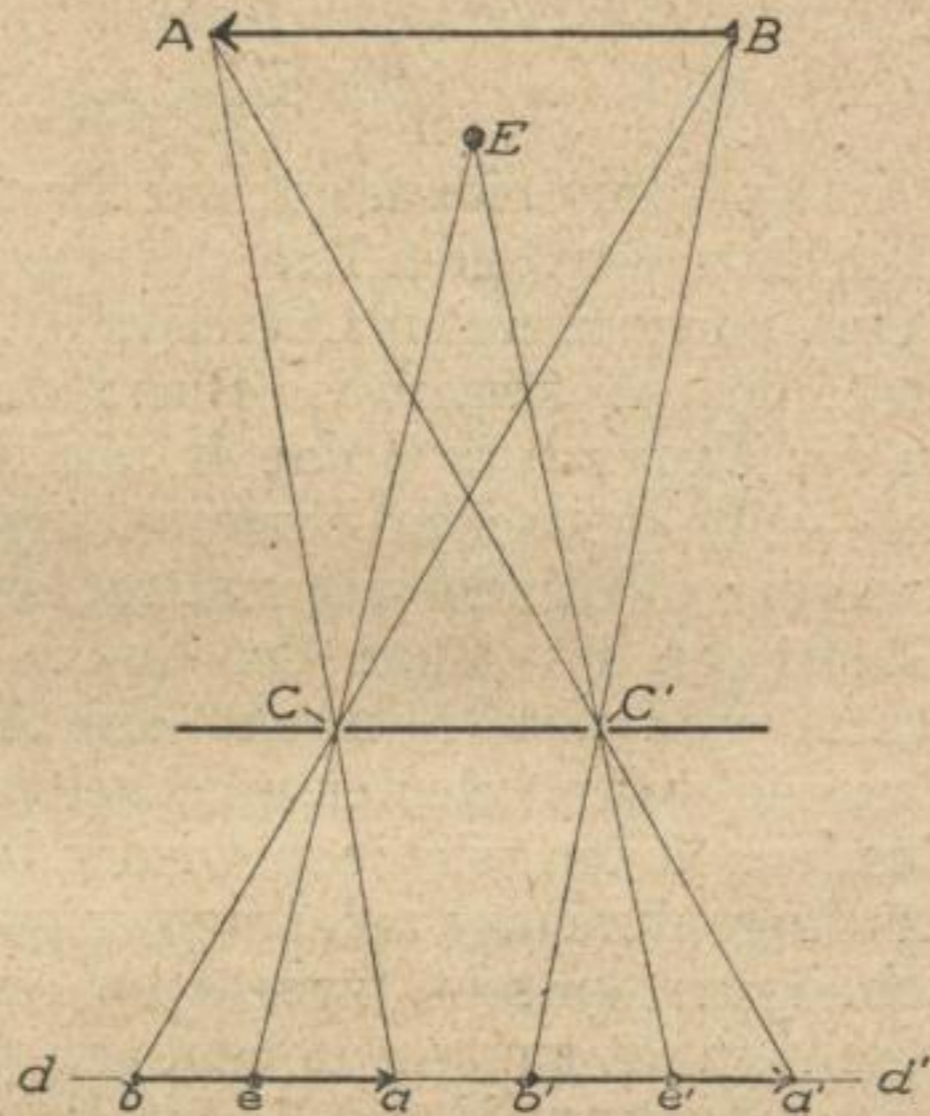


Abb. 2.

daß das linke Bild des Punktes  $E$  mehr gegen das Pfeilende, das rechte mehr gegen die Pfeilspitze zu liegt. Diese Ungleichheiten der beiden Bilder lassen den Schluß zu, daß  $E$  zwischen  $AB$  und  $CC'$  liegen muß. Den genauen Ort finden wir, indem wir, wie früher, von den Punkten  $e$  und  $e'$  durch  $C$  und  $C'$  Gerade ziehen; ihr Schnittpunkt gibt dann den Ort des Punktes  $E$  an. Den zwischen diesen beiden Geraden liegenden, für die Entfernung maßgebenden Winkel bezeichnet man als *Parallaxe* oder *Fernwinkel*.

Gleiche Verhältnisse liegen auch wieder beim Sehen mit zwei Augen vor. Denken wir uns bei  $C$  und  $C'$  die optischen Mittelpunkte der beiden Augen, so entsprechen die Bilder  $aeb$  und  $a'e'b'$  den Netzhautbildern der räumlich angeordneten Gegenstände  $AB$  und  $E$ . Die beiden Netzhautbilder sind untereinander in derselben Weise verschieden wie die entsprechenden Bilder in Abb. 2. Die von-

einander etwas abweichenden Bilder in den Augen verschmelzen im Gehirn auf einem sehr verwickelten und noch nicht vollends aufgeklärten Wege zu **einem** Bilde, wobei die perspektivischen Verschiedenheiten der Einzelbilder zu **räumlichen** Wirkungen im Gesamtbilde umgewertet werden. Wir sehen also, daß wir das Vermögen der Raumwahrnehmung lediglich dem Umstande zu verdanken haben, daß wir mit **zwei** Augen ausgerüstet sind.

### Auge und Kamera.

Das oben Gesagte gilt wie für das Auge so auch für die Kamera, denn die wesentlichen Teile des einen sind auch im andern vorhanden. Dem bilderzeugenden Linsensystem des Auges, das aus der Kristalllinse, dem Kammerwasser und der Hornhaut besteht, entspricht an der Kamera das Objektiv, und die Ähnlichkeit geht hier so weit, daß beide optischen Systeme sogar mit einer nach Bedarf veränderbaren Blende ausgestattet sind. Weiterhin entspricht dem Glaskörper des Auges der dunkle Raum zwischen Objektiv und Platte und der Netzhaut des Auges die Platte. Damit sind aber die wesentlichen Ähnlichkeiten erschöpft, denn bei genauerem Zusehen finden wir doch wieder beträchtliche Unterschiede, wobei das Auge durchaus nicht immer gut abschneidet. So ist schon das abbildende optische System im Auge sehr unvollkommen im Vergleich zu einem guten heutigen Objektiv, denn es zeichnet nur einen sehr bescheidenen Bildwinkel (ungefähr  $5^\circ$ ) scharf aus, während die scharfe Abbildung beim Objektiv  $60^\circ$  und mehr umfaßt. Unser Auge ist ferner weder hinsichtlich der sphärischen noch hinsichtlich der chromatischen Abweichung genügend berichtigt und mit zunehmendem Alter pflegt sich außerdem noch Astigmatismus einzustellen, lauter Fehler, die an einem guten Objektiv nicht oder nur in ganz geringem Maße vorkommen dürfen. Auch die Netzhaut weist der Platte gegenüber Nachteile auf. Sie hat bekanntlich sowohl eine besonders empfindliche Stelle, den „gelben Fleck“ mit der „Sehgrube“, als auch eine ganz unempfindliche, den „blinden Fleck“. Aber alle diese Fehler unseres Auges kommen uns kaum zum Bewußtsein, denn unser Sehwerkzeug hat anderseits wieder gute Eigenschaften, die das Objektiv nicht aufweist. So wird die Kleinheit des scharfen Gesichtsfeldes ausgeglichen durch die Drehbarkeit des Augapfels, wodurch wir jeden Gegenstand, den wir besonders ins Auge fassen wollen, fast augenblicklich auf die Stelle der besten Abbildung bringen können. Zufolge dieser Fähigkeit des Auges,

die wir als „Blicken“ bezeichnen, sind wir in der Lage, ohne den Kopf zu drehen, alle innerhalb eines Gesichtswinkels von  $40-45^{\circ}$  liegenden Gegenstände äußerst rasch nacheinander scharf einzustellen und damit die gleichzeitige scharfe Abbildung über einen großen Bildwinkel zu ersetzen. Auch die Farbenabweichung des Auges fällt uns kaum jemals auf, weil sich das Auge auch für jede Farbe sofort so einzustellen vermag, daß scharfe Abbildung erfolgt. Nur bei genauer Selbstbeobachtung ist man imstande, diesen Fehler des Auges zu erkennen. Hingegen sind die sphärische Abweichung und der Astigmatismus leichter erkennbar; beide machen sich besonders dann bemerkbar, wenn sich bei schwacher Beleuchtung das Sehloch vergrößert; das Auge verhält sich dann ähnlich wie ein mit diesen Fehlern behaftetes Objektiv bei großer Öffnung.

Damit wären mit wenigen Worten die Ähnlichkeiten und die hauptsächlichsten Unterschiede zwischen Auge und Kamera angedeutet. Wir werden im folgenden sehen, daß wir bei der Betrachtung des photographischen Raumbildes fast nur an jene anzuknüpfen und kaum jemals auf diese Rücksicht zu nehmen brauchen.

#### **Aufnahmen mit einem und mit zwei Objektiven.**

Auch in der photographischen Kamera entsteht, genau so wie beim Auge, das Bild nach den Gesetzen der Zentralprojektion. Auf die Kamera angewendet haben wir uns in Abb. 1 an der Stelle des Abbildungsmittelpunktes  $C$  das Objektiv zu denken. Verkleinern wir dessen Öffnung auf einen sehr geringen Betrag, so gilt die Figur genau, denn die in der Zeichnung einzig in Betracht gezogenen Hauptstrahlen durchsetzen das an dieser Stelle gedachte Objektiv im wesentlichen in gerader Richtung. Die lichtempfindliche Platte fällt mit der Auffangfläche  $d d'$  zusammen. Auch das, was über die Eigenschaften des so entstandenen Bildes beim Auge gesagt wurde, gilt in gleicher Weise beim Objektiv: wir können aus der Beschaffenheit des Bildes keine Schlüsse auf die Anordnung der abgebildeten Gegenstände im Raume ziehen und lediglich aus bereits gewonnenen Erfahrungen vermögen wir einiges über die gegenseitige Entfernung der Gegenstände auszusagen.

Desgleichen können wir auch die Abb. 2 heranziehen, wenn wir die Abbildung der Gegenstände mit Hilfe zweier Objektive bewirken, die voneinander einen entsprechenden Abstand haben. Die derart gewonnenen Bilder unterscheiden sich genau so, wie in der Abbildung angedeutet und wir kommen auch zu ebendenselben Schlüssen, wenn wir aus den Unterschieden beider Bilder die Entfernung der

abgebildeten Gegenstände vom Objektiv und untereinander auf rein geometrischem Wege ermitteln. Dann aber setzt der große Unterschied zwischen dem mit dem Augenpaare gesehenen und dem photographisch erlangten Doppelbilde ein. Während sich beim ersteren die perspektivischen Unterschiede der Teilbilder unmittelbar in Raumwahrnehmungen umsetzen, ist dies beim photographischen Doppelbilde erst auf einem Umwege und nur durch besondere Vorkehrungen möglich.

Zunächst wirft sich die Frage auf, ob in der Kamera wirklich ein dem im Auge entstehenden Bilde geometrisch gleichwertiges erzeugt wird. Dies ist tatsächlich der Fall, wie sich aus Abb. 3 erweisen läßt. In dieser bedeuten wie oben  $AB$  und  $E$  die abzubildenden Gegenstände,  $C$  den Abbildungsmittelpunkt und  $aeb$  das auf der Auffangfläche erzeugte Bild.

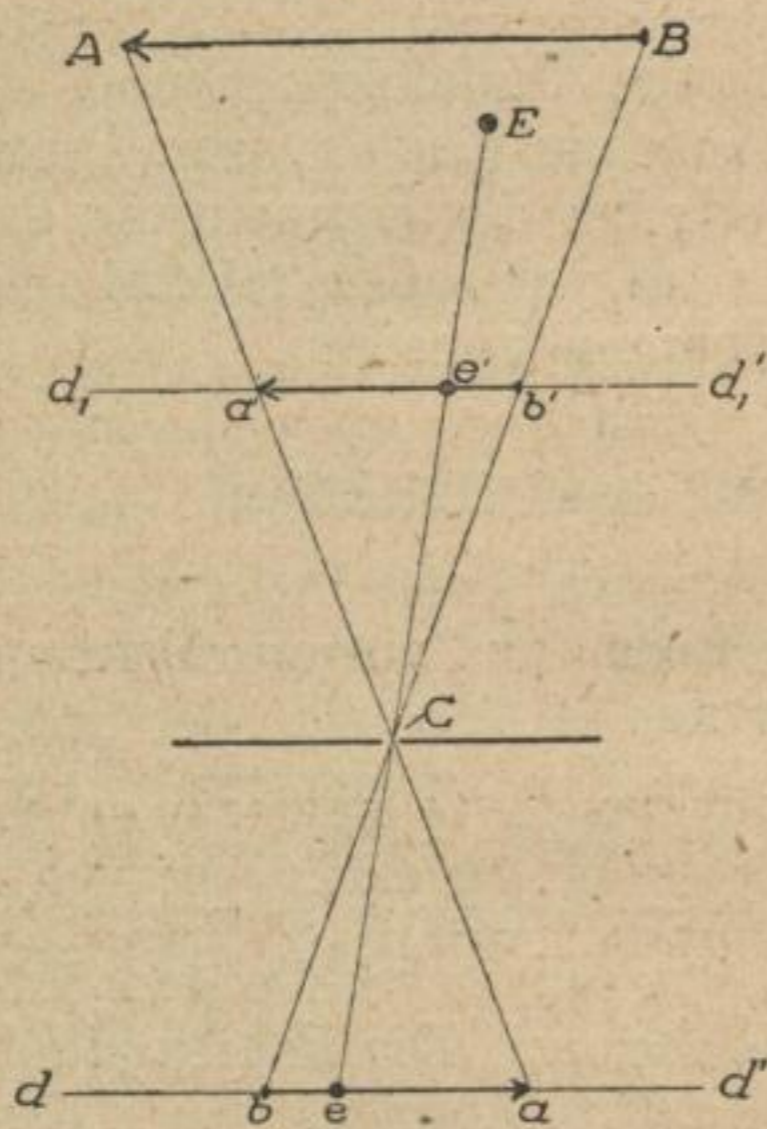


Abb. 3.

Wenn wir nun die Auffangfläche immer mehr an  $C$  heranrücken, so wird naturgemäß das Bild immer kleiner und im Abbildungsmittelpunkte selbst gleich Null. Gehen wir dann noch weiter nach vorne, und denken wir uns jetzt die Auffangfläche durchsichtig, so ist klar, daß wir, nicht optisch, sondern rein geometrisch genommen, wieder ein Bild erhalten müssen, denn jeder Strahl, der hinter dem Abbildungsmittelpunkte an der Bilderzeugung teilnimmt, muß die Auffangfläche in gleicher Richtung durchstoßen und die Gesamtheit der Durchstoßpunkte ergibt ein verkleinertes, jetzt aber aufrechtes Bild des Gegenstandes. Dieses ist,

wie schon angedeutet, ein rein geometrisches Gebilde und nicht auffangbar.

Aus der Vielheit der zwischen dem Abbildungsmittelpunkte und dem Gegenstande möglichen derartigen Bilder wollen wir nur eines,  $a'e'b'$ , herausgreifen, das von  $C$  den gleichen Abstand hat wie das Bild  $aeb$ . Wir wollen weiters annehmen, daß die Auffangfläche  $d_1d_1'$  dieses Bildes parallel zur Auffangfläche  $dd'$  sei. Dann erhellt aus der Ähnlichkeit der Dreiecke, daß das Bild  $a'e'b'$  dem Bilde  $aeb$  vollkommen gleich sein muß; die Bilder sind also, wieder rein geometrisch genommen, vertauschbar. Stellen

wir etwa von den Gegenständen  $AB$  und  $E$  ein photographisches Bild  $a e b$  her, bringen dieses in die Ebene  $d_1 d_1'$  und in die Lage  $a' e' b'$  und betrachten jetzt dieses Bild vom Punkte  $C$  aus, so bedarf es wohl keines weiteren Beweises, daß die von  $AB$  und  $E$  in das Auge fallenden Strahlen das vorgeschaltete Bild genau an den den Punkten  $a, e$  und  $b$  entsprechenden Stellen  $a', e'$  und  $b'$  durchstoßen müssen.

Was für einen Abbildungsmittelpunkt gilt, gilt natürlich auch für zwei, genau so, wie wir es in Abb. 2 gesehen haben. Hier erhalten wir vor den beiden Strahlenschnittpunkten  $C$  und  $C'$  zwei Bilder mit den gleichen perspektivischen Verschiebungen, wie sie den hinter ihnen gelegenen eigen sind und sie entsprechen genau jenen, die in den bei  $C$  und  $C'$  gedachten Augen entstehen würden. Es ist zu erwarten, daß diese Bilder bei gleichzeitiger Betrachtung mit beiden Augen genau so wie die unmittelbaren Netzhautbilder zu einem räumlich wirkenden Gesamteindrucke verschmelzen, was auch tatsächlich der Fall ist. Diese Erscheinung ist das ganze Um und Auf der Stereoskopie und wir werden späterhin zu untersuchen haben, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit die auf photographischem Wege erlangten Bilder die gleiche räumliche Vorstellung auslösen wie der unmittelbar gesehene Naturausschnitt.

### Die „stereoskopische Basis“ und ihre Bedeutung für die Erfassung des Raumes.

Wie oben gezeigt wurde, müssen für das Zustandekommen einer räumlichen Vorstellung zwei nebeneinander liegende Abbildungsmittelpunkte vorhanden sein; ihren gegenseitigen Abstand bezeichnet man als „stereoskopische Basis“. Beim menschlichen Auge ist diese gegeben durch den gegenseitigen Abstand der Achsen der beiden Augen, bei der Kamera durch den der beiden Objektive, mit denen die Teilbilder erzeugt werden. Hingegen kann beim Betrachtungsapparat von einer stereoskopischen Basis im eigentlichen Sinne nicht gesprochen werden, denn dieser hat lediglich die Aufgabe, die auf irgendeinem Wege erlangten Teilbilder dem Augenpaare so zugänglich zu machen, daß sie zu einem Gesamtbilde verschmelzen. Es ist aber klar, daß auch der Betrachtungsapparat gewissen optischen Bedingungen genügen muß, damit die Verschmelzung der Teilbilder ohne Anstrengung für das Auge vor sich geht. Welcher Art diese Bedingungen sind, wird später noch zu erörtern sein.

Beim menschlichen Augenpaare ist der Abstand der Achsen, der „Sehlochabstand“, wie bekannt keine feste Größe. Er pflegt

beim erwachsenen Manne etwa zwischen 60 und 70 mm zu schwanken, so daß man als Mittelwert 65 mm annehmen kann. Etwas kleiner als beim Manne ist der Sehlochabstand bei der Frau und noch kleiner beim Kinde, bei dem auch noch Werte von 50 mm vorkommen. Die Schwankungen halten sich also innerhalb erträglicher Grenzen.

Dem Abstände der beiden Achsen des Augenpaares entspricht eine ganz bestimmte Reichweite des räumlichen Sehens. Durch Versuche ist festgestellt, daß die kleinste seitliche Verschiebung, die dem freien Auge noch erkennbar ist, einem Winkel von einer Bogenminute entspricht; das ist etwa jener Winkel, unter dem uns 1 m aus einer Entfernung von 3400 m oder, um bei kleineren Strecken zu bleiben, 1 cm aus einem Abstände von 34 m erscheint. Auf umgekehrtem Wege kommen wir weiter auch zum Schlusse, daß jedem Zentimeter Augenabstand eine Reichweite des räumlichen Sehens von 34 m entsprechen muß, daher dem Augenabstände von 6,5 cm eine solche von  $34 \text{ m} \times 6,5 = 221 \text{ m}$ . Dieser Betrag kann bei Menschen mit besonders großem Sehlochabstände bis auf etwa 250 m ansteigen, bei Kindern auf 170 m zurückgehen. Wir machen daher keinen allzu beträchtlichen Fehler, wenn wir die runde Zahl von 200 m als Reichweite des räumlichen Sehens beim menschlichen Augenpaare bezeichnen. Über diesen Betrag hinaus hört das eigentliche räumliche Sehen auf; wenn wir trotzdem in noch größeren Abständen Tiefenunterschiede zu erkennen vermeinen, so ist dies, wie schon einmal erwähnt, auf unbewußte Berücksichtigung perspektivischer Linien und der Luftwirkung zurückzuführen.

Der Reichweite des räumlichen Sehens scheinen also von Natur aus Grenzen gezogen zu sein. Allein es gibt Mittel, sie weiter hinauszuschieben. Eine solche ist vor allem die Vergrößerung des Bildes. Denken wir uns vor jedes Auge ein sechsfach vergrößerndes Fernrohr gesetzt, so ist klar, daß wir die geringsten, dem freien Auge noch erkennbaren Verschiebungen sechsfach vergrößern, demzufolge 1 cm auf 34 m gesehen nicht mehr wie 1 cm, sondern wie 6 cm erscheint, und der wirkliche Grenzwert ist dann nicht mehr 34 m, sondern  $34 \text{ m} \times 6 = 204 \text{ m}$ . Für einen Sehlochabstand von 6,5 cm liegt sonach die Grenze des räumlichen Sehens nicht mehr bei 200 m, sondern bei  $200 \text{ m} \times 6 = 1200 \text{ m}$ , unter der Voraussetzung, daß auch der Abstand der Fernrohrachsen 6,5 cm beträgt. Mit Hilfe des Doppelfernrohres sind wir also in der Lage, die Tiefenwahrnehmung im Maßstabe der Vergrößerung zu steigern.

Ähnliches erreichen wir, wenn wir den Abstand der Augen künstlich vergrößern, was nach Abb. 4 mit Hilfe von Spiegeln

möglich ist. Hier sind zwei unter sich parallele zur Augennachse um  $45^\circ$  geneigte Spiegelpaare so aufgestellt, daß der aus der Ferne kommende Strahl einmal um  $90^\circ$  nach der Seite dann wieder um  $90^\circ$  gegen das Auge zu abgelenkt wird. Dadurch rücken wir in bezug auf den zu betrachtenden Gegenstand das linke Auge von  $b$  nach  $a$  das rechte von  $b'$  nach  $a'$ . Die Strecken  $ab$  und  $a'b'$  sind die Beträge, um die der Augenabstand künstlich vergrößert ist. Erhält man z. B. auf diese Weise den Abstand  $aa'$  zu 40 cm, so kommt das einer rund sechsfachen Vergrößerung des Augenabstandes gleich. In demselben Maße wird naturgemäß auch die Reichweite des räumlichen Sehens vergrößert. Dieser Vorgang findet heute viel-

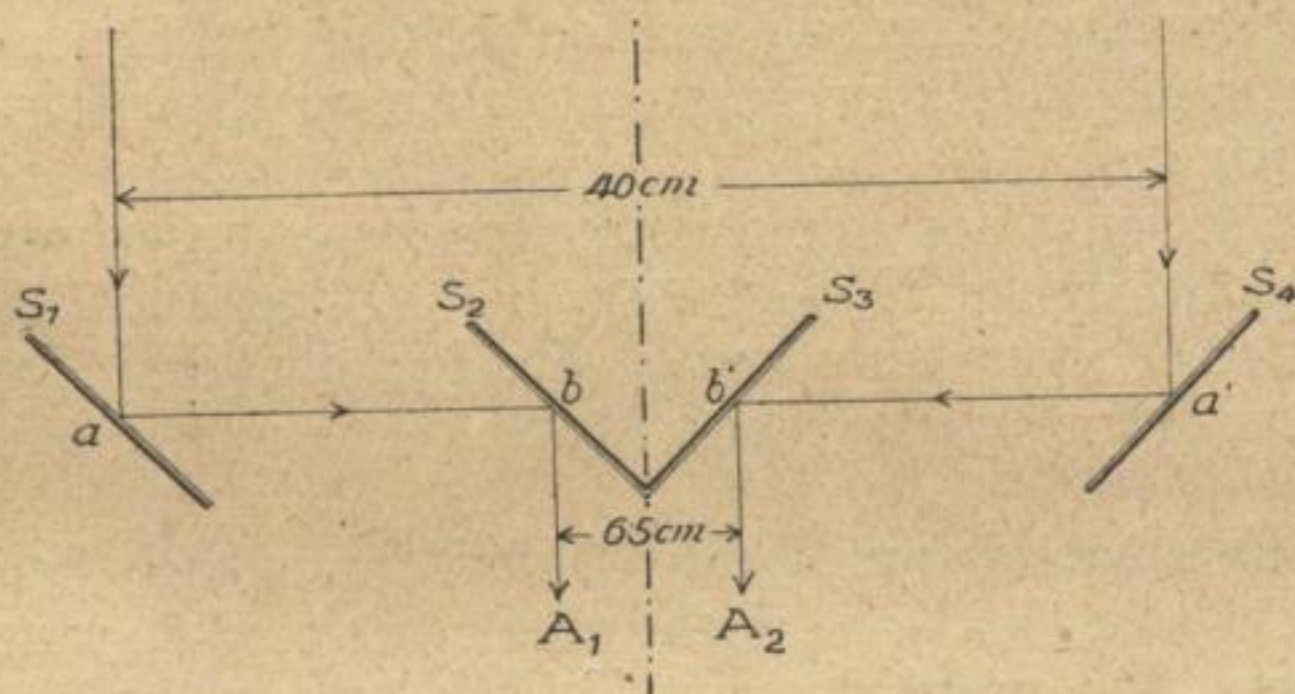


Abb. 4.

fach Anwendung. Schon das gewöhnliche Prismenfernrohr hat meist den sogenannten „erweiterten Objektivabstand“ wohl nur in bescheidenem Maße, aber hinreichend, die Tiefenwahrnehmung, abgesehen von der durch die Vergrößerung bewirkten, auf das Doppelte zu erhöhen. Einen viel größeren Objektivabstand hat das „Relieffernrohr“, bei dem auf dieser Grundlage sogar ein stereoskopisches Verfahren zur Messung von Entfernungen ausgebildet worden ist. Die künstliche Erweiterung des Augenabstandes nach dieser Art hat selbstverständlich ihre Grenzen; aber auch diese können wir überschreiten, wenn wir an die Stelle der Wirklichkeit das photographische Bild setzen.

Bei dem in der Kamera erlangten Raumbilde hat die stereoskopische Basis natürlich die gleiche Bedeutung wie beim Augenpaar. Sollen auf photographischem Wege Teilbilder gewonnen werden, die hinsichtlich der parallaktischen Verschiebungen den in den Augen zustande kommenden entsprechen, so müssen die Aufnahmen aus zwei Abbildungsmittelpunkten erfolgen, die genau so weit voneinander abstehen wie die Augen. Demnach müssen die Objektive

der Stereokamera gleichfalls einen Achsenabstand von 6,5 cm aufweisen.

Zur Erzielung einer ganz genauen Raumwirkung im photographischen Bilde ist also erforderlich, daß der Abstand der Objektive mit dem Abstände der Augen streng übereinstimmt. Da aber letzterer, wie wir wissen, verschieden sein kann, müßte es auch der erstere sein, d. h. der Abstand der beiden Objektive müßte von Fall zu Fall dem Augenabstände angepaßt werden. Das ist zwar möglich, aber kaum angezeigt, denn so erlangte Bilder passen streng genommen doch wieder nur für den einen bestimmten Sehlochabstand. Man begnügt sich darum, den Objektiven einen mittleren Abstand, den von 6,5 cm zu geben. Die Fehler, die durch Abweichungen vom wahren Augenabstand entstehen, sind für den geübten Beobachter wohl zu erkennen, stören aber noch nicht den natürlichen Eindruck.

Zur Herstellung der stereoskopischen Basis bedarf man jedoch durchaus nicht zweier Objektive. Es genügt auch eins allein, dem man eine Spiegelanordnung, ähnlich der der Abbildung 4 vorschaltet. Eine solche Einrichtung werden wir noch später kennen lernen.

Verzichtet man darauf, beide Teilbilder zugleich herzustellen, so vereinfacht sich die Sache noch weiter. Es genügt dann, auf der einen Plattenhälfte zuerst das eine Teilbild aufzunehmen, dann das Objektiv um den Betrag von etwa 6,5 cm zu verschieben, so daß das zweite Teilbild auf die andere Plattenhälfte fällt. Dieser Vorgang ist natürlich nur begrenzt anwendbar, denn er bleibt auf die Aufnahme unbewegter Gegenstände beschränkt.

Während wir bei der gleichzeitigen Aufnahme der beiden Teilbilder bezüglich der stereoskopischen Basis an gewisse Grenzen gebunden sind, fallen auch diese, sobald wir die Aufnahmen *n a c h* *e i n a n d e r* machen: Dann hindert uns nichts mehr, gleich mit der ganzen Kamera seitwärts zu wandern und so die stereoskopische Basis beliebig zu vergrößern. Dieser Vorgang ist besonders in neuester Zeit viel und in der verschiedensten Form benützt worden, um sehr ferne Gegenstände in den Bereich der räumlichen Wahrnehmung zu bringen, und es sind sogar zur Auswertung solcher Aufnahmen eigene, auf der stereoskopischen Basis fußende Meßverfahren erdacht worden, auf die wir noch in einem späteren Abschnitte kurz zurückkommen werden.

Auf diesem Wege ist es leicht, auch Gegenstände in sehr großer Entfernung in den Bereich der räumlichen Wahrnehmung zu bringen. Vergrößern wir so die stereoskopische Basis beispielsweise auf  $6\frac{1}{2}$  m, also auf das hundertfache des Augenabstandes, so steigt



die Tiefenwirkung gleichfalls auf das hundertfache, also auf 20 km. Es besteht natürlich kein Hindernis, noch größere Standlinien herzustellen und so die Tiefenwirkung noch weiter hinauszutragen. Wir werden im Abschnitte über Telestereoskopie sehen, daß es für die stereoskopische Basis eine obere Grenze überhaupt nicht gibt. Fast mit derselben Leichtigkeit, mit der wir auf der Erdoberfläche eine Standlinie von wenigen Metern abstecken, vergrößert der Astronom jene seiner Aufnahmen zu vielen Millionen von Kilometern, indem er auf dem Wege, den die Erde durch den Weltraum nimmt, beliebig große Strecken gewissermaßen herauschneidet und damit den Sehlochabstand seines Augenpaares künstlich ins Riesenhafte steigert. Es ist nicht schwer, sich an der Hand des über den Zusammenhang zwischen Augenabstand und Tiefenwahrnehmung bereits Gesagten auszurechnen, wie weit auf diese Weise die räumliche Wahrnehmung ins Weltall hinausgetragen wird, wobei wir nicht vergessen dürfen, daß der Astronom die Tiefenwahrnehmung durch seine feinen Meßwerkzeuge noch um ein mehrhundertfaches zu steigern vermag.

Wie uns das Streben nach Erweiterung des räumlichen Sehens veranlaßt, die stereoskopische Basis über den Augenabstand hinaus zu vergrößern, so gibt es andererseits auch wieder Fälle genug, die uns bestimmen, damit u n t e r diesen herabzugehen. Die Gründe dafür sind aber anderer Art.

Wir wissen, daß bei einer Stereoaufnahme ferner Gegenstände, wenn die Kamera in Ordnung ist, beide Teilbilder gleichen Inhalt haben. Stellen wir aber mit der gleichen Kamera und bei gleichem Objektivabstande eine Gruppe sehr naher Gegenstände ein, so gewahren wir, daß diese Übereinstimmung aufhört und daß vor allem der Hauptgegenstand der Darstellung nicht auf beiden Teilbildern gleichzeitig in die Mitte zu bringen ist. Der Unterschied wird um so auffallender, je näher wir mit der Kamera an den Gegenstand heranrücken, bis bei der Abbildung in natürlicher Größe der eingestellte Gegenstand im linken Teilbild auf den linken Rand, im rechten Teilbild auf den rechten Rand fällt. Die beiden Teilbilder sind dann bezüglich ihres Inhaltes gänzlich verschieden. Bei der Aufnahme sehr naher Gegenstände müssen daher die beiden Objektive einander bedeutend genähert werden. In noch viel höherem Maße ist dies beim mikroskopischen Raumbilde der Fall, wo die stereoskopische Basis je nach der Vergrößerung auf sehr geringe Beträge herabgesetzt werden muß.

Als Besonderheit sei noch erwähnt, daß die stereoskopische Basis unter Umständen auch durch eine kleine Drehung des

räumlich darzustellenden Gegenstandes ersetzt werden kann. Die so erzielte räumliche Wirkung bezieht sich dann aber nur auf den gedrehten Gegenstand selbst, nicht auch auf seine Umgebung und auch nicht auf den Gegenstand in bezug auf die Umgebung. Im allgemeinen können solche Aufnahmen nur bei kleinen Gegenständen gemacht werden und auch hier empfehlen sie sich nur bei geringem Abstände. In einem besonderen Falle aber ist diese Art der Herstellung eines körperlich wirkenden Bildes fast die einzig mögliche: bei unserem Monde, der uns bekanntlich immer die gleiche Seite zuwendet. Um von diesem auf gewöhnlichem Wege Stereobilder zu erhalten, würden wir eine Standlinie von mehreren tausend Kilometern nötig haben, die uns auf der Erdoberfläche zwar zur Verfügung steht, deren tatsächliche Ausnützung aber äußerst umständlich wäre. Hier benutzt man die sogenannte „Libration“, eine geringe scheinbare Schwingung des Mondes um seine Achse, um für das eine Teilbild etwas mehr von der linken, für das andere etwas mehr von der rechten Seite des Mondes zu erfassen. So beschaffene Teilbilder verschmelzen, wenn sie auch noch bezüglich der Phase übereinstimmen, leicht zu einem räumlich wirkenden Gesamtbilde. Auf ganz ähnliche Art, nämlich mit Zuhilfenahme der Achsendrehung, lassen sich auch von der Sonne und mit sehr mächtigen Fernrohren sogar von Mars und Jupiter räumlich wirkende Oberflächenbilder herstellen.

#### **Die aus der stereoskopischen Basis sich ergebenden Bildgrößen.**

Stereoaufnahmen pflegt man in der größten Mehrzahl der Fälle zur Vereinfachung des Arbeitsganges so zu machen, daß beide Teilbilder auf eine Platte zu liegen kommen. Dadurch tritt die Plattengröße in enge Beziehung zum Abstände der beiden Objektive der Stereokamera, also auch zur stereoskopischen Basis selbst. Wir haben schon weiter oben dargelegt, daß die Objektive ihrem gegenseitigen Abstände nach mit dem Augenpaare übereinstimmen sollen. Daraus ergibt sich, wenn die Teilbilder unmittelbar aneinanderstoßen, der d o p p e l t e Betrag der stereoskopischen Basis als Plattenlänge. Die Plattenbreite ist eigentlich beliebig; da man aber trachten wird, zur besten durchschnittlichen Ausnützung des Bildwinkels die Teilbilder möglichst quadratisch zu gestalten, wird man der Platte auch ungefähr den Abstand der Objektive als Breite geben. Als richtigste Stereoplattengröße ist sonach das Maß 6 : 13 cm anzusehen.

Diese Plattengröße ist aber erst verhältnismäßig spät in Anwendung gekommen. Früher bevorzugte man aus heute nicht mehr

stichhaltigen Gründen ein bedeutend größeres Maß, nämlich 8,5 : 17 cm und 9 : 18 cm. Bei beiden beträgt mit etwaiger Abrechnung eines für die Unterbringung des Bildtitels vorbehaltenen schmalen Seitenrandes der Abstand der Teilbildmitten 8 bis 8½ cm, also mehr als der größte mögliche Sehlochabstand ausmacht. Mit solchen Objektivabständen aufgenommene Bilder bedürfen, damit sie im Auge zu einem Gesamtbilde verschmelzen, eines besonders gestalteten Betrachtungsapparates; außerdem ist die räumliche Wirkung übertrieben. Trotz der offensichtlichen Unrichtigkeit hat sich diese Plattengröße doch in außerordentlichem Maße eingebürgert und ist auch heute noch sehr viel in Anwendung. Sie bietet lediglich den einen kleinen Vorteil, daß solche Aufnahmen über einen etwas größeren Abbildungsmaßstab verfügen; alle anderen besonderen Eigenschaften sind Nachteile.

Im Gegensatz zu den eben erwähnten beiden Stereoplattengrößen haben alle anderen ihre Daseinsberechtigung. Weil es vorteilhaft ist, dem Raumbilde jene Plattengrößen dienstbar zu machen, die auch für gewöhnliche Aufnahmen verwendet werden, hat man vor allem die Größe 9 : 12 herangezogen, der ein Abstand der Teilbildmitten von 6 cm entspricht, was dem mittleren Augenabstande von 6,5 cm schon recht nahe ist. Weiteres kommen noch die Plattengrößen 9 : 14 und 10 : 15 cm in Betracht, die beide auch zur Ansichtskarte eine enge Beziehung haben. Bei diesen beiden Plattengrößen beträgt der Abstand der Teilbildmitten 7, allenfalls 7½ cm, liegt also etwas jenseits der mittleren stereoskopischen Basis, aber noch im Bereiche vorkommender Sehlochabstände. Die Teilbilder haben hier, wie bei der Größe 9 : 12, nicht mehr quadratischen, sondern rechteckigen, hochgestellten Ausschnitt, ein Umstand, mit dem man sich bei Landschaftsaufnahmen abfinden muß, der bei Gebäudeaufnahmen aber oft als Vorteil empfunden wird.

Eine Stereoplattengröße der neuesten Zeit ist das Maß 45 : 107 mm. Hier beträgt der Abstand der Teilbilder 62 mm, nähert sich also, von 6 : 13 abgesehen, am meisten dem mittleren Augenabstande. Da bei dieser Plattengröße die Teilbilder ganz an den Rand gerückt sind, bleibt zwischen beiden ein ziemlich breiter Raum, der für die Betrachtung des Bildes von keinerlei Nachteil ist. Diese Plattengröße hat wegen der Handlichkeit und wegen des geringen Gewichtes der Aufnahmebehelfe außerordentliche Verbreitung gefunden.

Werden die beiden Teilbilder nicht auf einer Platte aufgenommen, so ist man auch bezüglich der Plattengröße an keine Grenzen mehr gebunden. Zur Betrachtung solcher Bilder gibt es

besonders gestaltete Apparate, die eine andere Anordnung der Bilder als in einer Ebene zulassen. Solche Bilder dienen aber meist besonderen Zwecken und kommen für den gewöhnlichen Stereoskopiker nur ausnahmsweise in Betracht.

### **Die Bedingungen für die wahrheitsgetreue Wirkung des Raumbildes.**

Wir haben bereits darauf hingewiesen, daß die Stereoteilbilder bei der Betrachtung nur dann zu einem räumlich richtig wirkenden Gesamtbilde verschmelzen, wenn einerseits der gegenseitige Abstand der Objektivachsen dem Sehlochabstande der Augen entspricht und andererseits das Augenpaar in der Lage ist, die Teilbilder aus den ihnen zugehörigen Abbildungsmittelpunkten zu betrachten. Dabei ist auch erwähnt worden, daß es durchaus nicht so einfach ist, diesen beiden Forderungen, insbesondere der ersten, in aller Strenge gerecht zu werden und daß man sich darauf beschränken muß, ihnen nur soweit zu entsprechen, daß die sich ergebende räumliche Wirkung wenigstens nicht in auffallender Weise von der Raumwirkung des unmittelbar gesehenen Naturausschnittes abweicht. Welche Wege dazu einzuschlagen sind, ist zum Teil schon dargetan worden, zum Teil werden wir darauf noch bei späteren Gelegenheiten, hauptsächlich bei der Besprechung der Betrachtungsapparate, zurückkommen.

Außer den beiden obigen Grundforderungen gibt es noch eine Anzahl anderer, scheinbar mehr nebensächlicher Bedingungen, auf deren Erfüllung jedoch ebenfalls mit Sorgfalt gesehen werden muß. Sie betreffen teils den Aufnahmeapparat, teils den Vorgang bei der Herstellung des negativen und positiven Bildes und endlich auch den Betrachtungsapparat.

Die die Kamera betreffenden Bedingungen gipfeln in der Forderung, daß die Teilbilder, abgesehen von den perspektivischen Ungleichheiten, hinsichtlich Größe, Schärfe und Helligkeit übereinstimmen; außerdem müssen auf beiden Teilbildern die zueinander gehörigen Bildpunkte gleich hoch stehen.

Die erste Bedingung, daß beide Teilbilder gleich groß und gleich scharf seien, ist erfüllt, wenn beide Objektive gleiche Brennweite besitzen und von der Platte gleichen Abstand haben. Ist nur die erste Bedingung erfüllt, so haben die beiden Teilbilder ungleiche Schärfe, was bei Betrachtung des fertigen Stereobildes als ungemein störend empfunden wird. Wenn es auch gelingt, sie zu einem Gesamtbilde zu vereinigen, so bewirkt doch die gegenseitige Überlagerung scharfer und unscharfer Linien eine

Unsicherheit in der Erfassung der Einzelheiten des Bildes und verursacht Unbehagen, ja sogar Schmerzen. Sind zwar beide Teilbilder scharf, aber die Brennweiten der Objektive ungleich, so ist der Abbildungsmaßstab auf beiden Bildern nicht der gleiche. Dieser Fehler äußert sich nach verschiedenen Richtungen in verschiedener Weise: während die Ungleichheiten der Bildgröße sich in wagrechter Richtung mit den perspektivischen Verschiebungen vereinigen und so die Raumwirkung verfälschen, wirken sie in senkrechter Richtung der Verschmelzung der Teilbilder geradezu entgegen und haben ähnliche Erscheinungen zur Folge wie ungleich scharfe Teilbilder.

Gleiche Belichtung der beiden Teilbilder, also gleiche Lichtzufuhr ist nur dann zu erwarten, wenn beide Objektive gleiche Lichtstärke besitzen und wenn die Verschlüsse an beiden gleichmäßig arbeiten. Zur Erfüllung der ersten Bedingung müssen die beiden Objektive gleiche Ausgangsöffnung haben, was wohl von vornherein angenommen werden darf. Damit die Lichtwirkung auch bei kleineren Öffnungen gleich bleibe, müssen die Blenden zwangsläufig miteinander verbunden sein. In dieser Hinsicht ist die gewöhnliche Schieberblende die verlässlichste, weil die zusammengehörigen Blendenöffnungen auf das genaueste und ein für allemal gegeneinander abgeglichen werden können.

Von derselben Bedeutung wie die Gleichheit der Öffnung ist auch die Gleichheit der Belichtungsdauer bei beiden Teilbildern. Es muß darum Vorsorge getroffen werden, daß bei Objektivverschlüssen beide vollkommen gleichmäßig arbeiten, was durch gemeinschaftliche Getriebe für das Öffnen und Schließen bewirkt werden kann. Trotz aller Vorkehrungen können aber immer noch kleine Ungleichheiten in der Belichtungsdauer vorkommen. Eine bessere Gewähr für gleichmäßige Belichtung bietet der Schlitzverschluß vor der Platte und der Schieberverschluß im Objektiv. Bei längeren Zeitaufnahmen ist auch die Belichtung mittels Objektivdeckels zulässig, doch müssen dann beide Deckel durch eine Querstange verbunden sein.

Die dritte Forderung, daß beide Objektive gleich hoch stehen, kann wohl in den allermeisten Fällen als von vornherein erfüllt gelten. Das gleiche gilt auch bezüglich der Gleichläufigkeit der Objektivachsen, die zur bestmöglichen Auszeichnung der Teilbilder erforderlich ist.

Eine weitere Forderung ist, daß beide Teilbilder gleichen Inhalt aufweisen. Ihr ist gleichfalls bei allen besseren Kameras Rechnung getragen, insoweit die Einstellung auf weiter abstehende Gegenstände in Frage kommt. Bei der Auf-

nahme sehr naher Gegenstände muß zur Erzielung gleichen Bildinhaltes aus weiter oben angeführten Gründen der Abstand der beiden Objektive veränderbar sein. Dieser Forderung genügen nur wenige Apparate.

Auch bei der Herstellung des Negativs und des Positivs sind zur Erzielung der richtigen Raumwirkung bestimmte Forderungen zu erfüllen, die, wie alles auf dem Gebiete des Raumbildes, von der Ähnlichkeit der optischen Vorgänge beim Sehen mit zwei Augen und beim Photographieren mit zwei Objektiven ihren Ausgang nehmen. Das Endziel ist auch da, daß die photographischen Teilbilder in geometrischer Hinsicht mit den in den Augen entstehenden genau übereinstimmen.

Wichtig ist vor allem, daß bei der Aufnahme die *Objektivachsen* wagrecht liegen, in Übereinstimmung mit den *Augenachsen*, die bei der Betrachtung der weiteren Umgebung fast ausschließlich diese Lage einnehmen. Abweichungen des Objektivpaares von dieser Lage bringen die als „stürzende Linien“ bekannten Erscheinungen hervor, die wie im einfachen Bilde auch im stereoskopischen sehr stören. Indessen bedarf es hier nur der richtigen Haltung des Kopfes bei der Betrachtung des Bildes, um den unnatürlichen Eindruck loszuwerden. Gibt man nämlich dem Augenachsenpaare dieselbe Neigung wie sie der Apparat bei der Aufnahme hatte, so wird der Eindruck sofort natürlich, was sich eigentlich schon aus unseren früheren Betrachtungen über die Beziehungen zwischen dem gesehenen und dem photographierten Bilde ergibt. Da aber solche Augenstellungen doch die Ausnahme bilden, wird man trachten, bei der Aufnahme die Objektivachsen möglichst genau wagrecht zu stellen.

Ferner soll bei der Aufnahme die *Verbindungsline* der beiden Objektive wagrecht liegen, gleichfalls in Übereinstimmung mit dem Augenpaare, das bei der Betrachtung der Natur die gleiche Stellung einzunehmen pflegt. Aufnahmen, die mit seitlich geneigter Kamera erlangt wurden, müssen mit gleich stark seitlich geneigtem Kopfe betrachtet werden, damit die Darstellung der Gegenstände wieder natürlich werde. Die Neigung des Bildausschnittes bleibt auch dann noch als störend übrig.

In den beiden genannten Fällen ist der Bildausschnitt bis zu einem gewissen Grade ein Hindernis für den natürlichen Eindruck, weil beim gewöhnlichen Sehen ähnliche Umrahmungen selten vorkommen; so gibt es, um nur ein Beispiel anzuführen, nie nach der Seite und nur ausnahmsweise nach rückwärts geneigte Fensterahmen.

Die hier gestellten Forderungen nach wagrechter Lage der Objektivachsen und der Verbindungslinie der beiden Objektive gelten nicht mehr bei Aufnahmen sehr naher Gegenstände; hier kann die Kamera jede beliebige Neigung gegen den Horizont einnehmen, genau so wie unser Kopf bei der Betrachtung solcher Gegenstände. Dann aber ist zur Erweckung des natürlichen Eindruckes erforderlich, daß auch der Betrachtungsapparat in die gleiche Lage gebracht werde.

Bezüglich der positiven Stereobilder ist in erster Linie zu fordern, daß auf ihnen, wenn richtige Wiedergabe der räumlichen Tiefenwirkung verlangt wird, der Abstand zusammengehöriger Fernpunkte, gemeinhin *Fernpunktabstand* genannt, genau dem Abstände der beiden Objektive entspricht. Kommt es aber nur auf die Erzielung einer Raumwirkung überhaupt an, ohne Rücksicht auf deren Richtigkeit, so braucht diese Forderung nicht erfüllt zu sein, und es können zu diesem Zwecke auch Aufnahmen mit beliebig großem Objektivabstand so aneinander gebracht werden, daß ihre Betrachtung durch ein gewöhnliches Stereoskop möglich ist.

Ferner muß beim positiven Bilde wie beim negativen darauf geachtet werden, daß die zusammengehörigen Fernpunkte gleich hoch stehen, was dann der Fall ist, wenn die Horizontlinie auf beiden Bildern gleich hoch steht und wagrecht verläuft. Zur Erzielung der richtigen Perspektive ist weiteres zu fordern, daß die Horizontlinie des Bildes stets auf der Achse der Linsen des Betrachtungsapparates liegt.

Vom Betrachtungsapparat ist zur wahrheitsgetreuen Wiedergabe des Raumbildes vor allem zu verlangen, daß er so eingerichtet sei, daß die Betrachtung der Teilbilder aus dem Abbildungsmittelpunkte ohne Anstrengung für das Auge möglich ist. Dies kann auf verschiedene Arten geschehen, indem von getrennten Teilbildern die Strahlen mit Hilfe von Spiegeln oder Prismen, von Stereobildern gewöhnlicher Art mit Hilfe von Linsen in das Auge geleitet werden. Immer aber ist Vorsorge zu treffen, daß die von zusammengehörigen Fernpunkten kommenden Strahlen gleich gerichtet aus dem Betrachtungsapparat aus- und in das Auge eintreten. Zu diesem Zwecke sind bei Stereobildern, deren Teilbildabstand ungefähr dem Sehlochabstande entspricht, gewöhnliche Linsen, bei größeren Teilbildabständen aber Linsen mit gleichzeitiger primatischer Wirkung erforderlich.

Die zweite an den Betrachtungsapparat zu stellende Forderung ist die, daß die Brennweite seiner Linsen annähernd gleich sei der Brennweite der Objektive, mit denen die Aufnahme erfolgte. Nur auf diese Weise ist es möglich, das Auge in den Abbildungsmittelpunkt der Teilbilder zu bringen, was zur Erzielung einer richtigen räumlichen Wirkung unerläßlich ist. Diese Bedingung muß auch dann erfüllt sein, wenn die Brennweite der Aufnahmeobjektive gleich oder größer als die mittlere Sehweite ist, weil zur Erzielung der richtigen Tiefenwirkung das Auge bei der Betrachtung des Bildes auf Unendlich eingestellt sein muß, was nicht der Fall ist, wenn wir das Stereobild ohne weiteren Behelf aus der deutlichen Sehweite betrachten. Näheres darüber erfahren wir noch später.

Die letzte wichtige Bedingung ist die richtige Haltung des Betrachtungsapparates bei der Benützung. Diese muß, wie schon einmal erwähnt, mit der Haltung übereinstimmen, die das Augenpaar bei der Betrachtung des Gegenstandes selbst einnehmen würde. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist daher der Betrachtungsapparat so zu halten, daß die Achsen der Linsen und ihre Verbindungslinie wagrecht liegen, genau so, wie wir es schon vom Aufnahmeapparat verlangt haben. In besonderen Fällen, vor allem bei Nahaufnahmen, können natürlich die schon weiter oben erwähnten Ausnahmen eintreten.

#### Fehler des Raumbildes.

Aus den bisherigen Darlegungen sind wir zur Überzeugung gekommen, daß das photographische Raumbild nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen eine wahrheitsgetreue Raumwahrnehmung vermittelt. Abweichungen davon bewirken stets auch Fälschungen der Raumvorstellung, die je nach der Art und Größe des begangenen Fehlers mehr oder weniger deutlich hervortreten. Geringe Grade solcher Fehler werden leicht übersehen, weil die verblüffende Körperlichkeit des stereoskopischen Bildes unsere ganze Aufmerksamkeit für sich in Anspruch nimmt; erst nach längerer und eingehender Betrachtung sind wir imstande, Unrichtigkeiten in der Tiefenwirkung zu erkennen. Zu ihrer sofortigen Erfassung gehört Übung im stereoskopischen Sehen und Vertrautheit mit dem Wesen des Raumbildes.

Der Stereoskopiker muß nicht nur die Wege kennen, auf denen er zu einwandfreien Raumbildern gelangt, er muß es auch verstehen, aus der im Bilde erkannten Fehlerhaftigkeit der Tiefenwirkung auf deren Ursache zu schließen. Diese Fähigkeit erwirbt er am



schnellsten und sichersten, indem er Ursache und Wirkung der Fehlererscheinungen gegeneinander hält. Im folgenden sind die wichtigeren Fehler, die entweder im Aufnahmebehelf, im negativen und positiven Verfahren oder im Betrachtungsbehelf liegen, kurz nach Ursache und Wirkung behandelt. Wir können sie in zwei Hauptgruppen zusammenfassen, nämlich in Fehler, die in der Herstellungsweise und in solche, die in der Betrachtungsweise liegen.

#### A. Fehler in der Herstellungsweise.

Diese Fehler haben ihren Grund entweder in einer Unvollkommenheit der Kamera, in einem Fehler bei der Aufnahme oder in einem Mangel des positiven Bildes.

**1. Fehler in der Kamera.** a) Die Objektive haben ungleiche Brennweite. Dieser Fehler kann in zwei Formen zum Ausdruck kommen: Haben beide Objektive gleichen Abstand von der Platte, so ist bei der Einstellung nur ein Teilbild scharf zu bekommen, während das andere mehr oder weniger unscharf bleibt. Sind jedoch beide Teilbilder scharf eingestellt, so haben, entsprechend der ungleichen Brennweite, die Teilbilder ungleiche Größe. Die Folgen dieser Fehler sind schon weiter oben besprochen worden.

b) Beide Objektive besitzen zwar die gleiche Brennweite, aber die Teilbilder werden beim Einstellen nicht gleichzeitig scharf. Dann haben die beiden Objektive verschiedenen Abstand von der Platte. Die Wirkung ist ähnlich wie bei a). Außer dem verschiedenen Schärfegrade der Teilbilder ist auch ein Unterschied im Abbildungsmaßstabe vorhanden, der bei der Betrachtung der Bilder außerordentlich stört.

c) Die Objektivachsen stehen nicht senkrecht zur Plattenebene. Dieser Fehler bewirkt zunächst, daß die scharfe Auszeichnung der Bildfläche gestört ist. Befinden sich beide Objektive auf einem gemeinschaftlichen Objektivbrett, was gewöhnlich der Fall ist, so haben beide Objektive gleiche Neigung gegen die Plattenebene; außerdem ist dann oft ein Objektiv der Platte näher als das andere, die Schärfe der beiden Teilbilder also verschieden.

d) Die Objektive stehen an der Kamera ungleich hoch. Die Folge davon ist, daß auf beiden Teilbildern auch die zusammengehörigen Bildpunkte ungleich hoch stehen. Die mit diesem Fehler behafteten Stereobilder verschmelzen

bei richtiger Augenhaltung schwer oder gar nicht zu einem Gesamtbilde; die Verschmelzung tritt erst dann ein, wenn die Verbindungslinie der Augendrehpunkte gleich wie die Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden Objektive, also schief verläuft.

e) Die Objektive haben verschiedene Lichtstärke. Die Folge dieses Fehlers ist, daß die Teilbilder im Negativ ungleich gedeckt sind, daher zu ungleichen Positiven führen, wenn nicht künstlich ein Ausgleich geschaffen wird. Bei voller Öffnung der Objektive ist dieser Fehler nicht zu befürchten, wohl aber bei Abblendung, wenn die Blenden nicht genau abgeglichen und wenn sie nicht zwangsläufig miteinander verbunden sind.

f) Die Objektivverschlüsse arbeiten ungleich. Dieser Fehler äußert sich ebenso wie die ungleiche Lichtstärke in ungleich hellen Bildern. Er tritt wohl nur bei Lamellenverschlüssen auf; Schlitzverschlüsse zeigen ihn, wenn der Schlitz ungleich breit ist. Durchaus verläßlich ist der Schieberverschluß im Objektiv.

**2. Fehler bei der Aufnahme.** a) Die Objektivachsen weisen nach oben oder unten. Die Folge davon sind stürzende Linien. Derartige Bilder wirken bei der Betrachtung nach der gewöhnlichen Art äußerst unnatürlich. Der falsche Eindruck kann durch entsprechende Neigung der Augenachsen beim Besehen des Bildes behoben werden und das Stereobild macht dann den gleichen Eindruck, wie wenn der Gegenstand mit gleich geneigten Augenachsen betrachtet würde. Zur natürlichen Wiedergabe derart verzeichneter Bilder ist also die Übereinstimmung zwischen der Lage der Objektivachsen und der der Augenachsen bei der Betrachtung unerläßlich.

b) Die Objektivachsen liegen zwar wagrecht, nicht aber die Verbindungslinie der optischen Mittelpunkte der Objektive. Die Folge dieses Fehlers ist, daß die abgebildeten Gegenstände schief im Ausschnitte stehen und daß bei Landschaftsaufnahmen die Horizontlinie schräg verläuft. Betrachtet man ein derartiges Stereobild auf gewöhnliche Art, also mit wagrechter Verbindungslinie der beiden Augen, so erscheinen die Gegenstände schief im wagrechten Ausschnitte. Neigt man aber den Kopf so zur Seite, daß die Verbindungslinie der Augen im gleichen Sinne und gleich viel von der Wagrechten abweicht wie die Verbindungslinie der beiden Objektive bei der Aufnahme, so erscheinen uns im Bilde die Gegenstände zwar aufrecht, aber es stört nunmehr die schräge Umrahmung.

Nur bei kreisrundem Ausschnitte der Teilbilder wird der Fehler unkenntlich.

c) Die Belichtung ist bei beiden Teilbildern verschieden. Dieser Fehler ist, soweit er Mängel in der Blendenstellung oder im Verschlusse betrifft, schon unter 1 e—f besprochen worden. Er kann auch bei der Belichtung mit dem Objektivdeckel eintreten, wenn das Entfernen und das Wiederaufsetzen des Deckels nicht für beide Objektive in genau gleicher Weise erfolgt. Bei Deckelaufnahmen hat als Regel zu gelten, daß die Bewegung des Deckelpaares genau senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Objektive zu erfolgen hat.

### 3. Fehler im positiven Bilde.

a) Die Teilbilder sind falsch angeordnet. Eine kurze Überlegung lehrt uns, daß auf der unmittelbaren Kopie eines Stereonegativs die Teilbilder vertauscht sind. Denn wie Abb. 5 zeigt, erhalten wir wohl auf der Platte das rechte Teilbild rechts und das linke links, aber auf den Teilbildern selbst ist links und rechts vertauscht. Stellen wir von der Platte ein Positiv her, so haben wir zwar auf jedem einzelnen Bilde nun links und rechts richtig, aber die Teilbilder als solche sind wieder vertauscht. Damit bei der Betrachtung jedem Auge auch das ihm zugehörige Teilbild gegenüber stehe, müssen diese verkehrt angeordnet werden. Wie dies am vorteilhaftesten geschieht, wird später erörtert werden.

Bei der Betrachtung des unzerschnittenen Positivs tritt natürlich auch eine Raumwirkung auf, aber sie ist, da sie auf verkehrten parallaxtischen Verschiebungen beruht, verkehrt: die nahen Gegenstände liegen statt vor der Unendlichkeitsebene hinter ihr. Diese Erscheinung wird als „pseudostereoskopischer Effekt“ (Raumlüge) bezeichnet und wirkt im höchsten Grade unnatürlich.

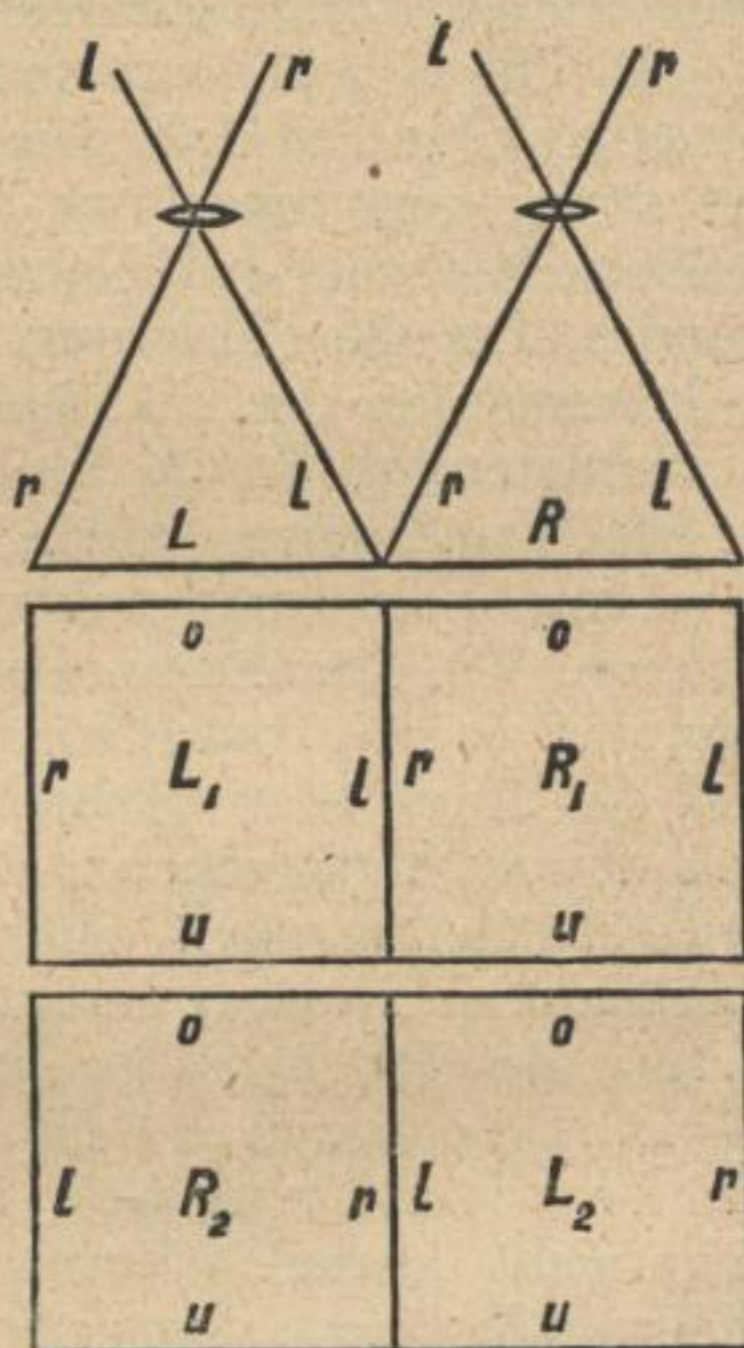


Abb. 5.

O b e n: Lage des Stereonegativs in der Kamera.

M i t t e: das Stereonegativ, von der Schichtseite gesehen.

U n t e n: das Stereonegativ, von der Glasseite gesehen, oder das unzerschnittene Stereopositiv.

b) Die Teilbilder stimmen bezüglich des Ausschnittes in Höhe nicht miteinander überein. Dieser Fall und die dabei auftretenden Fehlererscheinungen sind im Wesen die gleichen wie die unter 1 d.

c) Die Teilbilder sind ungleich hell. Dieser Fall ist, soweit er im Objektiv oder im Verschuß begründet ist, bereits unter 1 e—f und 2 c abgehandelt. Eine weitere Möglichkeit ungleicher Kopien liegt im Kopiervorgang selbst, wenn, wie bei dem später zu besprechenden Stereokopierrahmen, die Teilbilder nacheinander belichtet werden müssen. Etwas ungleiche Kraft der Teilbilder ist kein besonders gefährlicher Fehler, da er der Bildverschmelzung nicht entgegenwirkt.

d) Die Bilder sind seitlich nicht passend ausgeschnitten. Die Forderung nach gleichem Bildinhalte gilt streng genommen nur bezüglich der Gegenstände in der Unendlichkeitsebene, bei Nahaufnahmen bezüglich des Hauptgegenstandes. Ist die Forderung nach gleichem Bildinhalt nicht erfüllt, so kommen bei der Überdeckung der Teilbilder die überschüssigen Einzelheiten am Rande des einen auf die Umrahmung des anderen zu liegen und stören dadurch wesentlich.

Diese Forderung steht scheinbar im Widerspruch mit einer anderen. Die Umrahmung des Raumbildes soll nämlich so beschaffen sein, daß sie sich vom Bilde abhebt, also scheinbar zwischen dieses und das Auge tritt. Diese künstliche Vertiefung des Bildes läßt sich durch entsprechend verschiedene seitliche Begrenzung der Teilbilder hervorrufen. Sind die seitlichen Begrenzungsunterschiede aber nicht richtig abgestimmt, so tritt statt der angestrebten Heraushebung des Rahmens der oben genannte Fehler auf.

e) Die unmittelbare Umrahmung der Teilbilder ist unvorteilhaft. Im Stereoskop erblicken wir, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind, außer den Teilbildern selbst auch deren nächste Umgebung, also bei aufgezogenen Papierbildern auch die Kartonunterlage. Es müssen sich daher bei der Betrachtung auch die Umrahmungen gut überdecken. Das tritt am leichtesten ein, wenn die unmittelbare Umgebung der Teilbilder gleichmäßig dunkel, am besten schwarz ist und keine Verzierung aufweist; auch Schrift stört, weshalb diese so anzubringen wäre, daß sie bei der Betrachtung des Bildes nicht zu sehen ist.

f) Auf den Teilbildern sind in Bewegung befindliche Gegenstände nicht dort, wo sie hingehören. Diese Erscheinung ist häufig dann zu beobachten, wenn die beiden Teilbilder nicht gleichzeitig, sondern nacheinander aufgenommen wurden. In solchen Fällen sind näm-

lich die sich bewegenden Gegenstände auf den Teilbildern nicht bloß um den Betrag des Fernwinkels, sondern auch noch um einen weiteren, sich aus der Eigenbewegung ergebenden verschoben. Die Folge dieses Fehlers ist natürlich eine ganz falsche Raumwirkung, vielfach sogar die Unmöglichkeit der Verschmelzung überhaupt. In der Landschaft ist es vor allem der Wolkenhimmel, bei dem dieser Fehler auftreten und ganz unerträgliche Erscheinungen hervorbringen kann.

g) Das eine Teilbild enthält Einzelheiten, die das andere nicht enthält. Hierher gehören vor allem die Platten- und Papierfehler. Aber auch sonst kann dieser Fehler eintreten, wenn beispielsweise bei Aufnahmen mit sehr großer Standlinie Teile des nahen Vordergrundes in das eine Teilbild hinein, aus dem anderen aber herausfallen oder wenn bewegte Gegenstände in der Zeit zwischen beiden Belichtungen in den Bildbereich eintraten oder ihn verließen. Solche Ungleichheiten des Bildes bewirken ein unangenehmes Flimmern und stören den Gesamteindruck. Gegenstände des nahen Vordergrundes verschmelzen nur dann zu einem Gesamtbilde, wenn ihr Abstand von der Kamera mindestens das Fünfzigfache der Standlinie beträgt (Nahgrenze).

#### B. Fehler in der Betrachtungsweise.

Hierher gehören zunächst Fehler des Betrachtungsapparates, die entweder die richtige Betrachtung gar nicht zulassen oder sie doch stören, ferner ein besonderer, aus der Eigenart der Telestereoskopie sich ergebender Fall und endlich noch Fehler in der Haltung des Betrachtungsapparates. Sie alle mit Ausnahme des letzten bringen im Gesamtbilde wirkliche Verzerrungen hervor.

Bei der Besprechung einiger der folgenden Fehler geht es an, das Stereoskop als solches ganz außer Betracht zu lassen und lediglich die Beziehungen zwischen dem Sehlochabstande und dem Objektivabstande zu erörtern. Nur wo die Brennweite des Aufnahmeobjektivs zu der der Linse des Betrachtungsapparates in Beziehung tritt, müssen wir auch diesem unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

1. Die zusammengehörigen Fernpunkte der Teilbilder haben einen **größeren** gegenseitigen Abstand als das Augenpaar. Die Beziehungen zwischen dem Gegenstande, dem Objektivpaare und dem Augenpaare sind für diesen Fall in Abb. 6 dargestellt.  $abcd$  sei der von oben gesehene Querschnitt eines Körpers, etwa eines Vierkants;  $O_1$  und  $O_2$  kennzeichnen die Lage der Objektive. Nach einer früheren Er-

örterung entspricht dem hinter dem Objektiv erzeugten Bilde ein geometrisch gleiches auch vor ihm. Nur dieses kommt hier in Betracht. Es liege in der Abbildung auf der zwischen Gegenstand und Objektiv angedeuteten, zur Papierfläche senkrecht gedachten Ebene. Dann ist  $a_2 b_2 d_2 c_2$  das dem Objektiv  $O_1$ ,  $a_3 d_3 b_3 c_3$  das dem Objektiv  $O_2$  zugehörige Teilbild. Betrachten wir nun diese Teilbilder aus den den Augen entsprechenden Punkten  $A_1$  und  $A_2$ , deren Abstand kleiner sei als der der Punkte  $O_1$  und  $O_2$ , die aber von den Bildern gleichen Abstand haben wie diese beiden Punkte, so

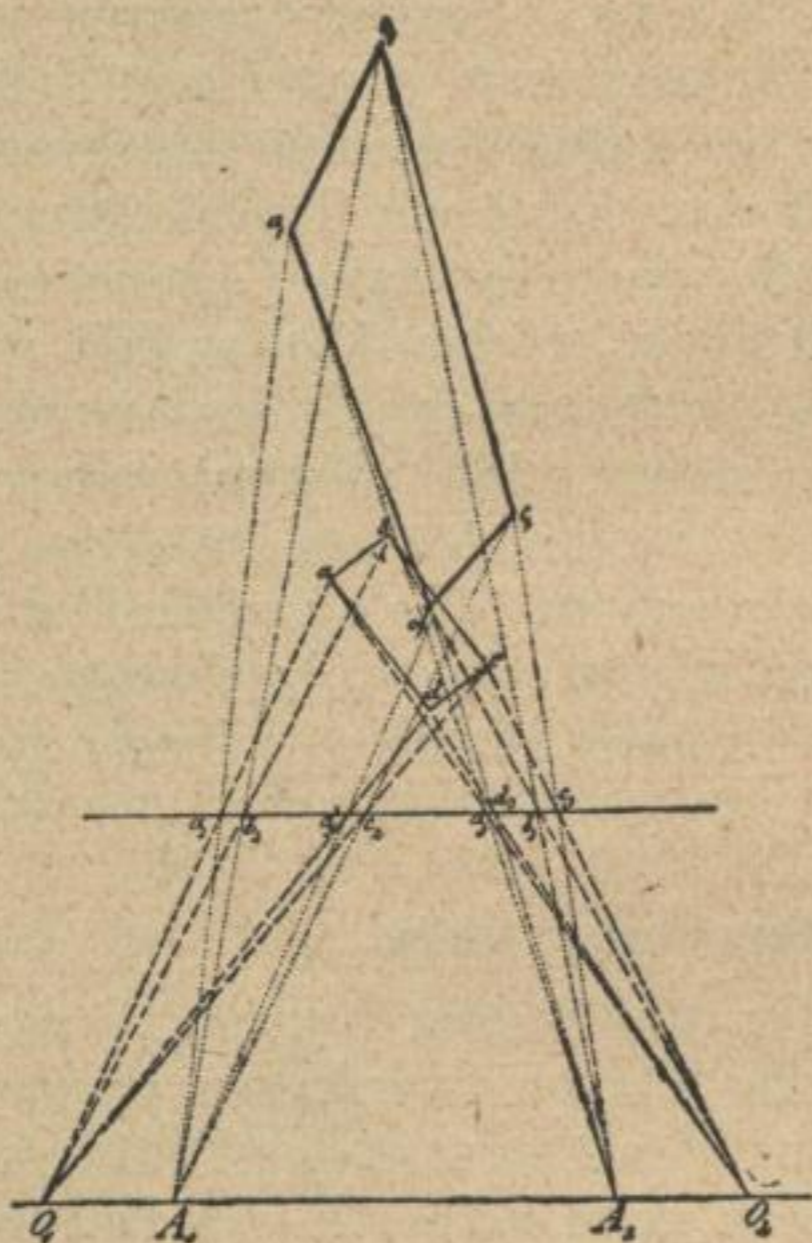


Abb. 6.

erhalten wir, indem wir von den Punkten  $A_1$  und  $A_2$  aus durch die entsprechenden Punkte der Teilbilder Gerade ziehen, dort, wo sich diese Geraden paarweise schneiden, das Vorstellungsbild  $a_1 b_1 c_1 d_1$ . Wir erkennen sofort, daß dieses Bild mit dem Gegenstande  $a b c d$  in keiner Weise übereinstimmt, denn es täuscht eine größere Entfernung und Tiefe vor, zeigt den Gegenstand größer und außerdem noch winkelfalsch. Diese Betrachtungsweise vermittelt uns also gar kein der Wirklichkeit entsprechendes Bild. Dazu kommt noch ein weiterer Übelstand. Wie wir aus der Abbildung ersehen, laufen die von den Augen gegen bestimmte Punkte der Teilbilder gezogenen

Geraden in bezug auf die von den Objektiven aus gezogenen auseinander, und es müssen daher die Augen bei der Betrachtung solcher Bilder nach außen schielen. Diese Fähigkeit kommt aber dem Augenpaare nur in sehr geringem Maße zu, die Verschmelzung solcher Bildpaare verursacht daher Anstrengung und Schmerzen. Indessen kann das Schielen auch in den Betrachtungsapparat verlegt werden, was durch Einschaltung von Prismen zwischen Auge und Bild geschieht. Dieser Fall liegt bei dem später zu besprechenden Brewsterschen Stereoskop vor. Mit dem Schielen der Augen verschwinden dann auch die von ihm herührenden starken Verzeichnungen im Gesamtbilde und es bleibt lediglich die durch den größeren Objektivabstand bewirkte etwas übertriebene Körperlichkeit übrig.

2. Die zusammengehörigen Fernpunkte haben einen **kleineren** gegenseitigen Abstand als das Augenpaar. Dieser Fehler kommt im allgemeinen seltener und meist nur in geringerem Maße vor. Seine Wirkung sei an Abb 7. erklärt, in der alle Buchstaben die gleiche Bedeutung wie in Abb. 6 haben. Dem Gegenstande  $a b c d$  entsprechen die Teilbilder  $a_2 b_2 d_2 c_2$  für das Objektiv  $O_1$  und  $a_3 b_3 d_3 c_3$  für das Objektiv  $O_2$ . Werden nun diese Teilbilder aus den Punkten  $A_1$  und  $A_2$  betrachtet, so ergibt sich auf bereits bekannte Weise das Vorstellungsbild  $a_1 b_1 c_1 d_1$ , das näher liegt, kleiner als der Gegenstand und außerdem verzerrt ist. Auch bei der Betrachtung solcher Bilder schießt das Auge, aber nach innen; die Verschmelzung der Bilder vollzieht sich verhältnismäßig leicht, denn das Schielen nach ihnen entspricht einer Augenstellung, die uns vom Betrachten naher Gegenstände her geläufig ist. Wird das Schielen durch Vergrößerung des Abstandes der Teilbilder oder ähnlich wie im vorher gehenden Falle mittels Prismen behoben, so treten auch hier die störenden Verzerrungen zum großen Teil zurück.

3. Die mit großer stereoskopischer Basis aufgenommenen Teilbilder werden im Positiv so zusammengedrückt, daß ihre zusammengehörigen Fernpunkte um den Augenabstand voneinander abstehen. Dieser Fall trifft bei allen mit erweitertem Objektivabstande gemachten Stereobildern zu, bei denen es, ihrem Zwecke entsprechend, lediglich darauf ankommt, die weite Ferne in den Bereich des räumlichen Sehvermögens unserer Augen zu bringen. Die Wirkung so beschaffener Bilder ergibt sich aus Abb. 8. Hier bedeuten wieder  $a b c d$  den Gegenstand,  $O_1$  und  $O_2$  die Objektive und  $A_1$  und  $A_2$  die Augen. Die Objektive erzeugen, entsprechend ihrem großen gegenseitigen Abstände, die gleichfalls weit voneinander abstehenden Teilbilder  $a_2 b_2 d_2 c_2$  und  $a_3 d_3 b_3 c_3$ . Rücken wir diese nun so weit aneinander, daß sie dem Augenpaare

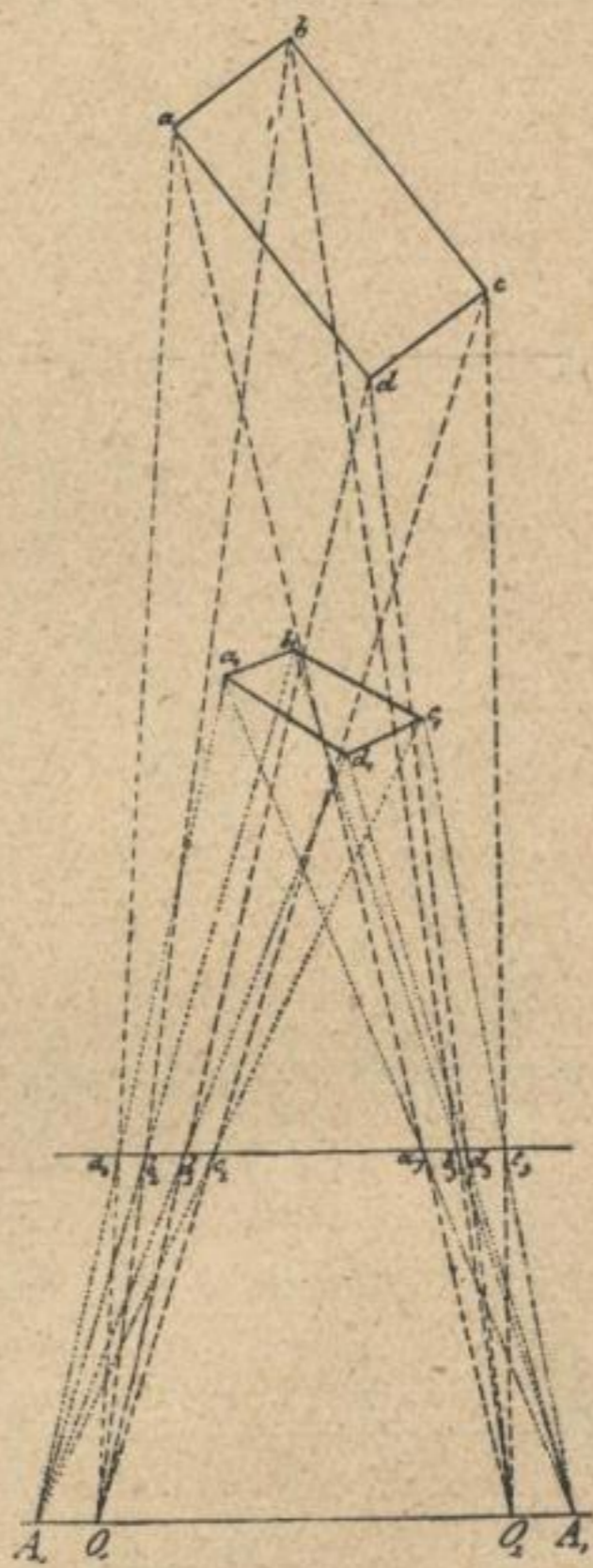


Abb. 7.

Rücken wir diese nun so weit aneinander, daß sie dem Augenpaare

zur Betrachtung bequem sind, so entsprechen ihnen die Teilbildorte  $a_2 \beta_2 \delta_2 \gamma_2$  und  $a_3 \delta_3 \beta_3 \gamma_3$ . Ziehen wir durch diese von den Augenpunkten  $A_1$  und  $A_2$  aus die entsprechenden Geraden, so erhalten wir das Vorstellungsbild  $a_1 b_1 c_1 d_1$ , das viel näher liegt und kleiner ist, als es bei richtiger Raumdarstellung sein sollte. Im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden Fällen ist es aber winkeltreu. So beschaffene Raumbilder machen auf den ersten Blick einen höchst sonderbaren Eindruck, denn der abgebildete, in Wirklichkeit vielleicht sehr mächtige Gegenstand (z. B. ein Gebirgsstock) steht im Bilde klein und winzig, aber mit ausgezeichnete Tiefenwirkung, wie ein Modell, nahe vor uns.

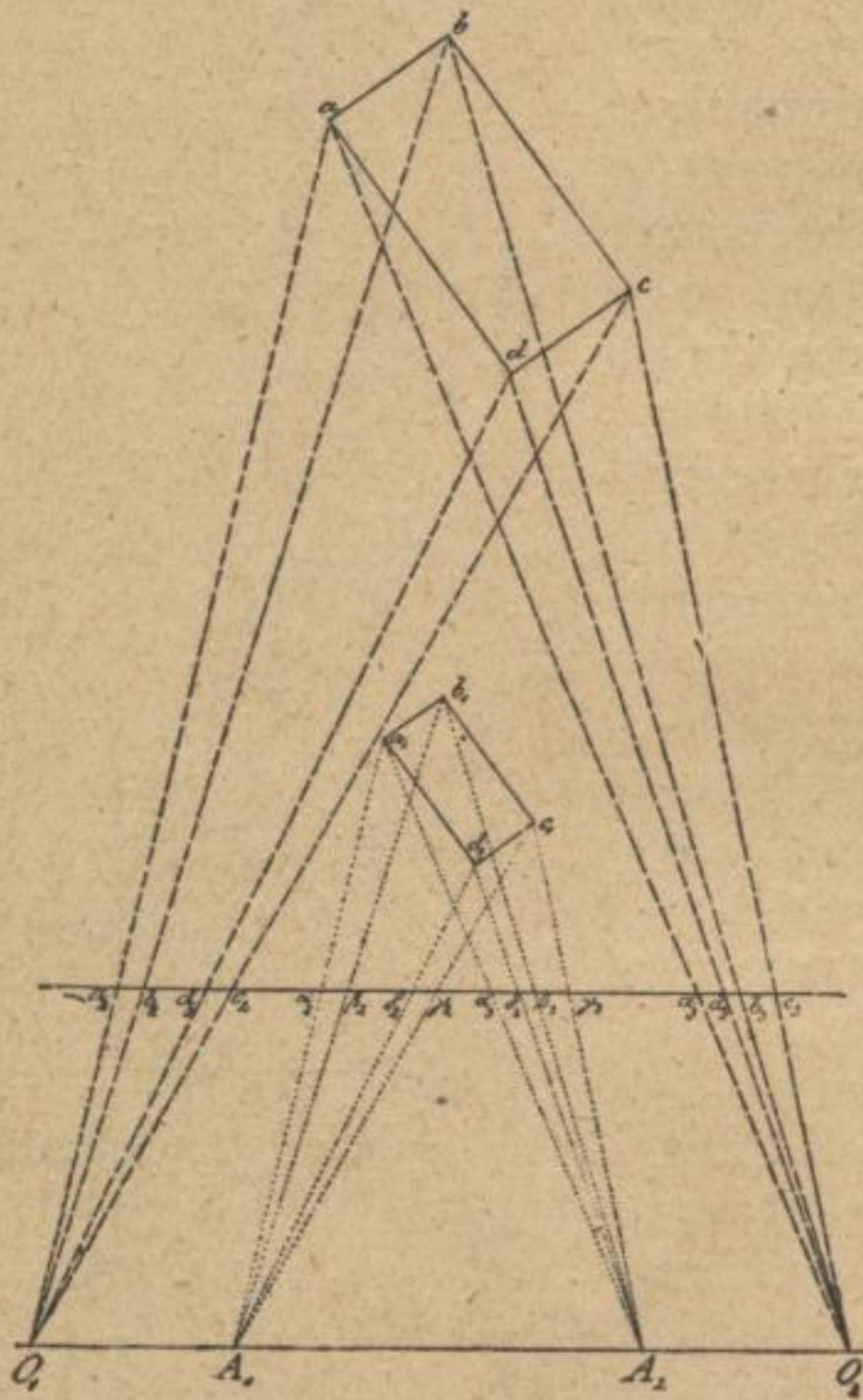


Abb. 8.

4. Die Brennweite der Linsen des Betrachtungsapparates ist von der der Objektive verschieden. Zur Erzielung der richtigen Tiefenwirkung des Raumbildes gehört es auch, daß die Teilbilder aus ihrem Abbildungsmittelpunkte betrachtet werden; es muß also das Auge vom Stereobilde den gleichen Abstand haben wie das Objektiv von der Platte. Damit aber dabei die Augen auf Unendlich eingestellt bleiben, was zur Erzielung einer richtigen Raumvorstellung gleichfalls notwendig ist, müssen die Linsen des Stereoskops eine ganz bestimmte Brennweite haben. Diese muß nämlich so bemessen sein, daß alle von einem Fernpunkt kommenden Strahlen nach dem Durchqueren der Linsen gleichgerichtet sind.

Das aber ist bei gleichzeitiger Einhaltung des Augenabstandes wieder nur dann der Fall, wenn die Brennweite der Stereoskoplinen mit der der Objektive übereinstimmt.

Wie sich Abweichungen von dieser Regel bemerkbar machen, ersehen wir aus Abb. 9. Nehmen wir an, daß der Abstand der Augen  $A_1$  und  $A_2$  von den Teilbildern nur halb so groß sei wie der der Objektive,



so ergibt sich, indem wir nach schon bekannter Weise verfahren, das Vorstellungsbild  $a_1 b_1 c_1 d_1$ , das näher liegt und kleiner und verzeichnet ist.

Das Entgegengesetzte tritt natürlich ein, wenn der Abstand der Augen vom Bilde größer ist als die Brennweite der Kameraobjektive. Für diesen Fall brauchen wir in unserer Abbildung nur  $A_1$  und  $A_2$  mit  $O_1$  und  $O_2$  zu vertauschen. Dann wird  $a_1 b_1 c_1 d_1$  zum Gegenstand und  $a b c d$  zum Bilde.

Diese beiden Arten von Fehlern liegen sehr häufig vor, nämlich immer dann, wenn Stereobilder, die mit verschiedenen Apparaten gewonnen wurden, mit einem und demselben Stereoskop betrachtet werden; die Fehler bleiben un bemerkt, besonders von dem im stereoskopischen Sehen weniger Geübten, wenn die Brennweitenunterschiede nicht sehr groß sind. Das ist ein Glück, denn die strenge Anpassung des Betrachtungsapparates an die Kamera in bezug auf die Brennweite der Linsen ist nicht leicht durchzuführen.

5. Am Betrachtungsapparat sind keine Vorkehrungen dafür getroffen, daß die Augen beim Durchblicken die günstigste Stellung einnehmen. Zur Erzielung eines einwandfreien Bildes ist auch erforderlich, daß die Augen so hinter den Linsen des Stereoskops stehen, daß ihre Achsen mit denen der Linsen zusammenfallen. Es ist zwar leicht, den günstigsten Augenort zu finden, schwerer aber, ihn bei längerer Betrachtung dauernd beizubehalten. Um das letztere gewissermaßen zu erzwingen, sind viele Stereoskope mit einem Vorbau ausgerüstet, der sich zufolge seiner Form an Stirne und Schläfen anschmiegt. Manchmal ist dieser Vorbau durch besonders gestaltete Augenmuscheln ersetzt, die den gleichen Zweck erfüllen. Der durch solche Vorrichtungen bewirkte Abschluß zwischen Auge und Stereoskop erweist sich auch gegen störendes Seitenlicht als sehr nützlich.

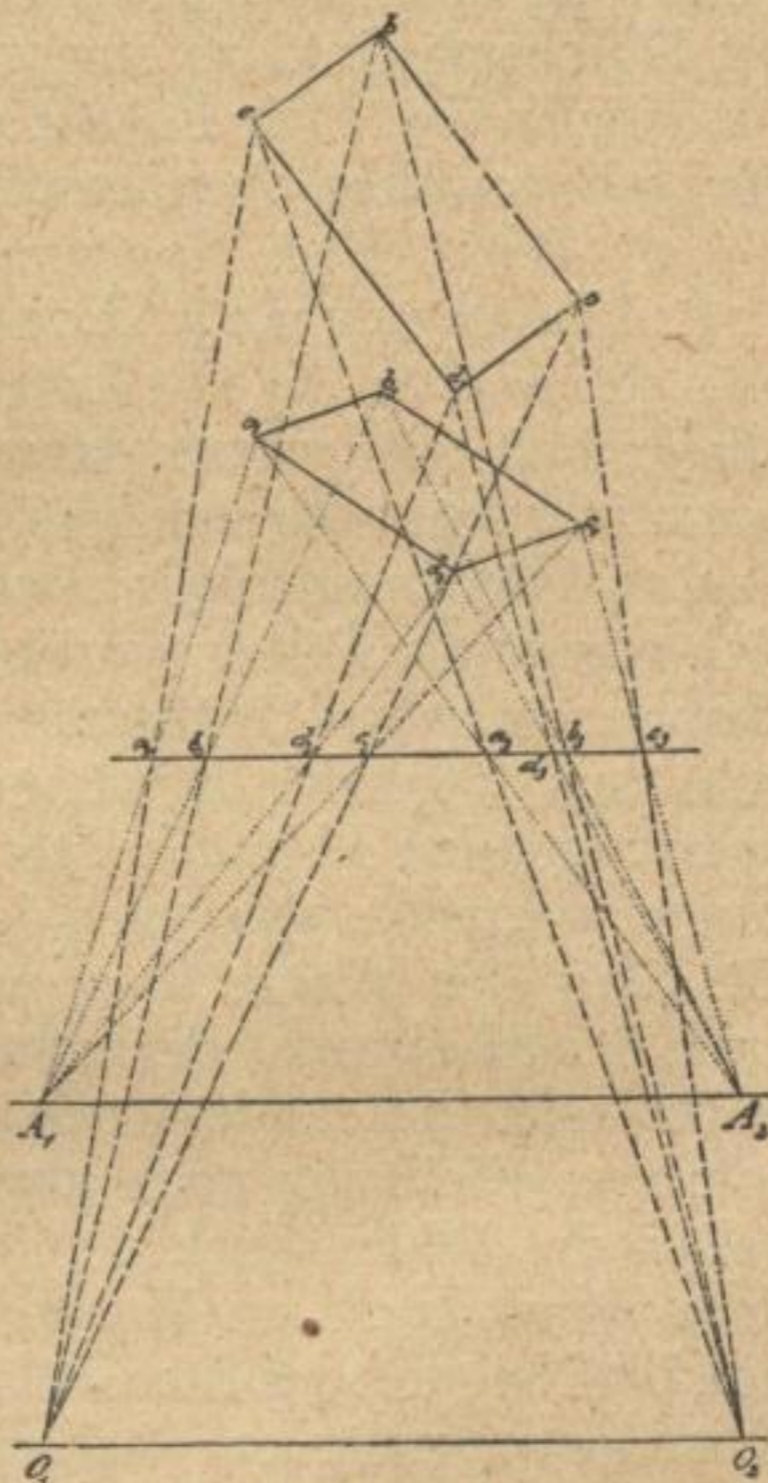


Abb. 9.

6. Falsches Licht im Stereoskop stört die Betrachtung. Dieser Fehler kann bei allen Betrachtungsapparaten vorkommen und ist bei gewissen Formen überhaupt nicht zu vermeiden. Er rührt davon her, daß bei jeder Art der Beleuchtung des Stereobildes Licht auch auf die Innenwände des Stereoskopes fällt. Die beste Abhilfe besteht in einer Blende zwischen Linse und Bild mit einem so bemessenen Ausschnitte, daß nur Licht von den Teilbildern, nicht aber auch von ihrer Umgebung in das Auge gelangen kann.

7. Die Bilder sind schlecht beleuchtet. Dieser Fehler ist eine häufige Erscheinung bei Aufsichtsbildern, während bei Durchsichtsbildern eine gleichmäßige Beleuchtung nicht schwer zu erzielen ist. Die Folgen dieses Fehlers sind die gleichen wie die der schon weiter oben besprochenen ähnlichen Fehler.

8. Bei der Betrachtung des Stereobildes ist die Neigung der Augenachsen eine andere als die der Objektive bei der Aufnahme war. Dieser Fall tritt immer dann ein, wenn das Stereoskop bei der Betrachtung entweder zur besseren Beleuchtung der Bilder oder lediglich aus Bequemlichkeit nach abwärts gehalten wird. Der daraus sich ergebende Fehler wird im allgemeinen nur von dem im stereoskopischen Sehen Geübteren erkannt, daß er aber wirklich besteht, geht aus folgender Erwägung hervor. Bei der Betrachtung der überwiegenden Mehrzahl der Gegenstände sind die Achsen unserer Augen wagrecht, also gegen den Horizont gerichtet; alle Einzelheiten, die über der Wagrechten unserer Augenachsen liegen, überragen auch den Horizont. Betrachten wir aber ein Bild, das den Horizont selbst oder ihn andeutende Linien oder Gegenstände enthält, in schräger Richtung nach abwärts, so liegen eigentlich alle Einzelheiten des Bildes, auch die den Bildhorizont überragenden, u n t e r dem w i r k l i c h e n Horizont. Das entgegengesetzte tritt natürlich bei Neigung des Stereoskops nach oben ein. Die Forderung nach Übereinstimmung der Achsenlage zwischen Kamera und Betrachtungsapparat gilt auch, wenn schon bei der Aufnahme die schräge Lage da war, ja in diesem Falle eigentlich erst recht. In solchen Fällen kommt nämlich das Auge nicht so leicht über den ungewohnten Anblick hinweg. Wird z. B. mit stark nach oben geneigter Kamera eine Gebäudeaufnahme gemacht, so haben wir als unmittelbare Folge die stürzenden Linien im Bilde, die nicht nur bei der Betrachtung mit freiem Auge, sondern auch im Stereoskop sehr stören. Neigen wir aber Stereoskop und Kopf im gleichen Maße wie die Kamera, so schwindet die störende Erscheinung und wir haben den Eindruck, als wenn wir, wie im gleichen Falle auch

in Wirklichkeit, an dem Gebäude in die Höhe schauen würden. Für Aufnahmen nach unten gilt naturgemäß ähnliches.

### Das räumliche Sehvermögen des Augenpaares und seine Prüfung.

Wir müssen noch kurz den Fall berühren, daß Stereobilder keine befriedigende Raumwahrnehmung vermitteln, auch wenn alle Bedingungen dazu erfüllt sind. Hier haben wir den Fehler im Auge selbst zu suchen. Es kommt nicht selten vor, daß beide Augen verschiedene Sehschärfe besitzen, der zufolge die Teilbilder verschieden scharf erscheinen. Die Folge davon ist genau die gleiche, wie wenn die Teilbilder selbst ungleich scharf wären. Abhilfe erfolgt durch Vorschalten eines entsprechenden Augenglases vor das fehlerhafte Auge. Das

gleiche ist auch erforderlich, wenn keines der beiden Augen normale Sehschärfe hat. Es hat überhaupt als Grundsatz zu gelten, daß der Nichtnormalsichtige bei der Betrachtung von Stereobildern sich jener Augengläser bedienen muß, die er zum Sehen in die Ferne zu benutzen pflegt.

Aber auch bei normalem Auge ist das Raumsehvermögen nicht immer gleich. Es gibt Menschen, die für Tiefenwahrnehmungen außerordentlich befähigt sind, und auch solche, die diese Fähigkeit

nur in geringem Maße besitzen. Im letzteren Falle fehlt es hauptsächlich an der Schulung des Auges. Zur Schärfung des Raumsehvermögens ebenso wie zur Erkennung etwaiger Fehler in dieser Richtung sind jedoch die gewöhnlichen Stereobilder nicht geeignet, weil sie außer den rein geometrischen Unterschieden der Teilbilder fast ausnahmslos auch noch andere Merkmale der Tiefe aufweisen, so besonders perspektivisch verlaufende Linien und die bekannten Erscheinungen der Luftwirkung, die schon für sich allein Tiefenunterschiede erkennen lassen. Will man das Raumsehvermögen des Augenpaares einwandfrei prüfen, so muß man

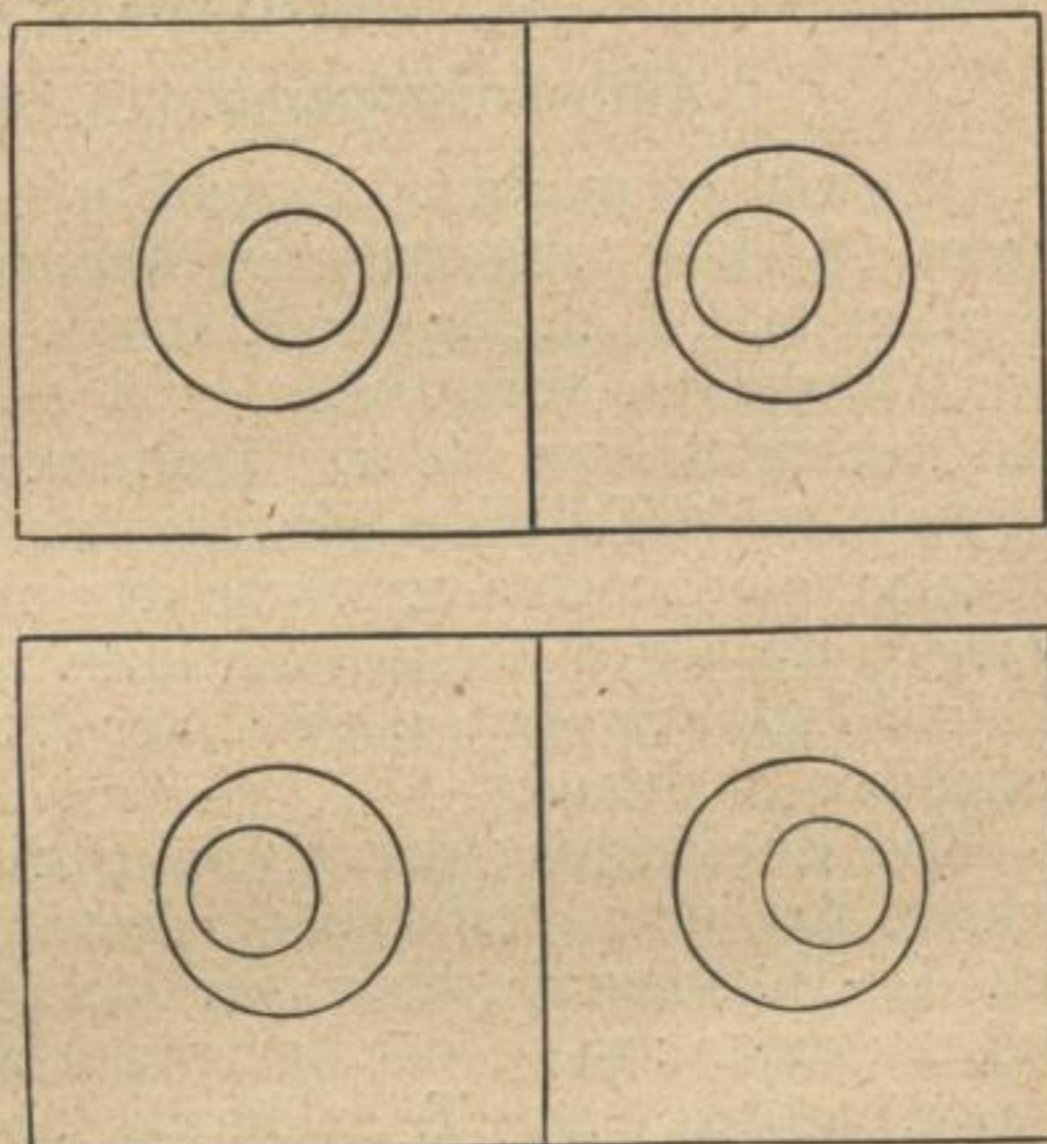


Abb. 10.

sich dazu solcher Stereobilder bedienen, deren Raumwirkung einzig und allein auf den geometrischen Unterschieden der Teilbilder beruht. Zwei Beispiele derartiger Raumbilder, doch in sehr vergrößerter Form, sehen wir in Abb. 10, wo der kleine Kreis oben vor, unten hinter dem großen Kreise liegen soll. Unvergleichlich feinere Prüfungstafeln wurden von Dr. C. Pulfrich geschaffen, auf denen unterschiedliche Zeichen (Kreise, Linien und Kreuze, dann Gebäude und Schiffe) mit den verschiedensten Tiefenunterschieden bis zu den feinsten Abstufungen angeordnet sind. Wer sich mehr mit dem Raumbilde zu befassen hat, dem sei geraten, an diesen ausgezeichneten und wohlfeilen Prüfungstafeln sein Raumsehvermögen zu prüfen und zu schärfen.

## II. Die Aufnahmebehelfe.

### Aufnahmeapparate mit zwei Objektiven.

Obwohl es möglich ist, auch mit der gewöhnlichen, nur mit einem Objektiv ausgestatteten Kamera Stereobilder herzustellen, so pflegt man doch für diesen Zweck eigens gebaute Kameras mit zwei Objektiven vorzuziehen, weil sie ganz wesentliche Vorteile und Erleichterungen bieten. Denn nur mit zwei Objektiven ist es möglich, beide Teilbilder gleichzeitig und unter ganz gleichen Bedingungen aufzunehmen. Zwar scheint dies bei Vorschaltung von Spiegeln auch mit der gewöhnlichen Kamera möglich zu sein; in Wirklichkeit aber hat auch dieser Vorgang dem gebräuchlichen gegenüber Nachteile.

Die Entwicklung der Raumbildkamera läßt anfangs ein unsicheres Tasten und erst später zielbewußte Arbeit erkennen. Bezüglich der Plattengröße hielt man sich zuerst an die Maße 13 : 18 und 12 : 16 (12 : 16,5), doch ging man bald auf die weit geeigneteren quadratischen Teilbildmaße über, wodurch die Plattengrößen 9 : 18 und 8,5 : 17 entstanden. Diese beiden Maße fanden eine außerordentlich starke Verbreitung und sie sind auch heute noch vorherrschend, wiewohl sie wegen ihres etwas zu großen gegenseitigen Abstandes der Teilbilder nicht als einwandfrei bezeichnet werden können. Der von Helmholtz zuerst aufgestellten Grundbedingung für das richtige Raumbild, nämlich, daß der gegenseitige Abstand der Objektive dem der Augen gleich sei, entsprechen andere bereits vorhandene Plattengrößen weit besser, wie wir schon aus einem früheren Abschnitte wissen.

Im äußeren Bau hat die Stereokamera im Laufe der Zeit alle Verbesserungen der gewöhnlichen Kamera mitgemacht, so daß man die bei dieser gebräuchlichen und bewährten Formen auch

bei jener wiederfindet; nur die Kameras 6 : 13 und 4,5 : 10,7 lassen zum Teil selbständige Entwicklung erkennen.

Als einfachste Form der Raumbildkamera kann eine gewöhnliche Stativkamera von der Größe 9 : 12 bis 13 : 18 angesehen werden, bei der das für gewöhnliche Aufnahmen dienende Objektiv gegen ein Objektiv *p a a r* ausgetauscht und eine Scheidewand für die Auseinanderhaltung der Teilbilder eingesetzt werden kann. Diese Kameraform kommt hauptsächlich für solche Lichtbildner in Betracht, die neben gewöhnlichen Aufnahmen gelegentlich auch stereoskopische zu machen haben. Derartige Kameras dürfen natürlich keinen sich stark verjüngenden, sondern nur einen der ganzen Länge nach ganz oder nahezu gleichweiten Balg besitzen. Heute kommt ihnen keine besondere Bedeutung mehr zu, weil es andere Bauarten gibt, die dem gleichen Zweck auf bessere Weise entsprechen.

Von dieser Kameraform, die die Stereoeinrichtung gewissermaßen nur als Zugehör besitzt, ist die eigentliche Stereokamera zu unterscheiden, die in ihrer gewöhnlichen Form nur zur Aufnahme von Raumbildern bestimmt ist. Äußerlich hat sie die Bauart der heute sehr gebräuchlichen Klappkamera mit Laufboden und wird für die Plattengrößen 9 : 14, 10 : 15, 8,5 : 17 und 9 : 18 gebaut. Bei einigen ihrer Formen ist für jedes Teilbild ein eigener Balg vorgesehen, was zwar den Vorteil hat, daß eine besondere Scheidewand entfällt, dafür aber den Nachteil, daß die Kamera für Einzelaufnahmen von der Größe der ganzen Platte nicht verwendet werden kann. Als Verschuß finden wir bei der Stereoklappkamera meist den Sektorenverschuß im Objektiv, dessen ganz gleicher Lauf für beide Objektive durch ein gemeinschaftliches Auslöse- und Bremswerk angestrebt und im allgemeinen auch erreicht wird. Als Sucher finden wir den großen Rahmensucher verwendet, der je nach den Platzverhältnissen entweder über einem der beiden Objektive oder in der Mitte zwischen beiden angebracht ist.

Bei der Stereoklappkamera ist dem Objektivteile besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Es ist klar, daß bei etwas schräger Führung des Vorderteils die Objektive von der Platte verschieden weit abstehen, was besonders bei größeren Öffnungsverhältnissen ungleiche Schärfe der Teilbilder zur Folge hat. Diese Fehlerquelle kann durch ein *doppeltes* Zahnstangengetriebe verläßlich ausgeschaltet werden.

Eine außerordentlich verläßliche Lage der Objektive verbürgt die *Stereospitzenkamera*. Als Verschuß kommt bei ihr nur der Schlitzverschuß vor der Platte in Betracht. Die Objektive haben fast ausnahmslos versenkte Fassung mit Schneckengang-

einstellung. Sowohl die Einstellvorrichtung wie auch die Blende der beiden Objektive sind durch angelenkte Stäbchen zwangsläufig miteinander verbunden, so daß nach einmaliger gegenseitiger Abstimmung der Einstellvorrichtung und der Blendenöffnung die Gewähr für ganz gleichmäßiges Arbeiten der Objektive gegeben ist. Als Sucher kommt hier hauptsächlich der große Rahmensucher in Frage, viel weniger der Newtonsucher. Der einzige Nachteil der Spreizenkamera gegenüber der Klappkamera mit Laufboden besteht darin, daß sie wegen des beschränkten Spielraumes der Objektive in der Achsenrichtung Aufnahmen aus sehr großer Nähe nicht zuläßt. Die Stereospreizenkamera ist wegen ihrer Festigkeit und schnellen Gebrauchsfertigkeit ganz besonders für Sportaufnahmen geeignet.

Bei den Stereokameras 6 : 13 und 4,5 : 10,7 begegnen wir neben den beiden beschriebenen Formen auch der Kastenform. Bei diesen beiden Bildgrößen ist die Kamera bereits so klein, daß die Zusammenlegbarkeit keine wesentliche Raumverminderung mehr mit sich bringt. Man verzichtet darum auf diesen Vorteil und tauscht dafür einen viel wertvolleren ein, nämlich den der ganz



Abb. 11.

außerordentlichen Festigkeit. Diese gewährleistet das Beste an Bildschärfe und ermöglicht so mittelbar die bei so kleinen Aufnahmen erforderliche stärkere Vergrößerung bei

der Betrachtung. Besonderer Beliebtheit erfreut sich heute die Größe 4,5 : 10,7.

Die Ausstattung dieser kleinen, in Abb. 11 dargestellten Stereokamera ist im allgemeinen folgende. Der Kamerakörper ist entweder aus Leichtmetall oder aus dünnem Stahlblech. Einstellung auf Nähe ist meistens vorgesehen. Der Verschuß ist entweder ein Sektorenverschuß oder der bei dieser Kleinheit entschieden verlässlichere, wenn auch nicht so vielseitige Schieberverschuß, bei dem, da beide Öffnungen auf einem Stahlblatt liegen, ungleiche Belichtungszeiten überhaupt nicht vorkommen können. Eine genau gleiche Einrichtung ist bezüglich der Blenden getroffen. Die geringe Zahl der verfügbaren Blenden bedeutet hier durchaus keinen erheblichen Nachteil, weil bei der kurzen Brennweite der Objektive auch großen Öffnungsverhältnissen schon eine gute

Schärfentiefe zukommt. Diese einfache Verschuß- und Blendeneinrichtung erleichtert nicht nur die Handhabung der Kamera, sondern verbilligt auch die Herstellung. Als Sucher nimmt man entweder den Newtonsucher, den kleinen Rahmensucher oder aber den zwischen beiden Objektiven ohne jede Raumvermehrung eingebauten Spiegelsucher, der hier vielleicht am empfehlenswertesten ist. Als Kassette wird vielfach die Wechselkassette verwendet.

Eine Stereokamera besonderer Form ist die mit drei Objektiven. Sie verdankt ihre Entstehung dem Bedürfnisse, mit derselben Kamera, mit der man Raumbilder aufnimmt, ohne besondere Änderung auch gewöhnliche Aufnahmen machen zu können, sie knüpft in dieser Hinsicht also an die älteste Form der Stereokamera an. Die Dreiobjektivkamera besitzt zunächst die beiden kurz-brennweitigen Objektive für Raumbildaufnahmen, dann in der Mitte zwischen ihnen ein Objektiv von längerer Brennweite, das die ganze Platte auszeichnet. Oft ist auch noch die Einrichtung getroffen, daß sich für Weitwinkelaufnahmen eines der Stereoobjektive vor die Mitte der Platte schieben läßt.

Die Verwendung dreier Objektive an einer Klappkamera mit Laufboden hat den Nachteil, daß die in die Objektive eingebauten Sektorenverschlüsse ungemein verwickelt angeordnet sind, denn zwischen den gekuppelten Verschlüssen der Stereoobjektive muß noch der Verschuß des meist größeren dritten Objektivs Platz finden. Bei der Stereospreizenkamera ist die Anbringung eines dritten Objektivs insofern leichter, als der hier einzig verwendete Schlitzverschuß vor der Platte für alle drei Objektive in gleicher Weise verwendbar ist. Hingegen ist es hier wieder nachteilig, daß die starre Auszugslänge der Kamera die Verwendung einer längeren Brennweite für das Mittelobjektiv fast ausschließt. Letzteres bietet hier also keinen wesentlichen Vorteil mehr.

Die Dreiobjektivkamera ist dann am Platze, wenn der Wechsel zwischen Stereo- und Einzelbild häufig erfolgt und die Aufnahmetätigkeit sehr lebhaft ist. Im großen und ganzen kann man aber sagen, daß es meist im Wege der nachträglichen Vergrößerung möglich ist, auch aus dem Stereoteilbilde in hinreichender Schärfe das herauszunehmen, was das größere Objektiv für die ganze Platte bietet.

Bei den Stereokameras finden sowohl Platten wie Flachfilme Verwendung; auch für den Rollfilm werden Kameras gebaut. Die Hauptvorteile der Stereo-Rollfilmkamera sind die Bequemlichkeit der Handhabung und das leichte Gewicht, ein bedeutender Nachteil aber die Unmöglichkeit der Einstellung des Bildes auf der Mattscheibe, was bei Aufnahmen mit großen Tiefenunterschieden

und ganz besonders bei Nahaufnahmen leicht zu Mißlichkeiten führt, denn gerade beim Raumbilde ist eine gut angepaßte Abstimmung der Tiefenschärfe wichtig. Weiter ist der Rollfilm — und das gleiche gilt auch vom Packfilm — für Stereoaufnahmen aus dem Grunde weniger zu empfehlen, weil man bei ihm nie die Gewähr für vollkommen ebene Lage hat; es können darum, besonders bei großen Objektivöffnungen, Stellen ungleicher Bildschärfe auftreten, was die Verschmelzung zu einem angenehm wirkenden Gesamtbilde erschwert oder verhindert.

### **Die Verwendung der gewöhnlichen Kamera für Raumbildaufnahmen**

Will man zur Herstellung eines Raumbildes die gewöhnliche Kamera verwenden, so muß man gewisse Nachteile und Unbequemlichkeiten mit in den Kauf nehmen. Das Verfahren kann ein zweifaches sein. Der eine Weg besteht darin, daß man mit Hilfe einer Spiegelanordnung am Objektiv zwei Teilbilder auf der Platte erzeugt, der andere aber darin, daß man das Objektiv an der Kamera, allenfalls das Objektiv samt der Kamera um den Betrag der stereoskopischen Basis seitlich verschiebt und so die beiden Teilbilder entweder nebeneinander auf derselben Platte oder auf zwei getrennten Platten gewinnt. Der letztere Vorgang, bei dem man hinsichtlich der Objektivverschiebung an keine Grenzen mehr gebunden ist, leitet hinüber auf das Gebiet der Telestereoskopie, mit der wir uns noch in einem späteren Abschnitt beschäftigen werden.

Raumbilder mit Hilfe von Spiegeln können auf mehrfache Art gemacht werden; hier wollen wir nur auf eine eingehen, die neben großer Einfachheit auch den Vorteil hat, geometrisch fast einwandfreie Raumbilder zu liefern. Für solche Aufnahmen sind vier Spiegel notwendig, die paarweise links und rechts vor dem Objektiv angeordnet sind. Die beiden äußeren Spiegel sind genau  $45^\circ$  gegen die Objektivachse geneigt und ihre Mitten stehen etwa 65—70 mm voneinander ab. Die vom Gegenstand kommenden Strahlen werden von ihnen aufgefangen und in der Richtung gegen die Objektivachse abgelenkt, wo sie auf ein zweites Spiegelpaar treffen, das gegen die Objektivachse etwas mehr als  $45^\circ$  geneigt ist. Die beiden letzteren Spiegel leiten nun die Strahlen durch das Objektiv und so gegen die Platte, daß hier die beiden Teilbilder unmittelbar nebeneinander und zwar gleich in der richtigen Anordnung entstehen, also das rechte Teilbild links und das linke rechts, so daß beim Kopieren das Vertauschen der Teilbilder entfällt. Die zwischen den beiden Teilbildern sonst erforderliche Scheidewand hat hier keinen Zweck. Den Strahlengang bei einer derartigen Spiegelanordnung können wir aus Abb. 12 ersehen. Zur Vermeidung



von Doppelbildern müssen die Spiegel an ihren Vorderflächen versilbert sein.

Ein sehr brauchbares Gerät dieser Art und das einzige, das sich überhaupt einführte, ist der Sterean, dessen Spiegelanordnung der eben beschriebenen gleicht. Er stellt äußerlich ein kleines Kästchen dar, das die beiden Spiegelpaare enthält und nur vorne auf das Objektiv aufgesteckt zu werden braucht, wobei man aber darauf zu achten hat, daß die wagrechten Kanten des Stereans mit jenen der Platte genau gleichlaufen.

Diese Einrichtung hat Vorteile, aber auch Nachteile. Ein großer Vorteil des Stereans ist zunächst der, daß man durch ihn jede gewöhnliche Kamera mit einem Griff in eine Raumbildkamera verwandeln kann. Aus diesem Vorteil ergibt sich der weitere, daß man gewöhnliche und Stereoaufnahmen in beliebiger Reihenfolge machen kann. Hingegen ist folgendes als Nachteil anzusehen: Weil die Raumbilder mit der gleichen Brennweite gewonnen werden müssen wie die gewöhnlichen, ist die Brennweite im Verhältnis zu den Abmessungen der Teilbilder übergroß, der ausgenutzte Bildwinkel daher klein, was die Gefahr mit sich bringt, daß gelegentlich die zur Erzeugung der Tiefenwirkung erforderlichen nahen Gegenstände nicht mehr auf die Platte fallen. Mit einiger Vorsicht beim Einstellen des Bildausschnittes kann man jedoch dieser Gefahr meist begegnen. Ein Nachteil ist es ferner, daß die beiden Teilbilder wegen der etwas schrägen Projektion geometrisch nicht genau miteinander übereinstimmen. Beide Nachteile stehen zu einander in einer gewissen Wechselbeziehung und zwar im günstigen Sinne: je länger die Brennweite, desto geringer die geometrische Ungleichheit der Teilbilder. Als dritter Nachteil muß noch angeführt werden, daß bei dieser Spiegelanordnung die Lichtstärke des Objektivs nicht immer voll und bei kleineren Blenden auch nicht immer gleichmäßig ausgenutzt wird. Trotz dieser Nachteile ist der Sterean ein sehr brauchbares und nützliches Gerät.

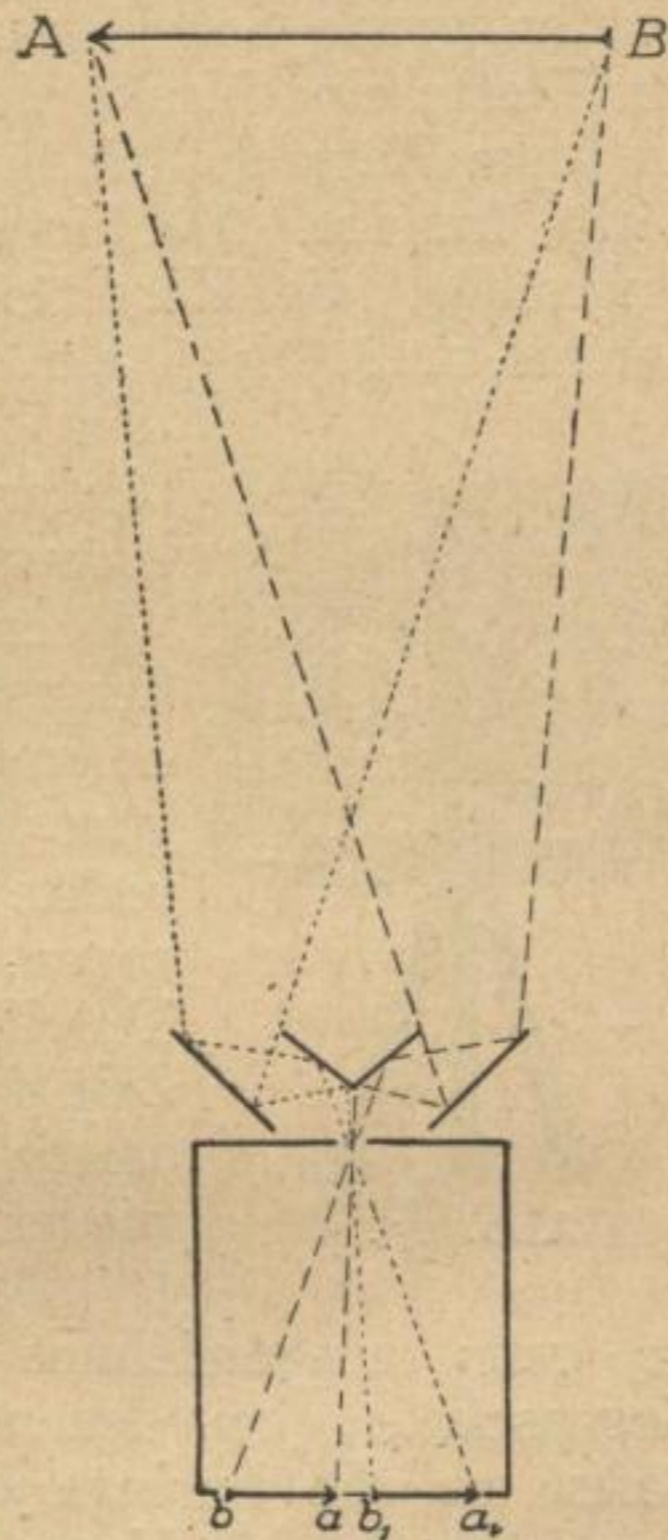


Abb. 12.

Die zweite Art der Herstellung von Raumbildern mit einem Objektiv, die seitliche Verschiebung des Objektivs oder der ganzen Kamera, bietet gleichfalls einige Vorteile, aber sie hat den großen Nachteil, daß die beiden Teilbilder nicht mehr gleichzeitig entstehen. Die erforderliche Sondereinrichtung ist höchst bescheiden: soll lediglich das Objektiv verschoben werden, so muß seine seitliche Verschiebbarkeit ein Viertel der Plattenlänge nach links und rechts, insgesamt also die halbe Plattenlänge betragen, demnach 6 cm bei 9 : 12, 7,5 cm bei 10 : 15. Damit die hier etwas schwerer anzubringende Scheidewand entfallen kann, muß unmittelbar vor der Platte eine Maske eingesetzt sein, die für die linke Aufnahme die linke Plattenhälfte, für die rechte Aufnahme die rechte Plattenhälfte freigibt. Da diese Maske zwischen den beiden Aufnahmen umgestellt, die Kassette also zu diesem Zwecke abgenommen werden muß, liegt ein unerwünscht langer Zeitraum zwischen



Abb. 13.

den beiden Teilaufnahmen. Viel empfehlenswerter ist für Kameras mit Metallkassetten die Anwendung eines eigenen Belichtungsschiebers, wie er von der Firma O. Spitzer in Berlin hergestellt wird. Dieser Schieber hat eine Ausnehmung von der Größe eines Teilbildes; ist er ganz hineingeschoben, so liegt die Platte für das rechte Teilbild frei, ist er zur Hälfte herausgezogen, für das linke. So können sich die beiden Teilbildaufnahmen in verhältnismäßig kurzer Zeit folgen. Vor Abnahme der Kassette tritt an die Stelle des Belichtungsschiebers natürlich wieder der gewöhnliche.

Das Verfahren mit verschiebbarem Objektiv ist ganz ausgezeichnet geeignet für Nahaufnahmen ruhender Gegenstände, bei denen sich bekanntlich die stereoskopische Basis an die geringe Gegenstandsweite anpassen muß. Hier braucht man bei Verwendung eines seitlich verschiebbaren Objektivs die beiden Teilbilder auf der Mattscheibe nur so einzustellen, daß der Hauptgegenstand der Darstellung auf gleiche Stellen der Teilbildflächen fällt.

Sollen die beiden Teilbilder durch Verschiebung der ganzen Kamera gewonnen werden, so ist dazu ein zwischen Kamera und Stativ einzuschaltendes, recht einfaches Zwischenstück erforderlich, das es ermöglicht, die Kamera sofort aus der einen Aufnahmestellung in die andere zu bringen. Diese Vorrichtung besteht entweder, wie aus Abb. 13 ersichtlich, in einem Schlitten, dessen äußerer Teil am Dreifuß befestigt ist, während der innere mit der Kamera

zwischen zwei Anschlägen um den Betrag des mittleren Augenabstandes verschoben werden kann. Oder sie wird aus zwei übereinander liegenden Brettchen gebildet, die durch Gelenke miteinander so verbunden sind, daß man das obere kleinere Brettchen mit der Kamera, sich selbst immer parallel bleibend, hin- und herlegen kann. Die Endstellungen des Brettchens liegen um die Augenweite voneinander ab. Diese beiden als „Stereostat“ und als „Stereobrett“ bezeichneten Vorrichtungen ermöglichen ein ziemlich rasches Arbeiten, doch verlangen sie für jedes Teilbild eine Platte. Wohl ist es auch hier möglich, beide Teilbilder auf eine Platte zu bringen, doch müssen dann diese Stereo-Zwischenstücke doppelt so großen seitlichen Spielraum haben.

Aber auch auf diese einfache Vorrichtung kann man verzichten, wenn man den ganzen Apparat samt dem Dreifuß um den Betrag der stereoskopischen Basis verschiebt und dafür Sorge trägt, daß auf beiden Teilbildern zusammengehörige Fernpunkte auf gleiche Stellen fallen. Dieser Vorgang ist aber nur für Stereoaufnahmen mit stark vergrößerter stereoskopischer Basis zu empfehlen, besonders dann, wenn beide Teilaufnahmen nicht mehr mit gemeinschaftlicher Unterlage gemacht werden können, also bei telestereoskopischen Arbeiten. Jedoch ist auch für Aufnahmen mit vergrößerter Standlinie die Stereokamera mit zwei Objektiven aus Gründen der Bequemlichkeit vorzuziehen; wie in diesem Falle die Kamera zu benutzen ist, ergibt der Arbeitsgang von selbst.

### III. Die Betrachtungsbehelfe.

Dem Stereoskop kommen zwei Aufgaben zu: die eine besteht darin, daß es jedem Auge nur das ihm zugehörige Teilbild sichtbar mache, das andere verberge, die zweite darin, die Augen in den Abbildungsmittelpunkt der Teilbilder zu bringen. Das erste ist aus uns bereits bekannten Gründen erforderlich zu Erleichterung der Verschmelzung der Teilbilder, das zweite aber ist eine der Bedingungen für das richtige räumliche Sehen. Mit diesen Forderungen ist gewissermaßen auch schon die Grundform des Stereoskopes gegeben: zwei gegeneinander abgeschlossene Räume für die Teilbilder und zwei Linsen von der Brennweite der Objektive für das Augenpaar.

Die äußere Form des Betrachtungsapparates ist verschieden, sie richtet sich nach der Beschaffenheit des Stereobildes. Sind beide Teilbilder ganz voneinander getrennt, so können sie bei der Betrachtung jede beliebige symmetrische Stellung zueinander einnehmen, wenn nur dafür gesorgt ist, daß die von zusammengehörigen

Fernpunkten kommenden Strahlen gleichlaufend in die Augen gelangen. Derartige mit Spiegeln ausgerüstete Stereoskope gab es schon vor Erfindung der Photographie; sie dienten hauptsächlich zur Betrachtung gezeichneter geometrischer Raumfiguren.

Als Raumbilder schon auf photographischem Wege hergestellt werden konnten, erwies es sich als vorteilhaft, beide Teilbildaufnahmen nebeneinander und in derselben Ebene anzuordnen und es lag nahe, es auch mit den Kopien so zu machen. In Verfolgung dieses Gedankens wurde zuerst das Linsenprismen-Stereoskop und weiterhin das eigentliche Linsenstereoskop erfunden; erst das letztere stellt einen einwandfreien Betrachtungsapparat dar. Im folgenden seien die hauptsächlichsten Formen des Stereoskops in der ungefähren Reihenfolge ihrer geschichtlichen Entwicklung kurz beschrieben.

Das Stereoskop ist von Ch. Wheatstone im Jahre 1833 erfunden, aber erst fünf Jahre später beschrieben worden. Wheatstone bediente sich zweier Spiegel, aber noch keiner Linsen, die für seine Zwecke auch nicht erforderlich waren.

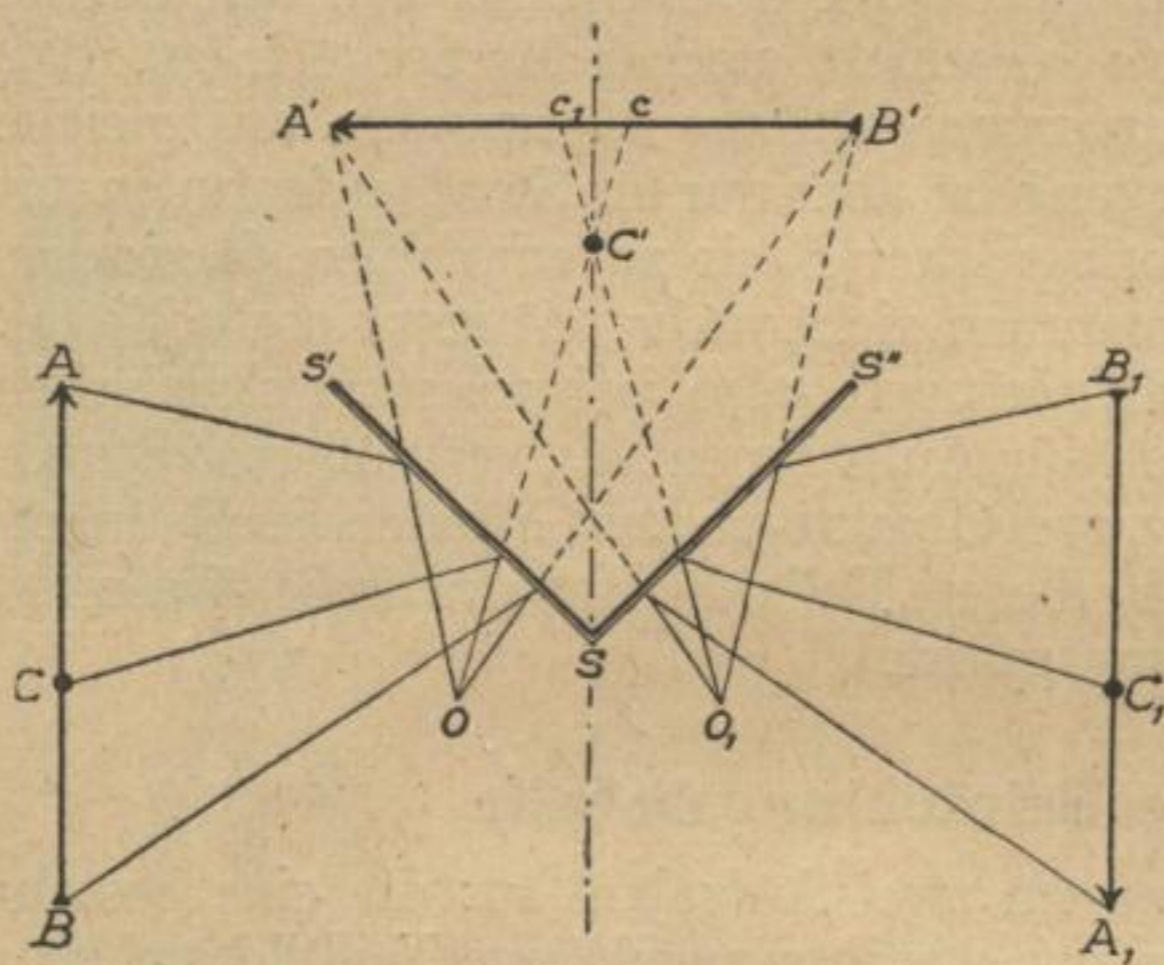


Abb. 14.

Abb. 14 stellt den Strahlengang in diesem Stereoskope dar.  $SS'$  und  $SS''$  seien zwei Spiegel, die  $90^\circ$  gegeneinander und  $45^\circ$  gegen die Augenachsen geneigt

sind. Diesen seitlich gegenüber liegen die beiden Teilbilder  $A C B$  und  $A_1 C_1 B_1$ , in denen die Teilbildpunkte  $C$  und  $C_1$  um einen gewissen Betrag parallaktisch verschoben seien. Blickt nun das Auge  $O$  gegen den Spiegel  $SS'$ , so sieht es nach dem Rückstrahlungsgesetz das Bild  $AB$  so, wie wenn es in  $A'B'$  stünde. Ganz ähnliches gilt für das Auge  $O_1$  bezüglich des Teilbildes  $A_1 B_1$ : auch hier ergibt sich ein Bild in  $A'B'$ . Beide Teilbilder fallen also in eines zusammen und werden tatsächlich auch als eines gesehen.

Anders aber verhält es sich bezüglich der Punkte  $C$  und  $C_1$ . Verfolgen wir hier den Verlauf der Strahlen vor und nach der Spiegelung, so ergibt sich, daß das linke Auge den Punkt  $C$  in der Richtung  $Oc$ , das rechte den Punkt  $C_1$  in der Richtung  $O_1 c_1$  sieht. Diese

beiden Strahlen schneiden sich im Punkte  $C'$  und hier entsteht das Vorstellungsbild des parallaktisch verschobenen Punktes;  $C'$  hebt sich räumlich von  $A' B'$  ab.

Das Wheatstonesche Spiegelstereoskop eignet sich nur zur Betrachtung von Bildern, die einen in deutlicher Sehweite gesehenen Gegenstand darstellen. Bei Bildern größerer Naturausschnitte täuscht es falsche Größenverhältnisse vor, weil mangels vergrößernder Linsen eine wichtige Bedingung zum richtigen räumlichen Sehen, die Einstellung des Auges auf Unendlich, nicht erfüllt ist. Dieses Stereoskop hat übrigens noch andere Nachteile. Da die Teilbilder gegeneinander gekehrt sind, ist es fast unmöglich, sie gleichmäßig zu beleuchten, ein Umstand, der durch den kastenförmigen Bau noch verschärft wird. Ein weiterer Nachteil ist die Größe; die Länge des Apparates ist gegeben durch den gegenseitigen Abstand der Bilder und dieser beträgt, wie aus der Abbildung hervorgeht, fast das Doppelte der deutlichen Sehweite, demnach ungefähr ein halbes Meter.

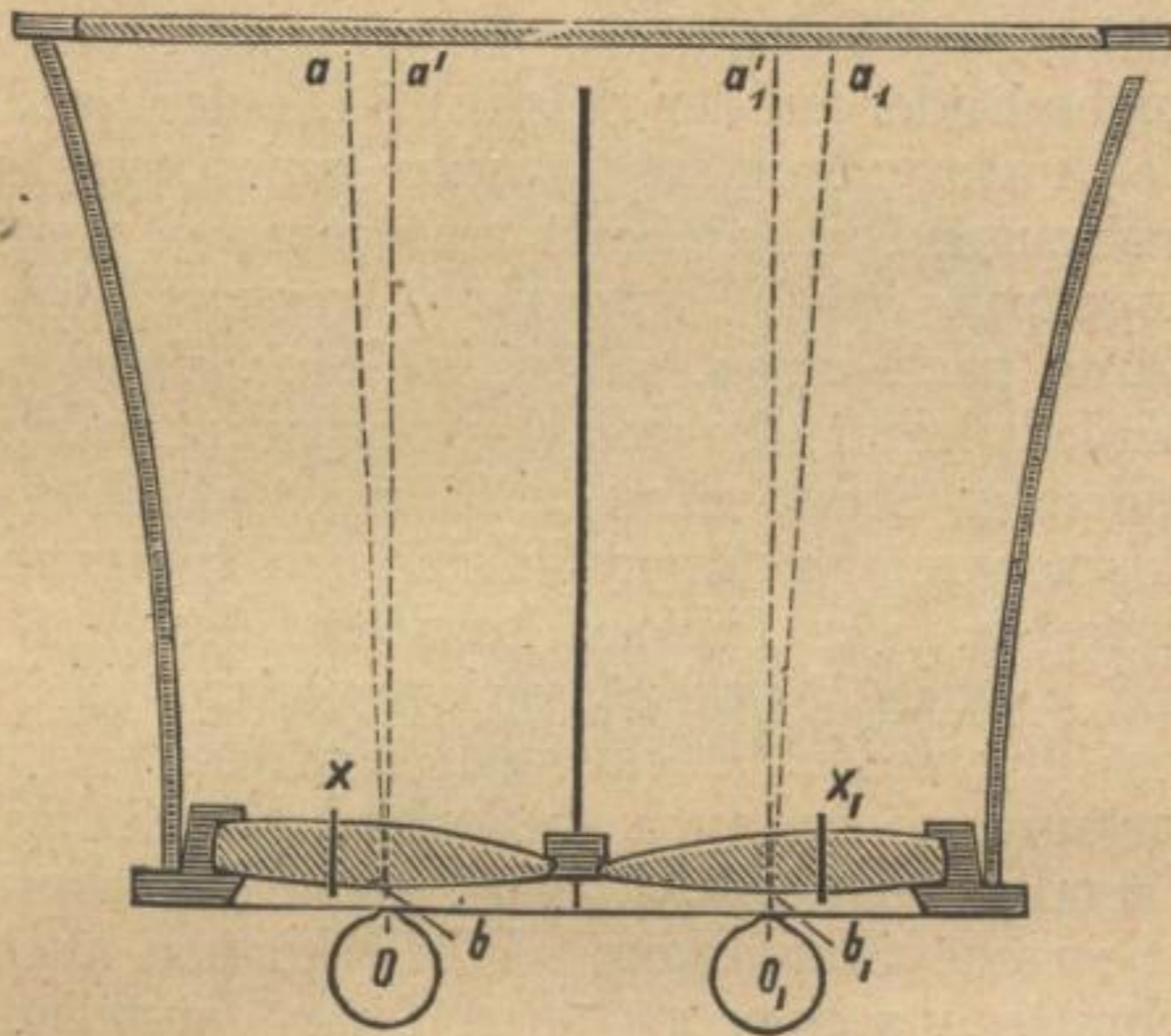


Abb. 15.

Das Spiegelstereoskop hat, obwohl es bald durch bessere Behelfe überholt wurde, seine Bedeutung doch nicht verloren. Gegen alle seine Nachfolger hat es den unbestrittenen Vorteil, daß man bei ihm Teilbilder beliebiger Größe verwenden kann. Das ist eine wertvolle Eigenschaft bei Bildern mit großem Abbildungsmaßstabe. Es ist darum der alte Gedanke in neuester Zeit wieder aufgenommen worden. So hat die Firma C. Zeiß ein Prismenstereoskop gebaut, das vom Spiegelstereoskop ausgeht, aber wesentliche Verbesserungen aufweist, so daß es alle Bedingungen für das richtige räumliche Sehen erfüllt. Das Zeißsche Prismenstereoskop hat besonders im Kriege für Aufklärungszwecke ausgezeichnete Dienste geleistet.

Zehn Jahre nach der Erfindung des Spiegelstereoskops trat D. Brewster mit einer neuen Form des Stereoskops hervor,

die es ermöglichte, die beiden Teilbilder unmittelbar nebeneinander und in der gleichen Ebene, also auf einer gemeinschaftlichen Unterlage anzuordnen, was zweifellos einen Fortschritt bedeutete.

Abb. 15 gibt einen wagrechten Durchschnitt durch ein Brewster'sches Stereoskop. Wir sehen ein Kästchen von etwas konischer Form, das in der Ebene  $aa'a_1a_1$  eine Mattscheibe besitzt. An der Gegenseite sind zwei größere positive Linsen angebracht, die zur Betrachtung des auf die Mattscheibe aufgelegten Bildes dienen. Aber diese Linsen sind nicht gewöhnlicher Art, sondern bilden nur einen seitlichen Ausschnitt aus Linsen von größerem Durchmesser. Diese auf den ersten Anblick befremdende Linsenform hat folgenden Zweck. Unmittelbar vor der Mattscheibe denken wir uns das Stereobild, auf dem  $aa_1$  der Abstand zweier zusammengehöriger Fernpunkte und etwas größer sei als der Abstand der beiden Augen  $O$  und  $O_1$ . Damit von diesen Fernpunkten in beiden Augen Bilder auf der gleichen Stelle der Netzhaut entstehen, müßten die Augenachsen auseinander laufen, was jedoch unbequem und anstrengend wäre. Setzt man nun zwischen das Stereobild und das Augenpaar zwei Prismen mit geringer Ablenkung, die brechende Kante nach innen, so ist es durch richtige Wahl des brechenden Winkels leicht, die von den Fernpunkten  $a$  und  $a_1$  gegen das Auge laufenden Strahlen so zu führen, daß sie nach dem Verlassen der Prismen unter sich parallel sind und in diesem Zustande in die Augen eintreten. Die Prismen bewirken also, daß die Fernpunkte von  $a$  und  $a_1$  nach  $a'$  und  $a'_1$  verlegt und so den Augen genau gegenüber gestellt werden. Gibt man den Prismen nun noch eine Linsenwirkung, so ist auch die erforderliche Einstellung des Auges auf Unendlich ermöglicht. Und solche Linsenprismen hat das Brewster'sche Stereoskop. Wir erkennen auch sofort, daß sie Ausschnitte aus einer größeren Linse darstellen, deren Achse für das linke Auge bei  $X$ , für das rechte bei  $X_1$  liegt. Durch Änderung des gegenseitigen Abstandes der Linsenprismen ist es möglich, Unterschiede in den Fernpunktständen innerhalb mäßiger Grenzen auszugleichen. Abb. 16 zeigt eine körperliche Ansicht des Brewster'schen Stereoskops von der Augenseite her. Der aufgeklappte, mit einem Spiegel versehene Deckel dient bei Aufsichtsbildern zur Beleuchtung.

Das Brewster'sche Stereoskop hat eine ganz außerordentliche Verbreitung gefunden und ist auch heute noch viel in Verwendung. Wie schon früher einmal erwähnt, hat sich bald nach Erfindung des photographischen Raumbildes die Gepflogenheit eingebürgert, die Aufnahmen auf Platten von der Größe  $8,5 : 17$  und  $9 : 18$  cm zu machen, was eine über den Augenabstand hinausgehende stereo-

skopische Basis mit sich bringt. Es war ein Leichtes, die Linsenprismen des Brewsterschen Betrachtungsapparates so abzustimmen, daß der übergroße Fernpunktstand der Bilder auf das richtige Maß verkleinert wurde. Damit hielt man die Unstimmigkeit zwischen Auge und Bild für behoben. Erst später lernte man die immer noch vorhandenen Fehler kennen, aber die Industrie hatte sich inzwischen schon so fest auf das Stereobild mit  $8\frac{1}{2}$  bis 9 cm Fernpunktstand eingestellt, daß die berechtigten Einwände dagegen nichts mehr nützten. Tatsächlich werden auch heute noch die käuflichen Stereobilder vielfach mit diesem übergroßen Fernpunktstand hergestellt und zu ihrer Betrachtung das Brewstersche Stereoskop in den verschiedensten Formen und Ausstattungen gebaut. Erfreulicherweise ist aber seit einiger Zeit doch das Streben

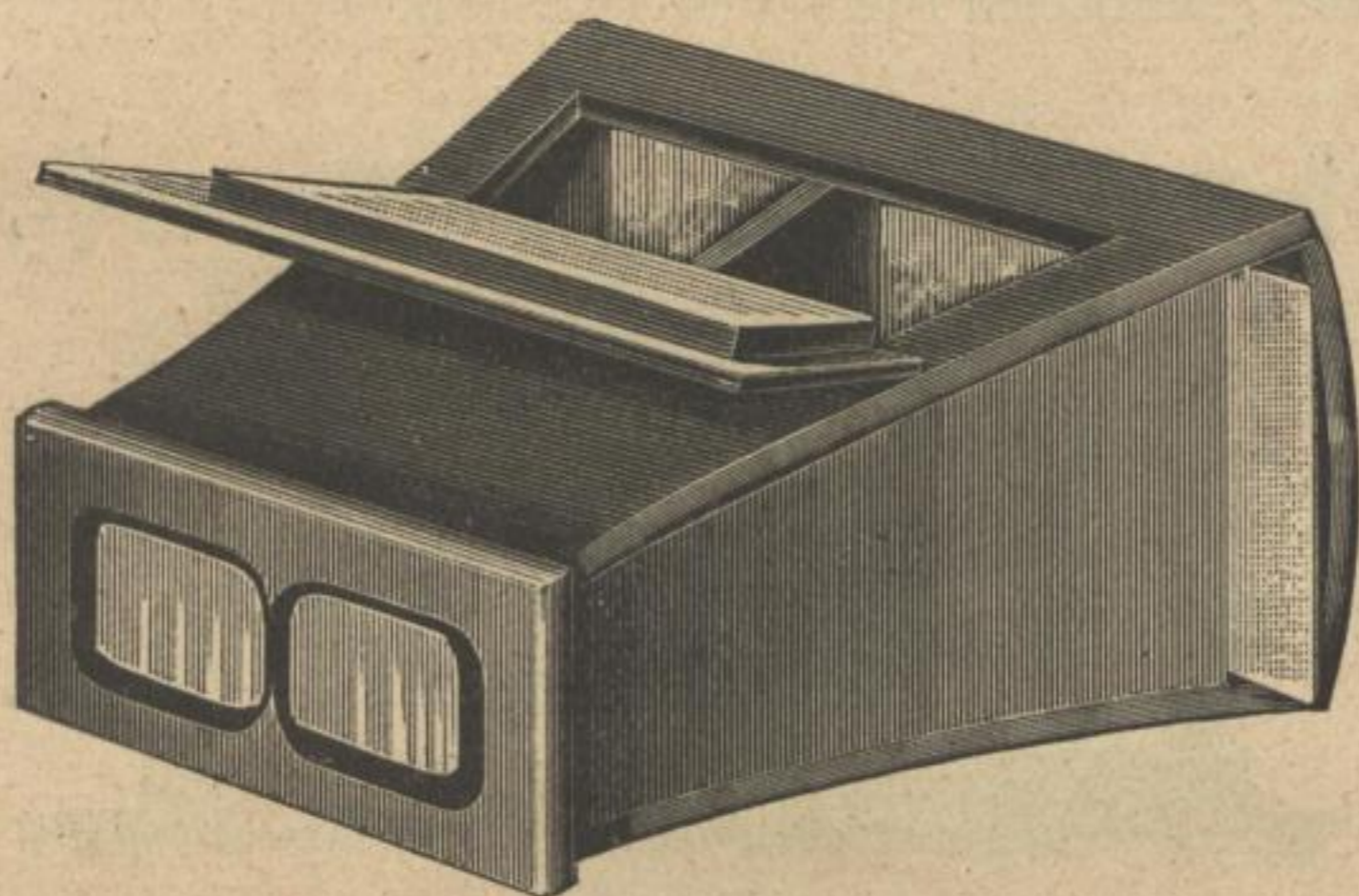


Abb. 16.

zu erkennen, vom alten Irrtum abzugehen. Unter den Firmen, die bei der Erzeugung von Aufnahme- und Betrachtungsapparaten sich ausschließlich des richtigen Bildabstandes bedienen, ist die „Stereo-Indupor-Gesellschaft“ in Frankfurt a. M. hervorzuheben.

Einen Betrachtungsapparat, der wirklich einwandfreie Raumbilder liefert, hat erst Helmholtz angegeben. Mit den von ihm aufgestellten Bedingungen für das Zustandekommen eines richtigen Raumbildes haben wir uns schon früher befaßt. Für den Betrachtungsapparat gipfeln sie in der Forderung, daß der Fernpunktstand der Teilbilder dem Augenabstande gleich sei und daß die Linsen des Stereoskops die gleiche Brennweite haben wie die Objektive, mit denen die Teilbilder gewonnen wurden. Das Helmholtzsche

Stereoskop entspricht diesen Ansprüchen. Abb. 17 stellt es im Schmitte dar.  $AA$  bedeutet die Mattscheibe, auf die das Stereobild gelegt wird,  $B$  und  $B_1$  die beiden Betrachtungslinsen in der Form aplanatischer Lupen, deren gegenseitiger Abstand sich mittels der Schrauben  $C$  und  $C_1$  auf den Augenabstand einstellen läßt. Äußerlich gleicht das Helmholtzsche Stereoskop fast ganz dem Brewsterschen; auch die erforderliche Spiegelklappe ist vorhanden.

Damit dieses Linsenstereoskop zu verschiedenen Objektivbrennweiten paßt, muß die Brennweite der Betrachtungslinse veränderlich sein, was auswechselbare Linsen voraussetzt. Eine Verbesserung in diesem Sinne gab Stolze in seinem „Orthostereoskop“, das mit mehreren Linsenpaaren ausgerüstet ist, die je nach der geforderten Brennweite einzeln oder in Gruppen benützt

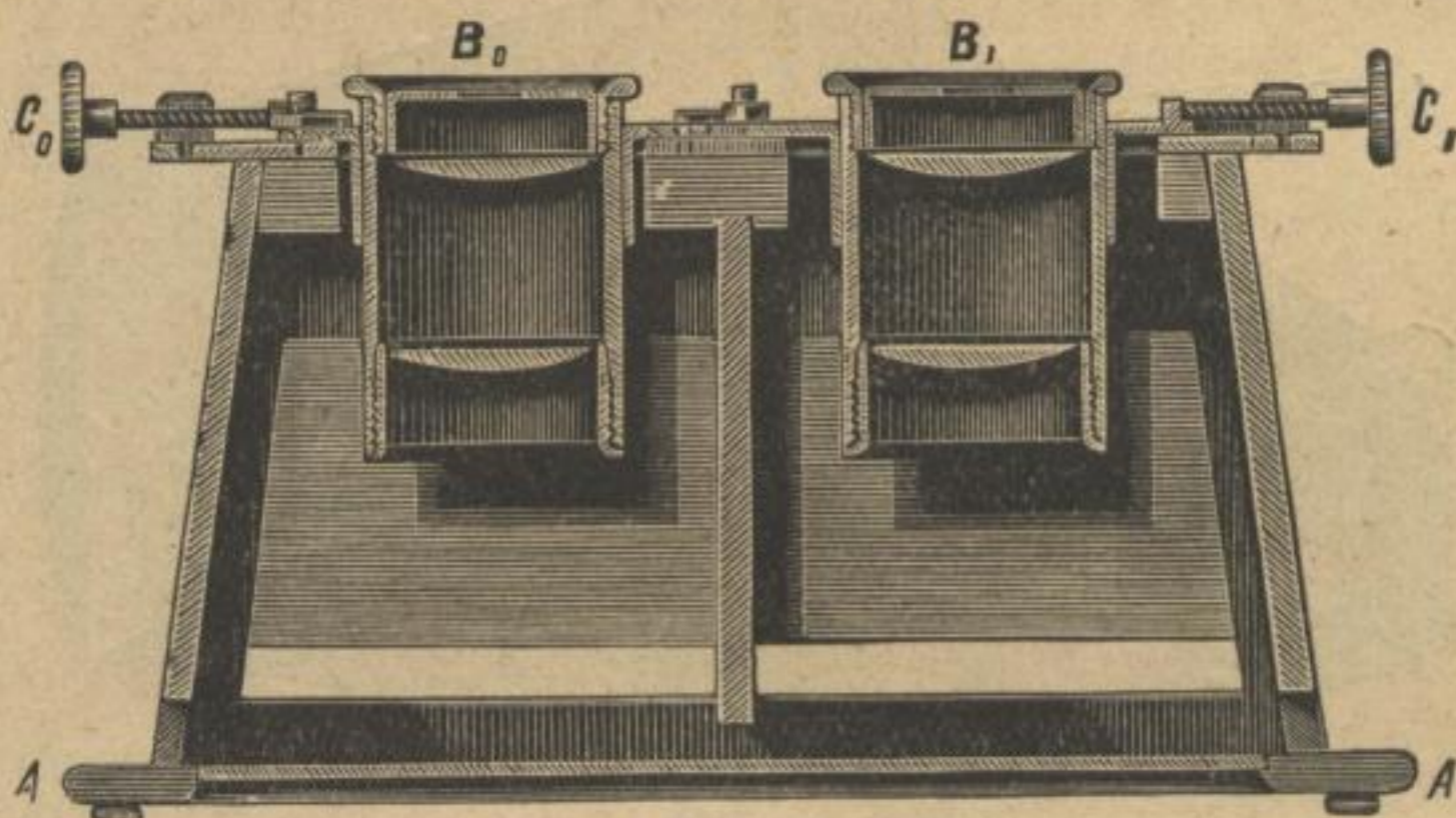


Abb. 17.

werden können. Als weitere Neuerung führte er zwischen Betrachtungslinse und Bild einen Blendrahmen ein, dessen Aufgabe es ist, das Bild aus seiner unmittelbaren, fast immer störenden Umgebung gewissermaßen herauszuschälen. Diese Blende ist so eingerichtet, daß die beiden Öffnungen nicht nur im Apparat, sondern auch bei der Betrachtung räumlich über dem Bilde liegen. Für die Erzielung dieser Wirkung ist nicht allein der Ort der Blende, sondern vor allem ihre seitliche Begrenzung maßgebend.

Mit dem Stolzeschen Orthostereoskop hat der Betrachtungsapparat eigentlich die höchste Stufe der Vollkommenheit erreicht; was nach ihm kam, weist wohl noch einige Verbesserungen hinsichtlich der optischen Leistung der Linsen auf, aber von der Abstimbarkeit der Brennweite und der Zwischenblende hat



man vielfach wieder Abstand genommen; bei der Anpruchslosigkeit der Käufer hielt man diese verteuernenden Zutaten nicht für dringend erforderlich.

Einen Betrachtungsapparat eigener Art bildet das Zeiß-Stereoskop (Abb. 18). Es lehnt sich im wesentlichen an das Helmholtzsche Linsenstereoskop an. Die Betrachtungslinsen sind vollkommen verzeichnungsfreie Verantlinsen, deren gegenseitiger Abstand durch eine Drehbewegung der Augenmuscheln nach Bedarf geändert und an einer über der rechten Augenlinse angebrachten Teilung abgelesen oder von vornherein eingestellt werden kann. Eine Millimeterteilung am oberen Rande des Bildrahmens ermöglicht die Ermittlung des Fernpunktabstandes oder bei getrennten Teilbildern dessen Einstellung. Die Stereobilder, ob Aufsichts- oder Durchsichtsbilder, werden auf dem Bildrahmen

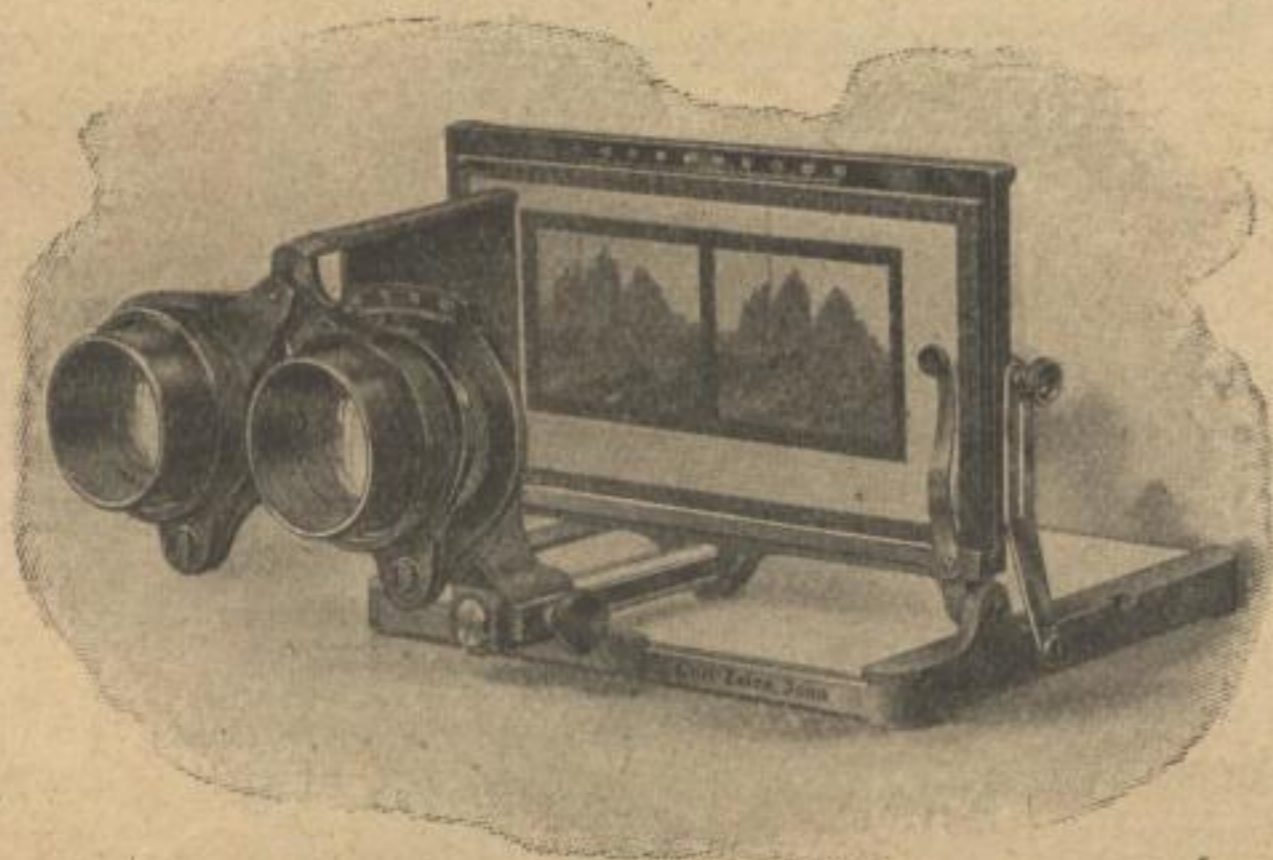


Abb. 18.

durch Druckfedern festgehalten. Das ganze Stereoskop läßt sich über seiner Unterlage beliebig neigen: in schräger Lage besorgt ein in die Unterlage eingeschobenes weißes Kartonblatt die Durchleuchtung der Glasbilder.

Das Zeiß-Stereoskop ist auch insofern von besonderer Bedeutung, als es den Übergang vom reinen Betrachtungsapparat zum Meßapparat darstellt. Zu einem solchen wird es nämlich, wie Abb. 19 zeigt, durch bloßes Auflegen des Stereomikrometers. Wir sehen hier von oben zwei Zeiger in die Teilbilder hineinragen, die um meßbare Beträge gegeneinander beweglich sind. Bei der Betrachtung des Stereobildes sieht man an Stelle der zwei Zeiger nur einen, der auf das Auge zu oder von ihm weg wandert, je nachdem der gegenseitige Abstand der Zeiger über den

Teilbildern verkleinert oder vergrößert wird. Mit Hilfe dieser sogenannten „wandernden Marke“ kann man das Raumbild der Tiefe nach abtasten und die Entfernung von Gegenständen, die im Bereiche des räumlichen Sehens liegen, unmittelbar messen. Abb. 20 stellt

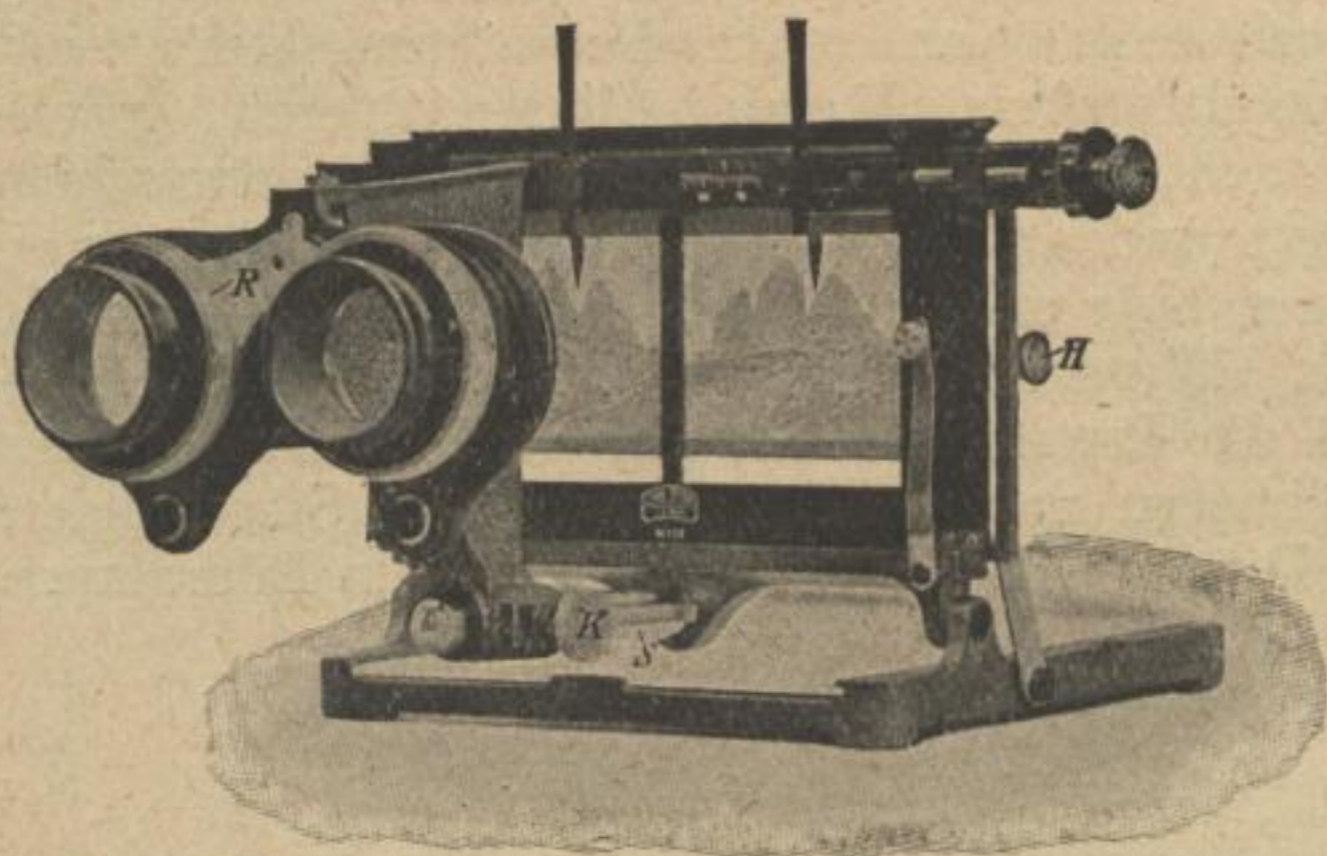


Abb. 19.

den gleichen Apparat dar, jedoch mit der Pulfrichschen Prüfungstafel. (Vergl. S. 32.)

Eines Betrachtungsapparates ganz eigener Art müssen wir noch kurz gedenken. Wenn wir ein gewöhnliches Stereobild für sich allein in angemessener Entfernung vom

Auge halten, so gelingt es unschwer, durch Schielen nach innen Doppelbilder des Stereoskopbildes zu erzeugen. Treiben wir das Schielen so weit, daß sich das linke Teilbild des vom rechten Auge gesehenen Stereobildes mit dem rechten Teilbilde des vom linken Auge gesehenen deckt, so erhalten wir gleichfalls ein räumlich wirkendes Bild, aber die stereoskopische Wirkung ist verkehrt, was in der falschen Anordnung der Teilbilder seinen Grund hat. Bei dieser Art der Betrachtung ergeben nur Stereobilder mit unvertauschten Teilbildern eine stereoskopische Wirkung im richtigen Sinne.

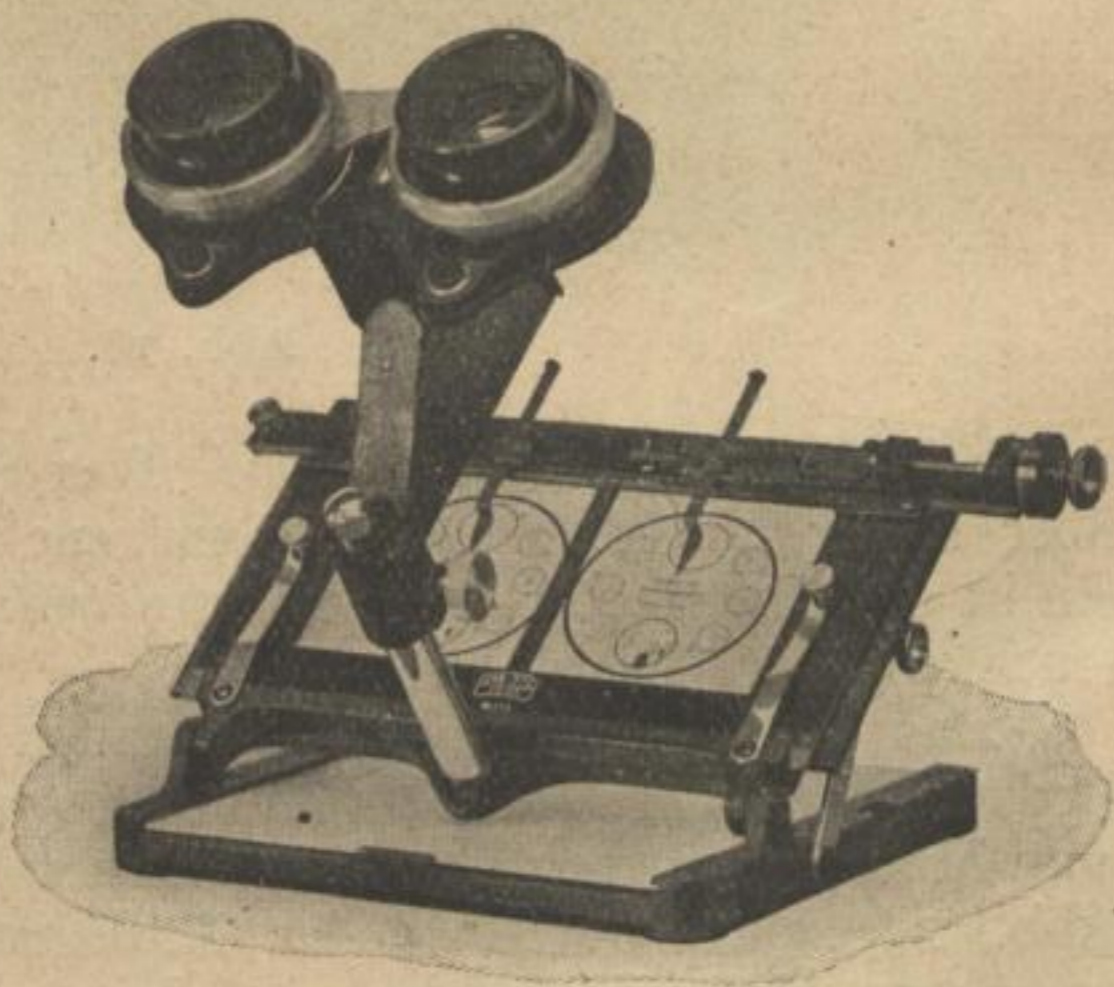


Abb. 20.

Auf der eben beschriebenen Erscheinung beruht das Steinhauersche Stereoskop, dessen Wirkungsweise aus Abb. 21 zu ersehen ist. Hier stelle  $ab$  das linke,  $ab_1$  das rechte Teil-

bild dar; in  $O$  befinde sich das linke, in  $O_1$  das rechte Auge. Durch die in Doppelpyramidenform angeordneten Wände ist Vorsorge getroffen, daß jedes Auge nur das ihm zugehörige Teilbild sehen kann. Die von  $a$  und  $b$  nach  $O$  laufenden Strahlen schneiden sich mit den von  $b_1$  und  $a$  nach  $O_1$  laufenden in  $e$  und  $e_1$ . An dieser Stelle tritt die Verschmelzung der beiden Teilbilder zum räumlich wirkenden Gesamtbilde ein. Diesem Betrachtungsapparat haftet vor allem der Nachteil an, daß das Vorstellungsbild vor den Teilbildern statt hinter ihnen entsteht, wodurch es fast zwerghaft erscheint. Ein weiterer Nachteil ist auch der, daß die Augenachsen so stark gegeneinander geneigt sein müssen, wie es die Betrachtung eines sehr nahen Gegenstandes erfordert, während die Einstellung des Auges hinsichtlich scharfer Abbildung für einen größeren Abstand erfolgt. Dieser Widerstreit der Einstellungen bringt Schwierigkeiten in der Betrachtung mit sich. Dieses Stereoskop hat aber andererseits wieder den Vorteil, daß man mit ihm große stereoskopische Wandtafeln ebenso betrachten kann wie Stereobilder mit kleinem Teilbildabstand. Der Steinhäuser'sche Apparat hat sich begreiflicherweise wenig Freunde erworben; für eine allgemeine Verwendung war er vom Erfinder auch gar nicht gedacht.

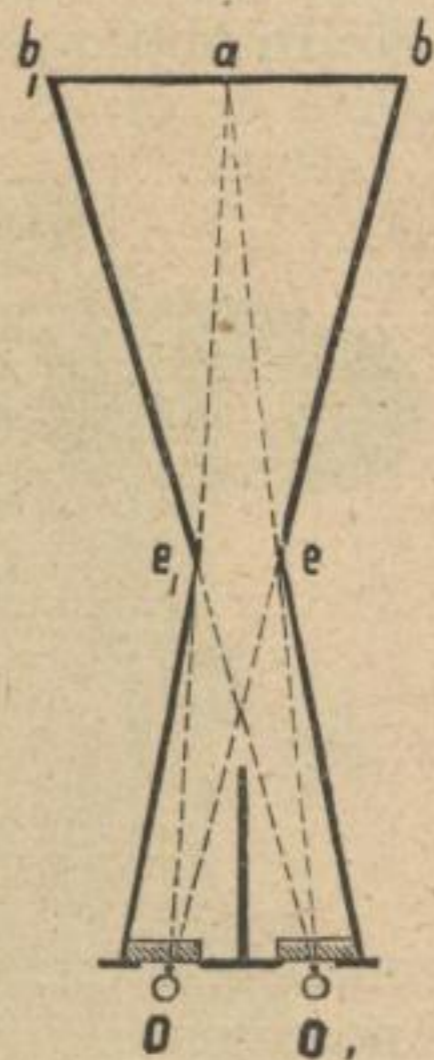


Abb. 21.

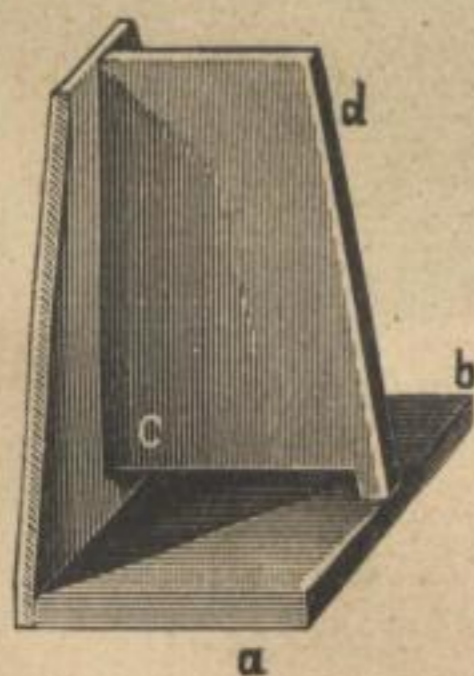


Abb. 22.

Von dieser Art des räumlichen Sehens ist jene zu unterscheiden, bei der das freie Auge mit gleichgerichteten Achsen blickt. Hier wird vom rechten Auge das rechte, vom linken Auge das linke Teilbild betrachtet, wobei ein in der Tiefenwirkung zwar richtiges, in der Größenwirkung aber falsches Raumbild entsteht. Die Erlernung dieser Art des Raumsehens ist nicht ganz leicht, weil das Augenpaar bezüglich der Sehrichtung auf Unendlich, bezüglich der Sehstärke aber auf Nahe eingestellt ist; außerdem stört das in jedem Auge erscheinende zweite Teilbild. Hat man sich aber einmal in diese Art des Schauens hineingefunden, so gelingt

weiterhin die Vereinigung der Teilbilder ziemlich leicht, und es gibt auch tatsächlich viele Menschen, die Stereobilder auch ohne Stereoskop räumlich zu sehen imstande sind. Zur Erlernung kann

ein Gerät von der Art der Abb. 22 dienen, das keine andere Aufgabe hat, als das störende zweite Teilbild unsichtbar zu machen.

Zum Schlusse dieses Abschnittes seien einige heute besonders gebräuchliche Formen des stereoskopischen Betrachtungsapparates angeführt, die alle entweder auf der Brewsterschen oder der Helmholtzschen Grundform beruhen.

In Abb. 23 erkennen wir sofort das Brewstersche Stereoskop in einfachster Form und billigster Ausstattung; es dient nur zum Betrachten von Aufsichtsbildern. Der Bildträger besteht aus einer hölzernen Querleiste mit Drahtbügeln, in die das zu betrachtende Bild eingeschoben wird. Der Bildträger ist auf einer Holzschiene verschiebbar und feststellbar. Der Augenteil ist mit einem sich an Stirne und Schläfen anschließenden Vorbau versehen, der das Augenpaar gegen das Stereoskop ausrichtet und gleichzeitig auch gegen störenden seitlichen Lichteinfall schützt. Ein umlegbarer Handgriff dient zum Halten des Apparates.

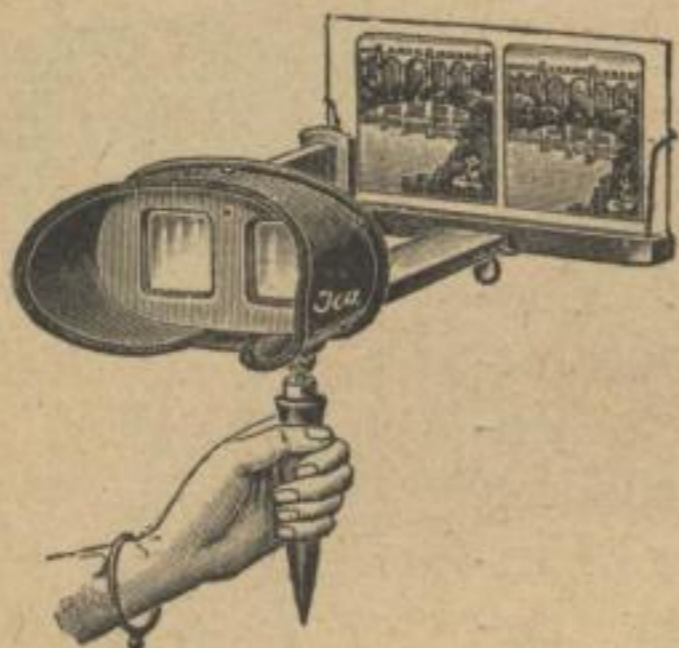


Abb. 23.

einfall schützt. Ein umlegbarer Handgriff dient zum Halten des Apparates.

In Abb. 24, dem Ica-Orthostereoskop, haben wir das Helmholtzsche Linsenstereoskop mit der Stolzeschen Blende vor uns. Dieser Apparat weist neben der Einstellbarkeit des Bildes auch Verstellbarkeit des gegenseitigen Linsenabstandes sowie der Blende auf; er ist für Aufsichtsbilder und für Durchsichtsbilder in gleicher Weise geeignet.

Sind viele Glas-Stereobilder nacheinander zu betrachten, so ist das sich wiederholende Einlegen und Herausnehmen der Bilder lästig und stört den Genuß. Man hat darum für größere zusammenhängende Bilderreihen eigene Betrachtungskästen gebaut, die außer dem Betrachtungsbehelf selbst auch alle Bilder enthalten. Durch sinnreiche Getriebe werden diese entweder durch Drehen eines Knopfes oder durch Betätigung eines Hebels vor die Betrachtungslinsen gebracht und hier in genau richtiger Lage festgehalten. Auf diese Weise können ohne Unterbrechung recht große Bilderreihen besichtigt werden. Einen sehr hohen Grad der Voll-



Abb. 24.

kommenheit weisen die Betrachtungskästen für die Plattengröße 4,5 : 10,7 auf. Wegen ihrer Kleinheit bedürfen Bilder dieser Größe einer besonders zarten Behandlung und es erweist sich darum als Vorteil, daß man nicht jedes einzelne Bild in die Hand nehmen muß. Ebenso wie die Kameras dieser Größe sind auch die dazu gehörigen Betrachtungskästen aus Frankreich gekommen; heute werden sie auch von der deutschen Industrie in einwandfreier Beschaffenheit erzeugt. In Abb. 25 sehen wir einen solchen Betrachtungsapparat für die Bildgröße 4,5 : 10,7.

Da bei Verwendung solcher Betrachtungskästen die Bilder mit der Hand überhaupt nicht berührt zu werden brauchen, ist es auch nicht erforderlich, sie mit Deckgläsern zu versehen, was eine wesentliche Verminderung des Arbeitsaufwandes bedeutet.

#### IV. Das negative Bild.

Der Arbeitsgang ist bei der Aufnahme eines Raumbildes nicht wesentlich anders als bei der eines gewöhnlichen. In beiden Fällen gilt es, Negative zu gewinnen, die zur Herstellung des positiven Bildes geeignet sind, also die entsprechende Deckung in den Lichtern und noch genügend Einzelheiten in den Schatten aufweisen. Auch die feinere Abstufung des Negativs richtet sich nicht so sehr nach dem Zweck der Aufnahme als nach der Eigenart des gewählten Kopierverfahrens, und die allgemeine Regel, für härtere Kopierverfahren weichere Negative und umgekehrt herzustellen, behält auch für das Stereobild ihre Richtigkeit. Indessen gibt es doch einige Punkte, in denen der Vorgang bei der Aufnahme eines Raumbildes von dem bei der gewöhnlichen Aufnahme abweicht.

Beginnen wir zunächst mit der *Einstellung*. Bei einer gewöhnlichen Aufnahme trachtet man im allgemeinen darnach, die Bildschärfe über das ganze Bild auszudehnen, besonders dann wenn jeder Bildteil von Bedeutung ist, wie etwa bei Gebäude-

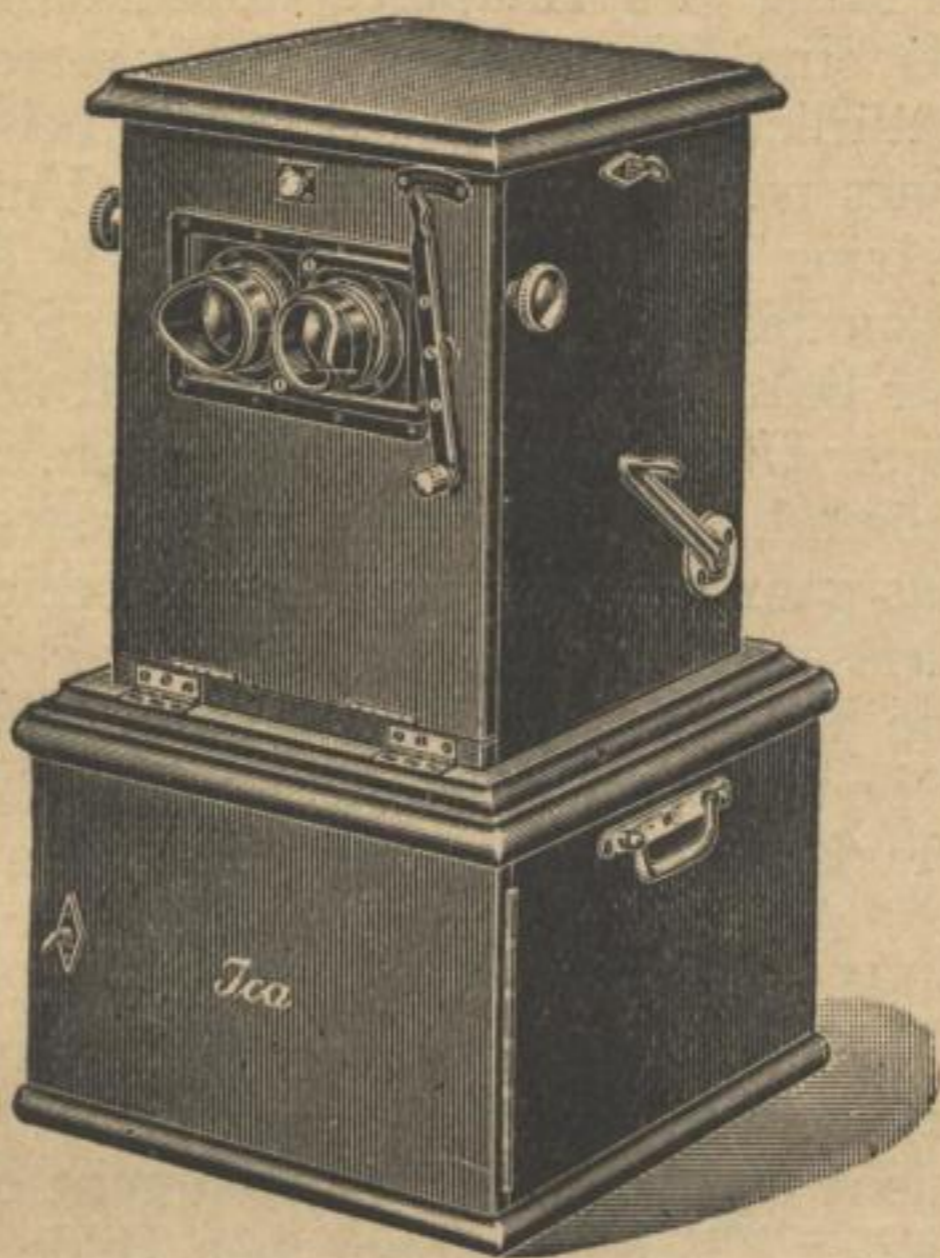


Abb. 25.

aufnahmen. Hingegen ist bei Landschaften und bei Bildnissen ein gewisses Maß von Unschärfe bald im Vordergrund, bald im Hintergrunde nicht nur zulässig, sondern häufig sogar erwünscht, weil es uns auf diese Weise in die Hand gegeben ist, den Hauptgegenstand aus seiner Umgebung herauszuheben. Im großen und ganzen, wenn auch nicht im gleichen Umfange, gilt dies auch für das Raumbild; aber wir müssen uns vor Augen halten, daß uns hier in der räumlichen Wirkung selbst ein viel wirksameres Mittel dazu zur Verfügung steht. Beim Raumbilde ist die passende Einordnung des Hauptgegenstandes in den Bildausschnitt wichtiger als eine fein erwogene Schärfenverteilung. Ausnahmen gibt es natürlich auch da. So wird beispielsweise bei der Darstellung eines nahen Blumenstückes die Unterdrückung der störenden Umgebung durch mäßige Unschärfe dem Gesamteindrucke auch im Raumbilde sehr förderlich sein. Starke teilweise Unschärfe, die wir beim gewöhnlichen Bilde oft als selbstverständlich hinnehmen, unter Umständen sogar verlangen, wirkt im Raumbilde aber immer störend, weil dadurch das Abtasten des Bildes nach der Tiefe, das ganz unbewußt geschieht, beeinträchtigt und das Auge bei der Erfassung des Gesamtbildes gestört wird. Daraus ergibt sich die Lehre, daß im Raumbilde der Ausgleich der Tiefenschärfe im allgemeinen weiter gehen muß als im gewöhnlichen Bilde.

Auch hinsichtlich der Beleuchtung gelten beim Raumbilde zum Teil etwas andere Gesichtspunkte. Während beim gewöhnlichen Bilde eine kräftige Licht- und Schattengebung als vorteilhaft gilt, birgt diese für das Raumbild Gefahren. Mit starkem Licht und starkem Schatten geht oft der Verlust von Einzelheiten einher. Beim gewöhnlichen Bilde mag dies manchmal, besonders wenn künstlerische Wirkungen beabsichtigt sind, vorteilhaft sein. Anders beim Raumbilde, bei dem das rein künstlerische in den Hintergrund tritt. Flächen ohne Einzelheiten wirken hier leer und lösen in uns durchaus nicht die Stimmung aus, die das Bild bei einäugiger Betrachtung aufweist. Aus diesem Grunde ist für das Raumbild eine etwas weichere Beleuchtung, die sowohl in den hellen wie in den dunklen Stellen des Bildes alle Einzelheiten erkennen läßt, vorzuziehen. Wie wichtig dieser Punkt ist, erkennen wir am besten, wenn wir ihn am Gegenteile prüfen. Flaue Bilder erscheinen bekanntlich bei einäugiger Betrachtung ganz stimmungslos; sie lassen zwar viele Einzelheiten erkennen, aber man weiß mit ihnen, da sie sich voneinander nur schlecht abheben, oft nichts rechtes anzufangen, und über die Tiefenanordnung einzelner Teile bleiben wir vielfach im Unklaren. Betrachten wir aber ein flaes Raumbild, so werden

wir überrascht sein, wie der im Einzelbilde herrschende Eindruck der Flauheit und Flachheit bei zweiäugiger Betrachtung wie mit einem Schlage verschwindet. Dem Bilde fehlt zwar auch hier das Licht, das für das Einzelbild eines der Hauptbelebungsmitel ist, aber dafür erscheint es, weil alle Einzelheiten vorhanden sind, von einer ganz außergewöhnlichen Körperlichkeit, so daß man darüber den Mangel an Licht fast vergißt. An nichts zeigt sich das besser als an der flauen Aufnahme eines nahen Pflanzenstücks, wo das fast unverständliche Gewirre in den Teilbildern zu einer wunderbaren Gliederung im Gesamtbilde wird. Es muß also hinsichtlich der Beleuchtung der Satz gelten, daß man diese, insofern man eingreifen in der Lage ist, so weit mildern muß, daß auf dem Negativ sowohl in den Lichtern wie in den Schatten alle Einzelheiten deutlich hervortreten. Ist dies aber nicht schon bei der Beleuchtung möglich, so ist durch reichliche Belichtung und weiche Entwicklung auf dieses Ziel hinzuarbeiten.

Hinsichtlich der Belichtung haben wir beim Raumbilde zweierlei zu beachten: Fürs erste ist sie so zu bemessen, daß vor allem in den Schatten alle Einzelheiten mit hinreichender Deutlichkeit erscheinen; daher müssen wir Unterbelichtungen zu vermeiden trachten, die nicht nur die Schattenteile um ihre Einzelheiten bringen, sondern wegen der fast unbewußt auf Härte gestellten Entwicklung auch die Lichter schädigt. Viel weniger gefährlich ist Überbelichtung, wie schon aus dem vorhergehenden Absatz hervorgeht. Überbelichtung ist bei sachgemäß geleiteter Entwicklung bekanntlich leicht auszugleichen, eine stärkere Unterbelichtung aber nicht einmal durch alle zu Gebote stehenden Kunststücke. Ein geringer Grad von Überbelichtung soll bei Raumbildaufnahmen, besonders bei schroffen Beleuchtungsgegensätzen, sogar angestrebt werden.

Weiter ist darauf zu sehen, daß die Belichtung der Teilbilder gleichmäßig sei. Zwar lassen sich geringe Deckungsunterschiede leicht im Positivverfahren ausgleichen, aber da dieser Vorgang bei jeder Kopie vom neuen notwendig ist, ist es zweifellos besser, dafür zu sorgen, daß schon im Negativ die Teilbilder gleich seien. Ungleichheiten in der Deckung der Teilbilder können sowohl in der Blende wie im Verschuß ihren Grund haben, und es gehört darum zu den ersten Arbeiten mit einem neuen Apparat, Objektiv und Verschuß auf Gleichheit in jeder Hinsicht zu prüfen, worauf wir schon weiter oben näher eingegangen sind. Ist bezüglich der Belichtungsdauer jede Ungleichheit ausgeschlossen, wie etwa beim Schlitzverschuß vor der Platte oder beim Schieberverschuß

im Objektiv, so kann an Ungleichheiten der Teilbilder nur die Blende schuld sein. In diesem Falle sind die Blenden bei abgenommener Vorderlinse genau nachzumessen und etwa festgestellte Ungleichheiten am Verbindungsstück der beiden Blendenringe zu verbessern.

Keine geringere Bedeutung als der Beleuchtung und Belichtung kommt der *E n t w i c k l u n g* zu. Sie hat nicht nur die Aufgabe, bei richtiger Belichtung ein gutes Negativ zu schaffen, sondern auch, bei falscher den begangenen Fehler auszugleichen. Im letzteren Falle bietet sie in Verbindung mit passender Nachbehandlung das einzige Mittel zur Rettung der Aufnahme. Von der Entwicklung hängt also letzten Endes das Gelingen der Aufnahme ab.

Über den Vorgang der Entwicklung brauchen wir uns nicht weiter zu verbreiten; er ist in jedem Lehrbuche der Photographie genau beschrieben und kann darum als bekannt vorausgesetzt werden. Nur über die Wirkungsweise der verschiedenen Entwicklerarten und Entwicklungsverfahren sei das für uns wichtigste hierhergesetzt.

Der allgemeine Satz, daß jeder Entwickler gut ist, wenn man seine Eigenart kennt und ihr Rechnung trägt, gilt natürlich auch in unserem Falle. Aber die Tatsache, daß jeder Entwickler doch seine Eigenart hat, legt es uns nahe, eine unseren Bedürfnissen angepaßte Auswahl zu treffen. Da unser Streben nach weichen Negativen geht, so haben wir zunächst die ausgesprochen hart arbeitenden Entwickler auszuschalten, zu denen in erster Linie der Hydrochinonentwickler, besonders wenn er kalt ist, gehört. Im Bestreben ferner, etwaige Fehler in der Belichtung bei der Entwicklung auszugleichen, werden wir auch Entwickler meiden, die nur in geringem Maße abstimmbare sind. Zu diesen zählen die ausgesprochenen Schnellentwickler, wie der Metolentwickler und der Brenzkatechinentwickler, letzterer wenn mit Zusatz von Ätzalkali. Schalten wir diese drei Entwickler aus, so können wir die anderen für unsere Zwecke als durchaus brauchbar bezeichnen. Unter ihnen gibt es wieder einige, die sich ganz hervorragend eignen wie insbesondere der Glycinentwickler, ferner der Pyro- und der Brenzkatechinentwickler, letzterer mit Sulfit.

Auch hinsichtlich der *E n t w i c k l u n g s w e i s e* stehen uns verschiedene Verfahren zu Gebote. Wenn wir der richtigen Belichtung vollkommen sicher sind, so können wir das Hervorrufen mit einem Entwickler von voller Kraft wagen. Haben wir aber, wenn auch nur gelegentlich, mit Fehlbelichtungen zu rechnen, so greifen wir besser zur *Z w e i s c h a l e n e n t w i c k l u n g*. Zu diesem Zwecke



bedienen wir uns zweier verschieden starker Entwicklerlösungen; in eine Schale geben wir einen alten oder mit Bromkali versetzten Entwickler, in die andere frischen Entwickler von voller Kraft. Die Platte kommt zunächst in die erste Schale; erst wenn sie sich hier als richtig belichtet erweist, wandert sie in die zweite, wo sie zu Ende entwickelt wird. Zeigt sie jedoch Merkmale einer zu langen Belichtung, so bleibt sie in der ersten Schale, bis sie die richtigen Gegensätze von Hell und Dunkel aufweist, allenfalls bis zur vollständigen Schwärzung. Der in diesem Falle immer auftretende Allgemeinschleier läßt sich später mit rotem Blutlaugensalz leicht entfernen und es ergibt sich dann ein ganz tadelloses Negativ, an dem die falsche Belichtung nicht mehr zu erkennen ist, ja so behandelte Negative zeichnen sich durch besonders schöne Durchzeichnung der Schatten aus.

Die Zweischalenentwicklung vollzieht sich rasch, wenn man größere Schalen verwendet und etwa vier Platten auf einmal entwickelt. Dabei besteht keine Gefahr, daß man mit der Überwachung des Entwicklungsvorganges ins Gedränge kommt.

Will man bei diesem Entwicklungsverfahren auch für unterbelichtete Platten vorsorgen, so ist noch eine dritte Schale mit einem sehr verdünnten Entwickler bereitzustellen; darin bleibt die Platte bis zur starken Schleierbildung.

Besonders geeignet für unsere Zwecke ist aber die *S t a n d e n t w i c k l u n g*, denn sie liefert am leichtesten Negative von der Art, wie wir sie brauchen. Dabei ist es fast gleichgültig, ob wir uns der *e i g e n t l i c h e n* Standentwicklung mit sehr verdünnten Lösungen und einer Entwicklungsdauer von durchschnittlich zwei Stunden oder der sogenannten *a b g e k ü r z t e n* Standentwicklung bedienen, die bei mittlerer Zimmerwärme schon in einer halben Stunde ein ausentwickeltes Negativ liefert. Die Verfolgung des Entwicklungsverlaufes darf man aber bei keiner der beiden Entwicklungsarten unterlassen; die vielfach empfohlene reine Entwicklung nach der Zeit ist schon an sich nicht anzuraten, noch weniger für unsere Zwecke.

Zur Standentwicklung bewährt sich Glycin am besten; an dieses reißen sich Brenzkatechin und Pyro an. Nicht geeignet sind alle Schnellentwickler, weil ihnen von Natur aus die erforderliche weite Abstimbarkeit fehlt.

Weisen nach dem Fixieren und Wässern einzelne Negative noch Mängel auf, so scheue man nicht die kleine Mühe, sie zu verbessern. Negative, die zufolge zu kurzer Entwicklung zu weich ausgefallen sind, verstärke man mit Quecksilbersublimat, wobei die Schwärzung der gebleichten Platte je nach der erforderlichen Kräf-

tigung mit einer Sulfitlösung, mit gewöhnlichem Entwickler oder mit verdünntem Ammoniak erfolgen kann; Sulfit gibt die geringste, Ammoniak die kräftigste Verstärkung. Selbstverständlich sind auch alle anderen Verstärker brauchbar. Da die Verstärkung, mag sie auf welchem Wege immer erfolgen, das Plattenkorn vergrößert, soll man sie von vornherein zu vermeiden trachten.

Ist das Negativ zu d i c h t geworden, so ist es mit rotem Blutlaugensalz abzuschwächen, wobei unter einem auch die den dichten Negativen leicht anhaftende Härte gemildert wird. Zu h a r t e Negative behandle man mit Ammoniumpersulfat; auch die bekannte mittelbare Schwefeltonung sowie die Behandlung mit Jod, beide mit vorausgehender Bleichung, gewährleisten befriedigende Ergebnisse.

Die solchermaßen auf den bestmöglichen Zustand gebrachten Negative sind schließlich noch von zufälligen Fehlern zu befreien. Kleine helle Stellen flecke man sorgfältig mit Farbe oder Bleistift aus, zu dunkle aber lasse man, wenn man im Schaben nicht geübt ist, auf dem Negativ lieber stehen und beseitige sie erst im Positiv. Immer aber muß man trachten, die Retusche mit möglicher Feinheit durchzuführen, damit sie in dem ja immer vergrößert gesehenen Bilde nicht auffällt; für Plattenfehler ist das Raumbild außerordentlich empfindlich.

Das nun fertige Negativ soll man, um es gegen Beschädigungen beim Kopieren zu sichern, mit einer Lackschicht überziehen, wozu sich der leicht zu gießende, rasch und schön auftrocknende und sehr widerstandsfähige Zaponlack (Japanlack) besonders eignet.

Eine Sache von hoher Bedeutung ist auch die r i c h t i g e W a h l d e r P l a t t e. Beim Raumbilde liegen fast immer farbige Naturausschnitte vor, deren tonwertrichtige Wiedergabe anzustreben ist. Hierbei läßt uns die g e w ö h n l i c h e Platte mit ihrer einseitigen Empfindlichkeit für Blau und Violett im Stich. Sie verfälscht nicht nur die satten Farben, indem sie beispielsweise helles Gelb dunkler gibt als dunkles Blau, sie zerstört auch die feinen Luft- und Farbenstimmungen, die ja so oft einen besonderen Reiz des Bildes ausmachen. Auch weite Fernsichten vermag die gewöhnliche Platte kaum jemals in befriedigender Weise wiederzugeben.

Ganz anders geartet ist die f a r b e n e m p f i n d l i c h e Platte. Sie ist für alle Farben mit Ausnahme von Rot empfindlich und gibt sie unter Anwendung entsprechender Filter in sehr befriedigender Tonwertfolge wieder. Mit ihrer Hilfe ist es auch möglich, die Luftwirkung in der Landschaft in genau dem Maße zur Geltung zu bringen, wie es uns aus künstlerischen Erwägungen als richtig erscheint. Die im Landschaftsbilde so wichtige Ferne

läßt sich mit Hilfe der farbenempfindlichen Platte gleichfalls in jedem beliebigen Grade der Klarheit festhalten, wobei man aber gerade beim Stereobilde des Guten nicht zu viel tun darf. Denn wir dürfen folgendes nicht vergessen: die rein geometrische, nur auf der stereoskopischen Basis beruhende Tiefenwirkung reicht nur sehr wenige hundert Meter weit; darüber hinaus sind wir zum größten Teil auf die Luftwirkung angewiesen und nehmen wir dem Bilde diese, so nehmen wir ihm auch viel von seiner Räumlichkeit.

An **Gelbscheiben** bedarf der Stereoskopiker nur einer kleinen Reihe, aber diese muß gut abgestuft sein. Ganz ausgezeichnet und vollauf hinreichend ist die Filterreihe von **Hübl**; sie besteht aus einem hellen **Momentfilter**, einem **mittleren Filter**, einem **tonrichtigen Filter** und einem **Kontrastfilter**. Des ersten bedient man sich bei solchen Aufnahmen, wo nur eine geringe Verbesserung der Tonwerte notwendig ist oder wo die erforderliche Kürze der Belichtungsdauer die Anwendung kräftigerer Filter verbietet. Das mittlere Filter wählt man für die Hochgebirgslandschaft und die besonders klare Tieflandschaft; das tonrichtige für die Landschaft mit dunstigem Himmel und überall dort, wo es auf die möglichst richtige Umsetzung der Farben in Grautöne ankommt, vor allem dann, wenn im Bilde gegensätzliche Farben, wie beispielsweise Gelb und Blau, gleichzeitig auftreten. Das Kontrastfilter wird der Stereoskopiker seltener benötigen; nur bei telestereoskopischen Aufnahmen, wo man zur Erzielung einer Raumwirkung der Luftperspektive nicht mehr bedarf und wo die klare Wiedergabe aller Einzelheiten das wichtigste ist, tut das Kontrastfilter gute Dienste.

Bei Stereoaufnahmen ist es natürlich sehr von Bedeutung, daß beide Filter eines Paares vollkommen gleich dick seien, denn sonst erhält man Teilbilder von verschiedener Deckung. Werden die Filter **hinten** auf das Objektiv aufgesetzt, so müssen sie zur Vermeidung von Einstellunterschieden auch gleich dick sein.

Von außerordentlicher Wichtigkeit für das Raumbild ist auch die **Wahl eines geeigneten Standpunktes**. Wir wissen von früher her, daß die eigentliche Raumwirkung des Stereobildes nur ganz wenige hundert Meter weit reicht und daß alles, was darüber hinaus liegt, keine geometrisch begründete Tiefenwirkung mehr erkennen läßt. Daraus ergibt sich von selbst, daß in das Raumbild gleichzeitig mit der Ferne immer auch nahe Gegenstände aufzunehmen sind. Die Gelegenheit dazu bietet sich fast immer wie von selbst; ein Baum, einige Sträucher, ein Zaun, ja selbst schon wenige Grashalme genügen, um im Bilde eine gute Tiefenwirkung auszulösen. Noch besser ist die Wirkung, wenn

zwischen dem nahen Vordergrund und der Ferne auch noch Einzelheiten des Mittelgrundes erscheinen, die gleichfalls im Bereiche der räumlichen Darstellung liegen und dadurch die Gliederung des Bildes nach der Tiefe erst gut erkennen lassen. Den Wert naher Gegenstände im Raumbilde zeigt Abb. 26, die eine Aufnahme über ein kleines Tal hinweg darstellen soll. Die stereoskopische Aufnahme der Böschung der gegenüberliegenden Anhöhe allein würde kaum eine Tiefenwirkung hervorbringen und vor allem nicht die Tatsache erkennen lassen, daß wir über ein Tal hinweg blicken; erst die Einbeziehung einiger Teile des Hügels, auf dem wir stehen, läßt die Beschaffenheit und die Tiefenausdehnung des abgebildeten Geländes richtig deuten.

Bei der Wahl des nahen Vordergrundes gehe man nicht unter

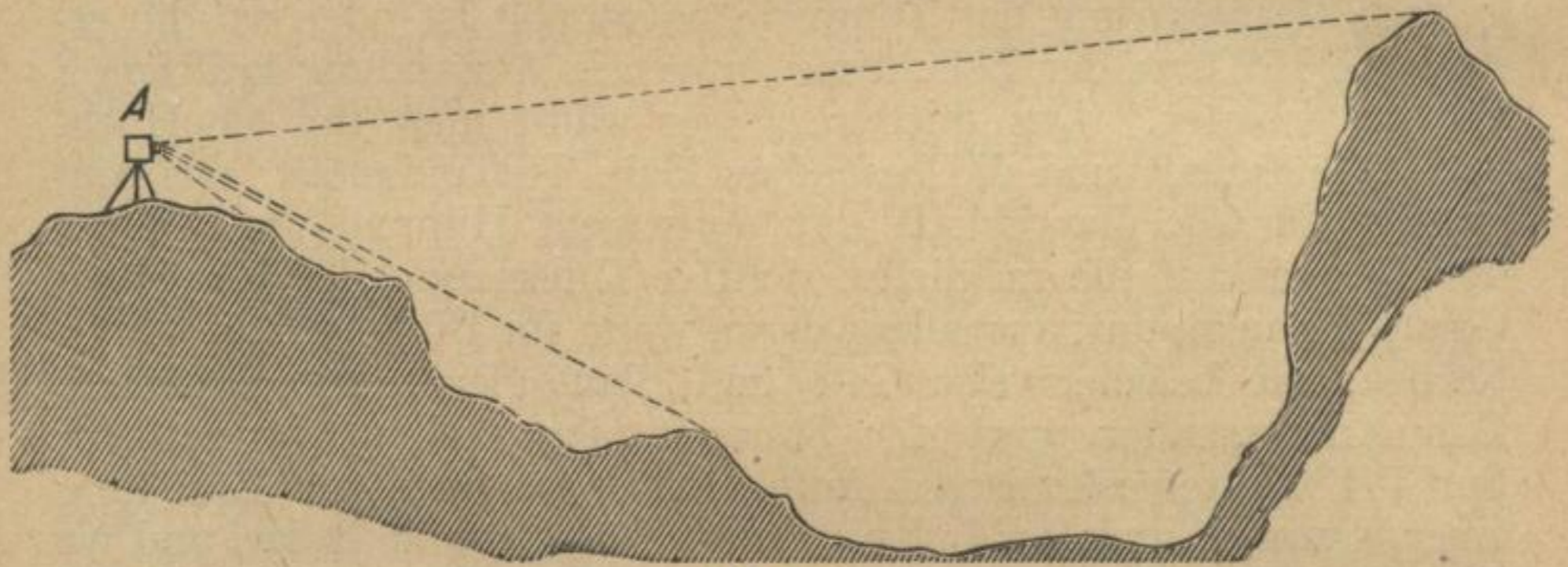


Abb. 26.

die Nahgrenze herab. Allzugroße Nähe bringt so starke perspektivische Verschiebungen mit sich, daß im Gesamtbilde keine Verschmelzung mehr eintritt. Man übersehe nicht die schon einmal erwähnte Regel, daß die nächsten Gegenstände mindestens um das Fünfzigfache der stereoskopischen Basis, im gewöhnlichen Falle also des Objektivabstandes, von der Kamera abstehen müssen. Darauf ist besonders bei telestereoskopischen Aufnahmen zu achten, wo je nach der Größe der Standlinie selbst recht weit abliegende Gegenstände unterhalb der Nahgrenze liegen können.

Über die Anordnung der Einzelheiten des Vordergrundes brauchen wir uns beim Raumbilde nicht so viel Sorge zu machen wie beim Flachbilde, bei dem wir aus künstlerischen Rücksichten die Massen nach ihrer Größe und Verteilung genau abwägen müssen. Beim Raumbilde können wir, wenn es nicht anders geht, gelegentlich auch einmal einen Verstoß gegen die Regeln der Kunst wagen und wir werden nachher erstaunt sein, wie wenig er auffällt. Das hängt da-

mit zusammen, daß die Massen, die im gewöhnlichen Bilde in einer Ebene liegen, sich im Raumbilde in der Tiefe verteilen und daher einander nicht mehr stören. Im Übrigen ist die Tiefenwirkung eines guten Raumbildes so überwältigend, daß man darüber selbst grobe Mängel in künstlerischer Hinsicht leicht übersieht.

Während wir sonach beim Raumbilde hinsichtlich der Verteilung der Massen nicht so streng zu sein brauchen, müssen wir uns hinsichtlich der Führung der Hauptlinien und der Einordnung des Hauptgegenstandes wohl an die künstlerischen Regeln halten. Ein Raumbild, in dem beispielsweise die perspektivischen Linien aus dem Bilde hinausführen oder in dem der Hauptgegenstand weit außerhalb der Mitte liegt, wirkt immer unerfreulich. Derartige Fehler können nicht einmal durch die beste Tiefenwirkung verdeckt werden. Wenn auch das Raumbild seinem Wesen nach nicht künstlerisch ist, so dürfen doch bei ihm künstlerische Erwägungen nicht ganz außer Acht gelassen werden.

### V. Das positive Bild.

Bei der Anfertigung des positiven Stereobildes müssen wir uns zunächst vor Augen halten, daß dieses, mögen wir welchen Betrachtungsapparat immer wählen, mit vergrößernden Linsen angesehen wird, wobei etwa vorhandene Fehler viel deutlicher hervortreten als bei der Betrachtung mit bloßem Auge. Ferner haben wir zu bedenken, daß Einzelheiten, die nicht zum Bilde gehören, im Raumbilde schon an sich mehr stören als im Flachbilde, denn während bei der Betrachtung des gewöhnlichen Bildes das Auge über kleine Einzelheiten, die nicht zum Bilde gehören, leicht hinweg kommt, stolpert es im Raumbilde über diese, weil es sie der Tiefe nach nicht einzuordnen vermag und darum sofort als Fremdkörper erkennt. Ist diese Erscheinung schon beim einzelnstehenden Fehler sehr unbehaglich, so steigert sich das Unbehagen bis zur Unerträglichkeit, wenn solche Fehler in großer Zahl oder gar über das ganze Bild hin auftreten.

Als störende Erscheinungen im Raumbilde werden sich daher alle Einzelheiten des Bildes zu erkennen geben, die ihr Dasein nicht den optischen Vorgängen bei der Bilderzeugung verdanken, also vor allem die eigentlichen Plattenfehler und allenfalls auch das Gefüge der lichtempfindlichen Schicht. Die gleichen Fehler können auch im positiven Bilde auftreten, ja hier kommt noch die Beschaffenheit der Papieroberfläche als neue Fehlermöglichkeit hinzu; läßt das Papier nämlich ein Gefüge erkennen, so ist es um die gute Wirkung des Raumbildes geschehen. Feinkörnigkeit und

Glätte sind darum die Hauptforderungen an das Kopierpapier, damit das Bild klar und rein hervortrete und den ganzen Zauber seiner Räumlichkeit entfalte.

Wenn wir nun unter den verschiedenen Kopierverfahren Umschau halten, so finden wir unter ihnen eine hinreichende Anzahl für uns brauchbarer. Von vornherein auszuschalten haben wir nur jene, die hinsichtlich der Bildschärfe keinen dem Negativ gleichwertigen Abzug zulassen, also den Gummidruck, den Bromöldruck und ihre Abarten. Hingegen erweisen sich alle Silberdruckverfahren auf glatter Unterlage, ebenso der Pigment- oder Kohledruck, als brauchbar.

Von den Silberdruckverfahren eignet sich für uns zunächst das auf Chlorsilberpapier (Auskopierpapier), denn es gibt in den Schatten die beste Zeichnung. Ganz besonders gilt dies vom Chlorsilbergelatinepapier (Aristopapier); diese Papiere pflegen auch frei von Korn zu sein. Das Auskopierverfahren ist ausgesprochen zwangsläufig, erfordert daher Negative, die der Eigenart des Papiers genau entsprechen. Hingegen gewähren die Entwicklungspapiere in dieser Hinsicht einen gewissen Spielraum, denn bei ihnen ist man in der Lage, kleine Fehler des Negativs in den Helligkeitsgegensätzen bei der Entwicklung auszugleichen. Sie neigen aber zu allzu großer Schwärze in den Schatten, weshalb für solche Papiere nur weiche Negative mit guter Zeichnung in den Schattenteilen verwendet werden sollen. Unter ihnen zeichnet sich das Chlorbromsilberpapier (Gaslichtpapier) durch gute Töne und durch die bequeme Verarbeitung aus, die zufolge der geringen Empfindlichkeit bei sehr hellem Licht erfolgen kann. Das hochempfindliche Bromsilberpapier hingegen hat wieder den Vorteil, daß man nach Bedarf Stücke aus den Teilbildern vergrößern kann, was gelegentlich erwünscht ist.

Der Pigmentdruck bietet uns zwei besondere Vorteile, nämlich die außerordentliche Feinkörnigkeit und die freie Wahl der Farbe; ein Nachteil aber ist die Notwendigkeit der Übertragung, die viele abschreckt.

Eine wichtige Frage beim positiven Stereobild ist auch die, ob Aufsichtsbild oder Durchsichtsbild, also ob Papier oder Glas. Das erstere hat den unbestrittenen Vorteil der rascheren Herstellung, denn mit der Erledigung der Kopierarbeit ist das Bild im Wesentlichen fertig, während das Glasbild erst noch verklebt werden muß. Aber nicht das allein ist maßgebend. Wir müssen bei der Wahl auch den Betrachtungsapparat in Erwägung ziehen, der nicht immer für beide Arten von Bildern gleich geeignet

ist. Und endlich entscheiden auch noch die Ansprüche, die wir an das Bild selbst stellen. Scheuen wir das größere Gewicht und die Zerbrechlichkeit des Glasbildes; so greifen wir zum Papierbild, das auch den Vorteil hat, daß man eine große Anzahl von Bildern in kleinem Raume aufbewahren kann. Sehen wir aber mehr auf die Güte der Wiedergabe, so wählen wir das Glasbild, denn es vermag bei seiner viel größeren Leuchtkraft nicht nur Stimmungen voll-

kommener wiederzugeben, sondern liefert auch die im Stereobilde so wichtigen Einzelheiten in den Schatten weit besser als das Papierbild. Das Glasbild hat noch den weiteren bedeutenden Vorteil, daß es im Bedarfsfalle sofort auch zur Projektion verwendet werden kann.

Auf den reinen Kopiervorgang selbst brauchen wir hier wohl nicht näher einzugehen; er deckt sich vollkommen mit dem beim gewöhnlichen Bilde und kann darum in jedem Lehrbuche der Photographie nachgesehen werden. Hingegen müssen wir jene Vorgänge näher ins Auge fassen, die sich aus dem stereoskopischen Verfahren als solchem ergeben, daher nur diesem eigen sind.

Das erste, was beim Kopieren eines Stereonegativs zu beachten ist, ist das Vertauschen der Teilbilder. Dieses kann sowohl beim Negativ wie beim Positiv vorgenommen werden, doch empfiehlt sich im allgemeinen das letztere. Beim Papierbilde bereitet das Zerschneiden keine Schwierigkeit, unangenehmer ist dies beim Glasbilde. Zur Vermeidung des Zerschneidens sind Kopierrahmen ersonnen worden, die es ermöglichen, die Platte so zu kopieren, daß im Positiv die Teilbilder sofort den richtigen Platz einnehmen.



Abb. 27.

Einen derartigen Kopierrahmen sehen wir in Abb. 27. Das wesentliche daran ist: die innere Weite des Kopierrahmens ist so breit wie die Stereoplatte, aber um die Hälfte länger als diese. Von dieser Fläche ist jedoch nur ein Ausschnitt von der Größe eines Teilbildes in der Mitte frei. Das Kopieren vollzieht sich dann auf nachstehende Art: Wir legen das Negativ in den Rahmen, Schichtseite wie gewöhnlich nach oben und lassen den linken Negativrand an den Rahmen stoßen. Dann liegt das rechte Teilbild in der Öffnung. Darauf legen wir nun das Kopierpapier oder die Diapositivplatte so, daß dessen rechter Rand an den Rahmen stößt, somit die linke Hälfte auf den Ausschnitt fällt (vergl. Abb. 27, oberes Bild). Auf diese Weise ist die erforderliche Vertauschung bezüglich des einen Teilbildes durchgeführt und mit dem andern Teil-

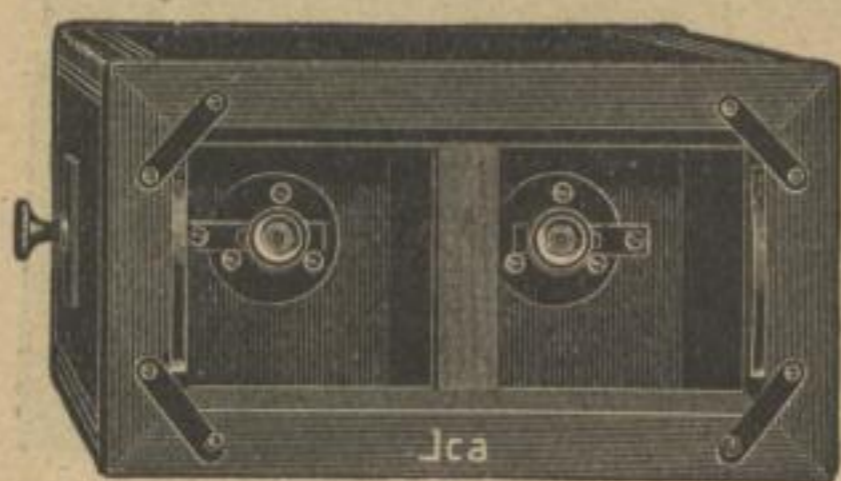


Abb. 28.

bilde verfahren wir auf entsprechende Weise (vergl. Abb. 27, unteres Bild). Kopierrahmen dieser Art bewähren sich ausgezeichnet und das Verfahren hat nur den kleinen Nachteil, daß die Belichtung für die beiden Teilbilder nacheinander erfolgen muß, was bei schwankendem Lichte zu ungleichen Kopien führen kann.

Dieser kleine Übelstand wird vermieden durch eine andere Kopiervorrichtung, bei der das Kopieren nicht durch Kontakt, sondern mittels einer Doppelkamera erfolgt, wie sie in Abb. 28 dargestellt ist. Hier wird das Stereonegativ vorne eingesetzt und bildet den Gegenstand der Abbildung; hinter das Objektiv kommt das Kopierpapier oder die Diapositivplatte. Die Abbildung geht genau so vor sich, wie bei der Aufnahme, wobei auch die bekannte Vertauschung von Links und Rechts erfolgt, so daß die Kopie nun die Teilbilder in richtiger Anordnung wiedergibt. Damit das Positiv genau so groß werde wie das Negativ, müssen nach dem bekannten Abbildungsgesetze beide um genau die doppelte Brennweite von den Objektiven abstehen. Diese Einstellung ist von vornherein und ein für allemal genau gemacht und man hat beim Kopieren lediglich das Negativ vorne und das Kopierpapier oder die Diapositivplatte hinten einzulegen. Zur Erzielung einwandfreier Schärfe sind beide Objektive stark abgeblendet und da bei kleiner Blende auch minderwertige Objektive die angestrebte Schärfe geben, begnügt man sich mit den billigen Periskopen. Die Belichtung erfolgt an beiden Objektiven gleichzeitig mittels einer gemeinsamen Klappe oder mittels eines Schieberverschlusses. Sowohl der Stereokopier-



rahmen, wie der eben beschriebene Kopierapparat wird für alle gebräuchlichen Plattengrößen hergestellt.

Beiden Vorrichtungen haftet aber ein Nachteil an, der ihre Verwendbarkeit etwas einschränkt. Wenn beispielsweise bei der Aufnahme die Verbindungslinie der beiden Objektive nicht genau wagrecht lag, so erhalten wir auf dem Negativ zwar nicht bezüglich des Ausschnittes, wohl aber bezüglich des Inhaltes zur Seite geneigte Teilbilder, die, mit den obigen Behelfen kopiert, unweigerlich auch seitlich geneigte Positive ergeben. In solchen Fällen gibt es kein anderes Mittel, als vom Negativ auf ganz gewöhnliche Art Abzüge zu machen, diese zu zerschneiden, die Teilbilder aufzurichten und den Ausschnitt darnach zu berichtigen.

Wichtig für die gute Wirkung des Raumbildes ist auch dessen Umrahmung.

Es genügt nicht, die Teilbilder bloß sauber abzugrenzen, die Abgrenzung muß auch eine ganz bestimmte Lage zu den Fernpunkten haben; außerdem soll sie dunkel und vor allem ohne jede Verzierung sein. Beim Raumbilde haben wir uns den Ausschnitt als eine Art Rahmen vorzustellen, durch

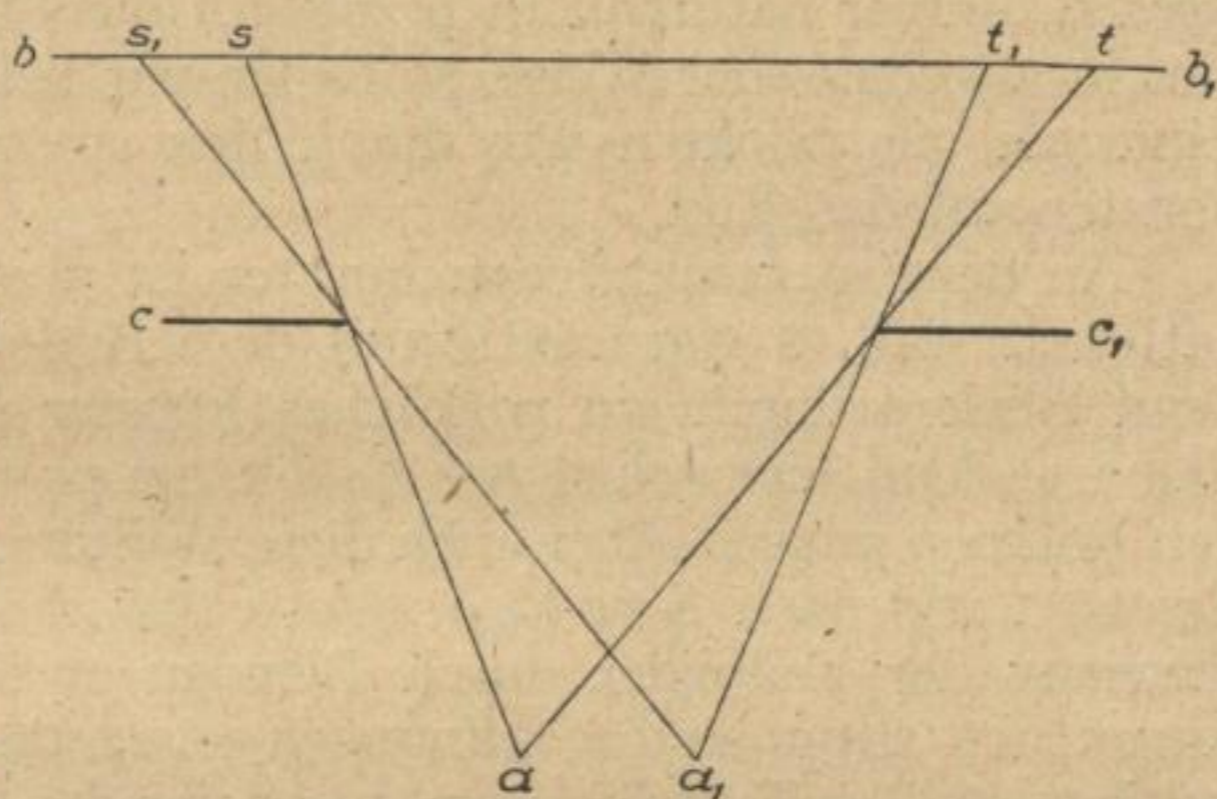


Abb. 29.

den wir, wie durch ein Fenster, auf den abgebildeten Naturausschnitt blicken. Behalten wir das im Auge, so wird uns das eben verlangte selbstverständlich. Wenn wir durch ein Fenster in die Landschaft blicken, so haben wir ein Bild mit dunklem Rahmen vor uns; nie wird der Fall eintreten, daß der Fensterrahmen heller ist als die Landschaft, es wäre denn bei künstlicher Beleuchtung. Wir werden ferner deutlich den Eindruck haben, daß die Umrahmung zwischen dem Auge und der Landschaft und zwar viel näher jenem als dieser liegt. Gerade durch diesen Umstand gewinnt das ganze Bild außerordentlich an Tiefe.

Eine ähnliche Wirkung läßt sich auch beim Raumbilde erreichen. Zu diesem Zwecke muß die Umrahmung dunkel sein und sich vom Bilde abheben. Da hier aber die Raumwirkung nur durch Fernwinkerverschiebungen hervorgebracht werden kann, so muß

dies bezüglich der Umrahmung eben im Wege einer Verschiebung gegen die Fernpunkte geschehen. Wie diese Verschiebungen gewählt werden müssen, sagt uns am besten die Abb. 29. Hier seien  $a$  und  $a_1$  die beiden Augen,  $cc_1$  der Fensterrahmen, durch den wir blicken, und außerhalb  $cc_1$  liege in weiter Entfernung die Landschaft  $bb_1$ . Dann überblickt das linke Auge durch den Rahmen den Winkel  $s a t$ , das rechte den Winkel  $s_1 a_1 t_1$ . Die beiden Bildwinkel sind gleich groß, aber etwas gegeneinander verdreht; das rechte Auge sieht von der Landschaft links etwas mehr, das linke rechts. Diese Unterschiede in der Bildbegrenzung sind es, die den Rahmen von der Landschaft abheben.

Diese als „Fenster- oder Lukenwirkung“ bekannte Erscheinung läßt sich im Stereobilde künstlich erzeugen, indem den Teilbildern die entsprechenden seitlichen Begrenzungsunterschiede gegeben werden, immer natürlich in bezug auf die Fernpunkte. Geschieht dies in angemessener Weise, so haben wir bei der Betrachtung den Eindruck, als blickten wir durch den Ausschnitt wie durch ein Fenster auf das Bild.

An dem so geschaffenen Fenster ist aber das eine nicht ganz natürlich, daß es gleichzeitig mit dem Bilde scharf erscheint, was beim Blicken durch ein wirkliches Fenster bekanntlich nicht der Fall ist, denn hier sehen wir e n t w e d e r die Landschaft o d e r den Rahmen scharf. Aber auch diese Wirkung läßt sich nachahmen. Ersetzen wir nach S t o l z e s Vorschlag die stereoskopische Umrahmung der Teilbilder durch Blenden zwischen diesen und den Augen und stimmen ihre Öffnungen so ab, daß bei der Betrachtung auf dem rechten Teilbilde etwas mehr von der linken Seite des Bildes, auf dem linken Teilbilde etwas mehr von der rechten zu sehen ist, so ist einmal die erforderliche Tiefenwirkung geschaffen und weiter haben wir auch die angestrebte Unschärfe der Umrahmung, weil die Blende nicht in der Ebene der scharfen Abbildung liegt.

Zur Herbeiführung der dunklen Umrahmung des Stereobildes selbst eignen sich bei Bildern, die zerschnitten werden, dunkle Aufziehkartons, bei Diapositiven aber Masken aus schwarzem Papier zwischen Platte und Deckglas. Bei Papierkopien, die mit Hilfe des Stereokopierrahmens oder der Umkehrvorrichtung hergestellt werden, also weißen Rand haben, ist die Verwendung eines mit Blende versehenen Betrachtungsapparates der beste Ausweg.

Bei den käuflichen Stereobildern wird der Forderung nach einer geeigneten Umrahmung leider nicht immer entsprochen. Vor allem findet man vielfach den hellen Rand, weil er billiger und zur Anbringung von Schrift geeigneter ist. Kommt zum h e l l e n Rand dann vielleicht noch die stereoskopische Heraushebung der Um-

rahmung, die in diesem Falle natürlich ein Unsinn ist, so ist das Bild vollständig um seine gute Wirkung gebracht.

Ein Punkt von äußerster Wichtigkeit ist auch der richtige Abstand der Teilbilder, genauer gesagt, der zusammengehörigen Fernpunkte. Beim Stereokopierrahmen und bei der Umkehrvorrichtung erledigt sich die Sache von selbst, denn wenn beide zur Plattengröße passen, so ergibt der Kopiervorgang aus sich heraus den richtigen, nämlich den mit dem Negativ übereinstimmenden Fernpunktabstand. Werden aber die Teilbilder gesondert aufgezogen, so ist auf die richtige Einhaltung des Fernpunktabstandes sorgfältig zu achten. Dazu bedient man sich am besten einer aus Karton hergestellten Lehre, deren Länge genau dem Fernpunktabstande auf dem Negativ entspricht, also im allgemeinen die gleiche bleibt. Der Vorgang beim Aufziehen der Teilbilder ist dann der: Zunächst zieht man etwa das linke Teilbild auf und läßt es etwas antrocknen; dann folgt das rechte Teilbild und über beide legt man die Lehre. Nun verschiebt man das rechte Teilbild solange, bis zwei zusammengehörige Fernpunkte genau den durch die Lehre gegebenen Abstand voneinander haben; dann sehe man noch darauf, daß die Teilbilder gleich hoch und wagrecht stehen. Erst wenn alles stimmt, wird das Bild beschwert.

Zur guten Wirkung des Stereobildes ist endlich die peinliche Beseitigung aller Fehler erforderlich. Die Untersuchung des Bildes auf solche erfolgt am besten im Betrachtungsapparat, weil Fehler hier am stärksten auffallen. Dunkle Flecke werden mit einer Beschneide- oder Schabfeder ausgeschabt, helle mit entsprechend abgestimmter Farbe oder mit Retuschierstift gedeckt. Bleistiftretusche ist nur bei matten Papieren anwendbar. Die Ausbesserung sei äußerst sorgfältig. Ist diese Arbeit erledigt und ergibt die Prüfung im Betrachtungsapparat ein leicht verschmelzendes, ruhig wirkendes Gesamtbild, so kann das Stereobild als fertig angesehen und, falls es ein Glasbild ist, mit dem Deckglas verklebt werden.

Eine heikle Frage ist noch die, ob man beim Stereobilde die Naturähnlichkeit durch Nachahmung der Farben noch weiter heben soll. Beim gewöhnlichen Lichtbilde gilt dies bekanntlich, soweit es sich um bloßes Bemalen handelt, als abgeschmackt und das mit Recht, denn vom künstlerischen photographischen Bilde verlangen wir nicht einen Abklatsch der Natur, sondern daß es uns etwas zu denken, der Einbildungskraft etwas zu tun übrig lasse. Aus diesem Grunde ist bei ihm oft schon ein Zuviel an Einzelheiten gefährlich, um so mehr wäre es die Farbe. Ganz anders aber verhält es sich beim Raumbilde. Dieses geht von vornherein auf die

Nachahmung der Natur aus, indem es uns diese sogar der Tiefe nach erschließt. Ist aber die Nachahmung einmal so weit getrieben, daß die Natur uns im Bilde körperlich vorgezaubert wird, so bedeutet der Mangel der Farbe wirklich eine fühlbare Lücke. Man könnte darum aus diesem Grunde der Bemalung der Stereobilder das Wort reden, wenn die Sache nicht so gefährlich wäre. Zur guten Bemalung eines Lichtbildes gehört mehr als Pinsel, Farbe und etwas Geschick, dazu gehört die Hand und der Sinn des Malers. Darum lasse jeder, der diese Fähigkeiten nicht wenigstens in bescheidenem Maße in sich weiß, seine Stereobilder lieber unbemalt; will man ihnen aber unbedingt Farbenstimmung verleihen, so begnüge man sich mit ganz leichten Tönungen, die über einen schwachen Hauch nicht hinausgehen dürfen. Zur Andeutung der beabsichtigten Stimmung reicht dies vollkommen aus und man entgeht der Gefahr, in Geschmacklosigkeiten zu verfallen.

Mit dem hier empfohlenen Vorgange dürfen nicht die chemischen Tonungsverfahren verwechselt werden; diese taugen für unsere Zwecke nur ganz ausnahmsweise, denn die damit erzeugten Töne wirken meist zu knallig und unwahrscheinlich. Das gleiche gilt auch von den satten Farben im Pigmentverfahren.

Was wir hier über das „Kolorieren“ gesagt haben, hat keinen Bezug auf jene photographischen Verfahren, die die Naturfarben unmittelbar, also aus sich selbst heraus geben. Solcher Verfahren gibt es mehrere, von denen für die Zwecke des Raumbildes aber nur eines, das Farbrasterverfahren, in Betracht kommt. Dieses allein ermöglicht es, alle Farben mit einer einzigen Aufnahme zu erlangen. Von den heute gebotenen Farbrasterplatten ist die Autochromplatte von Lumière die beste; sie gibt, peinlich richtige Belichtung und Entwicklung vorausgesetzt, nicht nur die satten, sondern auch die viel schwierigeren zarten Farbtöne mit verblüffender Treue wieder und bietet somit das, was wir zur Vollendung des Raumbildes noch brauchen. Ganz besonderen Wert hat dieses Verfahren natürlich dort, wo die farbige Wiedergabe nicht so sehr der Bildstimmung wegen, sondern aus sachlichen Gründen angestrebt wird, wie beispielsweise bei der Aufnahme von Pflanzen. Aber der Verwendbarkeit dieses schönen Verfahrens sind Grenzen gezogen und zwar durch die Platte selbst. Die Farbrasterplatte trägt, wie schon der Name andeutet, außer der lichtempfindlichen Schicht auch einen Raster, zusammengesetzt aus fast mikroskopisch kleinen, rot, grün und blau gefärbten Körnchen in regelmäßiger oder unregelmäßiger Anordnung. Die Farbraster der letzteren Art sind viel feiner, aber es treten bei ihnen, eben als Folge der Unregelmäßigkeit, trotz sorgfältigster Mischung oft

ganze Ketten von Körnchen gleicher Farbe auf, eine Erscheinung, die sich unter gar keinen Umständen vermeiden läßt. Diese Farbenketten sind es, die oft schon dem freien Auge, noch viel mehr natürlich bei der Betrachtung durch eine Linse auffallen. Und der letztere Fall liegt beim Raumbilde vor; hier kann, besonders bei kurzbrennweitigen Betrachtungslinsen, die Auflösung des Rasters schon so weit gehen, daß das Bild ein unruhiges, zerrissenes Aussehen bekommt, wodurch es viel von seiner Wirkung verliert. Beim Brewster-Stereoskop und beim schwach vergrößernden Linsenstereoskop ist der Farbraster noch nicht sehr auffällig.

### VI. Raumbildaufnahmen aus großer Nähe.

Richten wir die Stereokamera auf einen sehr entfernten Gegenstand, so ist auf der Platte der Abstand der Gegenstandsbilder gleich dem gegenseitigen Abstände der Objektivachsen, was ohne weiteres verständlich ist. Nähern wir aber

die Kamera dem Gegenstande, so ist dies nicht mehr der Fall, weil die vom Gegenstande kommenden Strahlen nicht mehr parallel durch die Objektive gehen. Wie eine kurze Überlegung lehrt und wie die Abb. 30 zeigt, liegen die Gegenstandsbilder auf der Platte um so weiter auseinander, je kleiner die Gegenstandsweite ist und es kann schließlich, bei Abbildung in natürlicher Größe, der Fall eintreten, daß die Bilder beiderseits an den äußeren Rand der Platte fallen, beide Teilbilder also gänzlich verschiedenen Inhalt haben. In Abb. 30 stelle, mit wenigen Linien angedeutet,  $oo_1b_1b$  die Stereokamera dar;  $C$  und  $C_1$  seien die Objektive,  $bd$  und  $db_1$  die beiden Teilbilder. Dann sind  $m$  und  $m_1$  die Teilbildmitten, die den gleichen gegenseitigen Abstand haben wie die Objektive  $C$  und  $C_1$ .

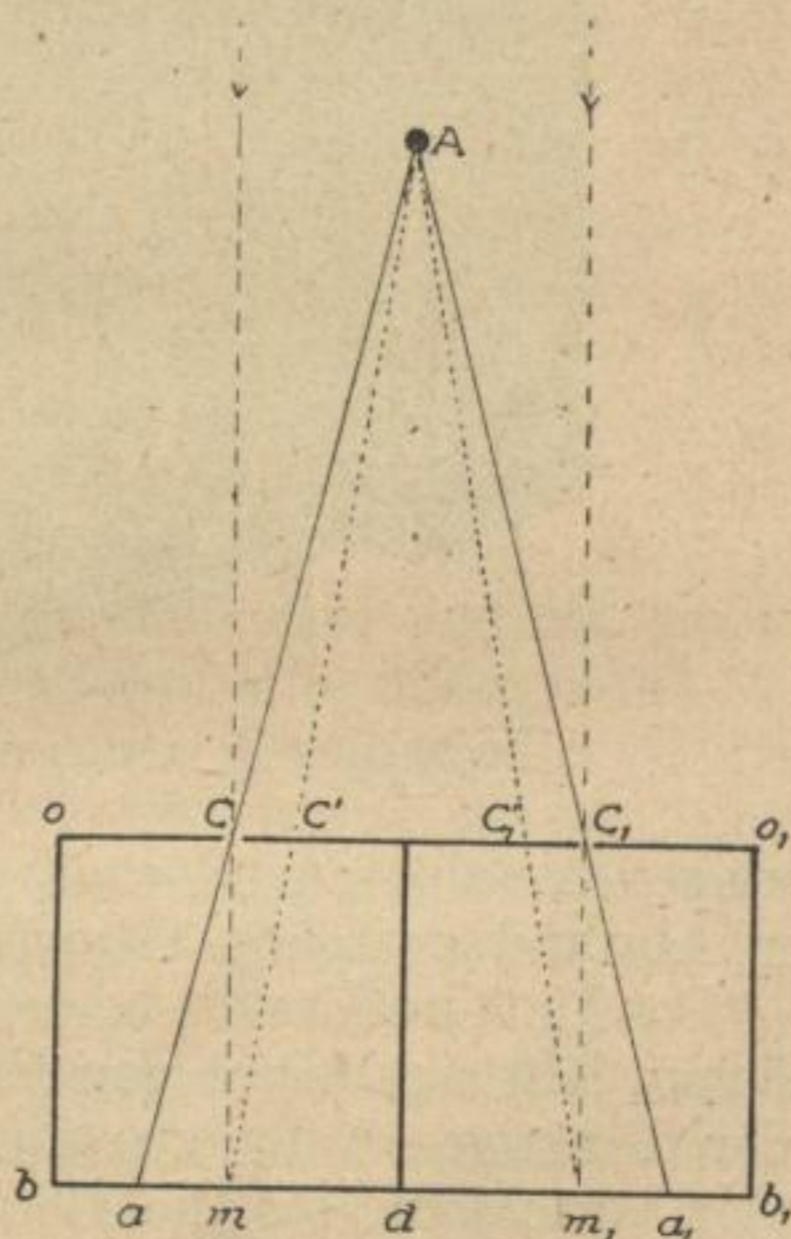


Abb. 30.

Bilden wir in der Kamera einen sehr weit entfernten Gegenstand ab, so treten die von ihm kommenden Strahlen unter sich gleichlaufend durch  $C$  und  $C_1$  in die Kamera ein und treffen die Platte

bei  $m$  und  $m_1$ . Die hier entstehenden Bilder des Gegenstandes liegen also genau so weit voneinander ab wie die Objektive. Nähern wir uns aber dem Gegenstande so stark, daß er in  $A$  erscheint, so treffen die durch  $C$  und  $C_1$  gehenden Hauptstrahlen die Platte nicht mehr in  $m$  und  $m_1$ , sondern weiter außerhalb in  $a$  und  $a_1$ . Ist  $A$  der Hauptgegenstand der Darstellung, so sind  $a$  und  $a_1$  als Fernpunkte zu betrachten, und wir sehen sofort, daß jetzt der Fernpunktabstand viel größer geworden ist, was bei der Betrachtung außerordentlich stören würde. Um auch in diesem Falle die Gegenstandsbilder auf  $m$  und  $m_1$  zu bringen, müssen wir die Objektive nach  $C'$  und  $C'_1$

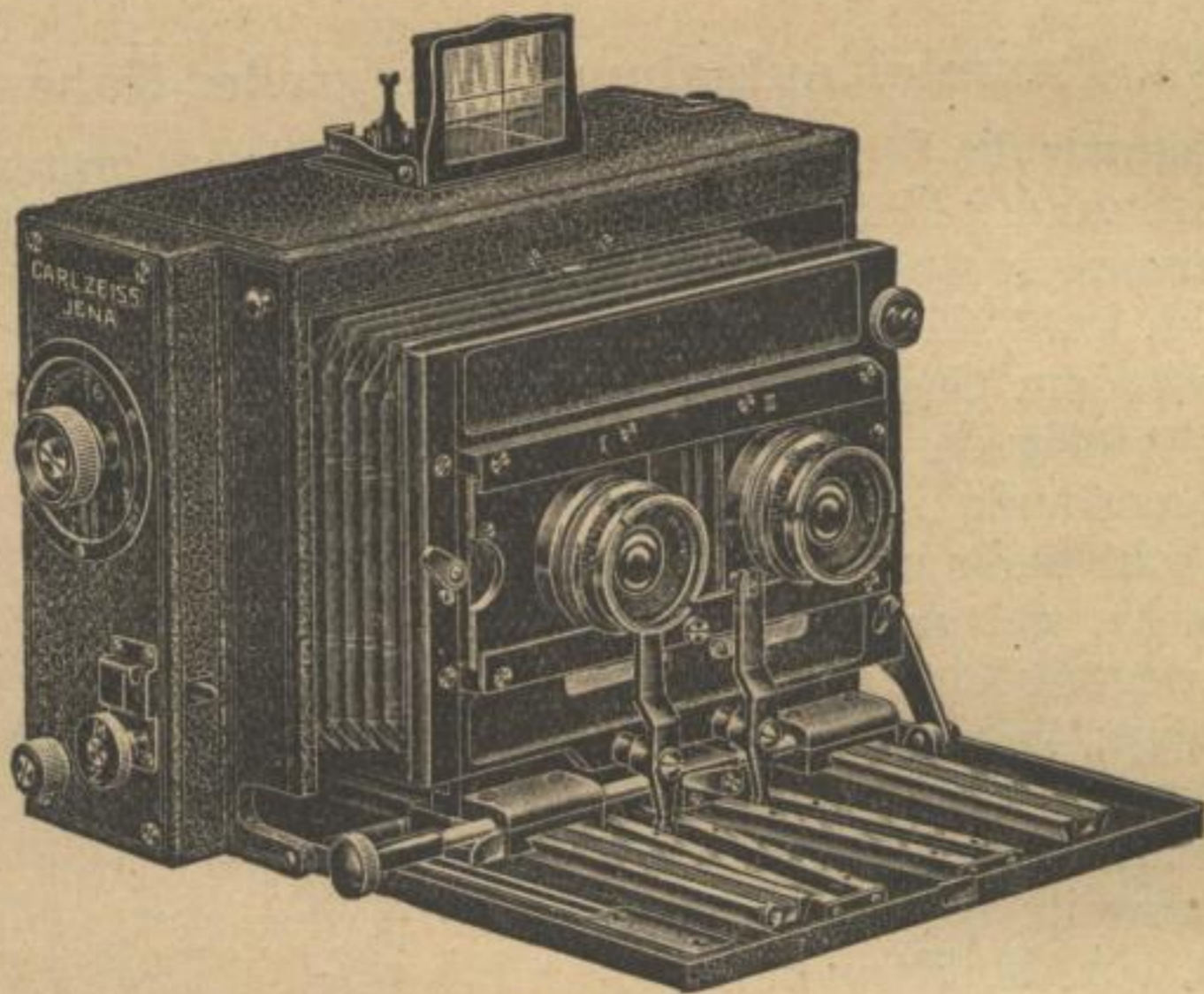


Abb. 31.

verlegen, sie also einander nähern und dies um so mehr, je kleiner der Abstand zwischen Gegenstand und Kamera ist.

Das Maß, um das die beiden Objektive einander genähert werden müssen, läßt sich leicht von Fall zu Fall ermitteln, indem man vor jeder derartigen Aufnahme die Objektive seitlich solange gegeneinander verschiebt, bis die Bilder des Hauptgegenstandes den entsprechenden gegenseitigen Abstand haben. Dazu bedarf aber die Kamera der sonst nicht gebräuchlichen Einrichtung, daß jedes Objektiv für sich allein verschiebbar ist. Man muß weiters darauf achten, daß beide Objektive um gleichviel verschoben werden, weil andernfalls geometrisch etwas verschiedene Teilbilder entstehen könnten. Diese zwar nicht schwierige, aber doch eine gewisse Aufmerksamkeit erfordernde Verschiebung der Objektive aus freier Hand kann

man sich ersparen, wenn man den gegenseitigen Abstand der Objektive mit der Bildweite zwangsläufig verbindet, was möglich sein muß, weil der Objektivabstand zur Gegenstandsweite und damit auch zur Bildweite ganz bestimmte Beziehungen hat. Eine derartige, sehr sinnreiche Anordnung hat W. Sch e f f e r angegeben, die zuerst von Zeiß und in der Folge von der Ica bei der Stereo-Klapp-Palms ausgeführt worden ist. Ihre Wirkungsweise ersehen wir aus Abb. 31. Auf dem Laufboden befinden sich zwischen den gewöhnlichen Führungsschienen zwei unter einem spitzen Winkel nach vorne auseinander laufende Doppelschienen. In deren Schlitten gleiten die Enden zweier doppelarmiger Hebel, die am unteren Rande des Objektivteils ihren Drehpunkt haben. Die oberen Enden der beiden Hebel sind geschlitzt und in diesen Schlitten liegen Stifte, die an den beiden Objektivbrettchen befestigt sind. Diese letzteren laufen leicht geführt, aber lichtdicht in Nuten. Das Schrägmaß der Schienen am Laufboden ist so bemessen, daß bei Einstellung auf Unendlich der Abstand der Objektivachsen gleich ist dem Abstände der Teilbildmitten, bei Einstellung auf natürliche Größe aber nur halb so groß. Ist diese Bedingung erfüllt, so stellen sich die Objektive bei jeder beliebigen Gegenstandsweite, sofern sie die Bildweite beeinflußt, von selbst auf den richtigen gegenseitigen Abstand ein.

Dieser sinnreichen Einrichtung haften aber zwei Unbequemlichkeiten an. Da der Abstand der Objektive veränderlich ist und gelegentlich recht klein werden kann, sind Objektivverschlüsse wegen ihrer größeren Abmessungen nicht verwendbar. Man ist hier also auf den Schlitzverschluß vor der Platte oder auf Deckelbelichtung angewiesen; für letztere muß das Verbindungsstück der beiden Deckel entsprechend verstellbar sein. Der zweite Nachteil ist der, daß sich die Blenden nicht zwangsläufig verbinden lassen, weshalb die jeweils erforderliche Öffnung an jedem Objektiv gesondert eingestellt werden muß. Aber diese Nachteile sind unbedeutend im Vergleiche zum Vorteile der selbsttätigen Einstellung des Objektivabstandes.

Die Verkleinerung des Objektivabstandes hat natürlich auch ihre Grenzen, denn dieser kann naturgemäß nicht kleiner werden als der äußere Durchmesser der Objektive. Bei kleiner gehaltenen Objektiven kommt man auf diese Weise noch bis zur Abbildung in natürlicher Größe. Für Abbildungen in größerem Maßstabe als 1:1 ist dieses Verfahren wie überhaupt das Arbeiten mit zwei Objektiven nicht mehr anwendbar und man greift in solchen Fällen, wo es angeht, zu zwei sich zeitlich folgenden Aufnahmen mit e i n e m Objektiv, wobei dieses um einen der Vergrößerung entsprechenden Betrag verschoben wird. Dieser Weg wird vor allem in der Mikro-

photographie eingeschlagen. An die Stelle der Verschiebung des Objektivs kann auch eine Schwenkung der ganzen Kamera um ein Gelenk vorgenommen werden, dessen Achse durch den abzubildenden Gegenstand geht. Der Betrag der Schwenkung läßt sich an einer Gradteilung einstellen. Diese Art stereoskopischer Aufnahmeverfahren kommt aber für den gewöhnlichen Stereoskopiker nicht in Betracht und es genügt darum, sie hier kurz erwähnt zu haben.

## VII. Raumbildaufnahmen der Ferne (Telestereoskopie).

Bei der Besprechung der Bedeutung der stereoskopischen Basis ist bereits erwähnt worden, auf welche Weise sich das räumliche Sehvermögen unseres Augenpaares über seine natürlichen Grenzen hinaus auf ganz einfache Weise erweitern läßt und man muß sich wundern, daß nicht schon das Brewster'sche Stereoskop, das bereits Berührungspunkte mit der Telestereoskopie aufweist, auf den neuen Gedanken hinübergeleitet hat. Erst Helmholtz hat darauf hingewiesen, daß man das räumliche Sehvermögen des Augenpaares steigern kann, indem man durch Einschalten von Spiegeln den Augenabstand künstlich vergrößert. In der Folge hat man von dieser Anregung zuerst etwas zögernd, dann aber recht ausgiebig Gebrauch gemacht, besonders als man die erweiterte Tiefenwirkung auch für Meßzwecke ausnützen lernte.

Der Übergang vom Auge zur Kamera lag dann nahe genug. Schon die gewöhnliche Kamera mit einem Objektiv bietet die Möglichkeit zu Doppelbildern mit beliebig großem Objektivabstand und wir haben von diesem Verfahren schon gesprochen. Auch die gebräuchliche Stereokamera mit ihrem begrenzten Objektivabstand bietet, natürlich bei sinngemäßer Anwendung, die Möglichkeit zu solchen Aufnahmen, was dann noch die Bequemlichkeit bei der weiteren Verarbeitung und den Umstand für sich hat, daß man die so erlangten Raumbilder der Ferne im gewöhnlichen Stereoskop betrachten kann.

Die Vorteile der stereoskopischen Erfassung der Ferne sind gleichfalls schon gelegentlich berührt worden. Die im Verlaufe der perspektivischen Linien und in der Luftwirkung gebotenen Maßstäbe für größere Tiefen sind für sich allein nicht verläßlich genug; nur Fernwinkelunterschiede bieten ein wirkliches und verläßliches Maß.

Raumbildaufnahmen der Ferne werden im allgemeinen nur für besondere, zumeist wissenschaftliche Zwecke gemacht, aber gelegentlich können sie auch dem gewöhnlichen Lichtbildner nütz-



lich sein, um so mehr, als sie ja auch der gewöhnlichen Kamera zugänglich sind. Ein solcher Fall liegt beispielsweise bei der stereoskopischen Aufnahme eines fernen Gebirgsstockes vor, die nicht nur für den Kartographen und Geologen, sondern auch für den Hochtouristen Anreiz hat. Während der erste eine solche Aufnahme zu einer Karte von höchster Genauigkeit umwandelt, der zweite schon bei der Betrachtung des Bildes zu wertvollen Schlüssen über Beschaffenheit und Aufbau des Gebirges gelangt, kann der Hochtourist sein Stereogramm zuhause am Stereoskop in aller Bequemlichkeit auf gangbare Anstiege untersuchen. Die zur Erlangung der großen Tiefenwirkung unerläßliche längere Standlinie (stereoskopische Basis) kann von Fall zu Fall durch einfache Folgerung ermittelt werden und meistens ist es auch im steilen Gelände nicht allzu schwer, die erforderliche Strecke herzustellen. Für die Ermittlung der notwendigen Standlinie haben wir folgendermaßen zu überlegen: Wir wissen, daß dem Sehlochabstande unseres Augenpaares eine Reichweite des räumlichen Sehens von rund 200 m entspricht. Wollen wir einen etwa 20 km entfernten Gegenstand räumlich noch gut erfassen, so müssen wir die Standlinie so groß nehmen, daß die Reichweite des räumlichen Sehens um ein beträchtliches über ihn hinaus, also etwa bis 60 km reicht. Diese Strecke ist ungefähr 300 mal größer als die natürliche Raumsehweite des Augenpaares, es muß daher zur Erfassung einer Tiefe von 60 km die Standlinie gleichfalls auf das 300 fache des Augenabstandes, also auf rund 20 m erhöht werden.

Raumbildaufnahmen der Ferne haben die Eigentümlichkeit, den dargestellten Gegenstand auffallend klein, fast wie ein Modell zu zeigen. Das steht scheinbar in Widerspruch mit dem, was wir vom Bilde erwarten, nämlich möglichst feine Gliederung nach der Tiefe, zu der auch die Erkennung vieler Einzelheiten erforderlich ist. Die Kleinheit der Darstellung ist aber nur scheinbar und in der gegen den Augenabstand stark übertriebenen Standlinie begründet. Wir haben dies bereits unter den Fehlern des Raumbildes besprochen; im vorliegenden Falle aber, wo die Vergrößerung der stereoskopischen Basis Absicht und Mittel zum Zweck ist, dürfen wir den befremdenden Eindruck des Raumbildes nicht als Fehler ansehen, denn hier kommt es nicht mehr darauf an, ob die Raumwirkung richtig oder falsch, sondern bloß darauf, daß sie deutlich erkennbar sei.

### VIII. Die stereoskopische Projektion.

Der Umstand, daß Stereobilder nur im Stereoskop und darum immer nur von einer Person betrachtet werden können, macht sie für öffentliche Vorführungen ungeeignet. Ihr Reiz hat daher immer

wieder zu Versuchen angeregt, die Raumwirkung auch in der Projektion wiederzugeben. Dazu wurden verschiedene Verfahren ersonnen, die aber durchaus nicht als vollkommen bezeichnet werden können.

Der nächstliegende Vorgang ist wohl der, das stereoskopische Doppelbild so wie ein gewöhnliches Projektionsbild auf dem Schirm abzubilden und es mittels eines besonderen Betrachtungsapparates anzusehen. Die Herstellung und Anwendung derartiger Betrachtungsapparate bedeutet durchaus keine Schwierigkeit und es sind vor allem solche gebaut worden, die mittels eingeschalteter Prismen es ermöglichen, die beiden an der Wand nebeneinander liegenden Teilbilder in den Augen zur Deckung zu bringen. Diesem Verfahren haften aber wesentliche Fehler an. Zunächst ist es schon mißlich, daß jeder Zuschauer seinen eigenen Betrachtungsapparat haben muß; hat er ihn nicht, so sieht er lediglich zwei gleiche Bilder nebeneinander, was stört und ermüdet. Weiter muß, wenn nicht alle Bilder den gleichen Fernpunktstand aufweisen, der Betrachtungsapparat immer wieder neu eingestellt werden. Endlich zeigt der Apparat streng genommen nur in der Achse des Doppelbildes richtig, ein Fall, der nicht einmal für ein Zehntel der Zuschauer zutrifft. Bei stark schräger Betrachtung sind die Größenunterschiede der beiden Teilbilder so bedeutend, daß überhaupt keine Verschmelzung mehr zustande kommt. Aus diesen gewiß schwerwiegenden Gründen hat das an sich sinnreiche Verfahren keinen Eingang gefunden.

Eine zweite Möglichkeit bietet das sogenannte „Anaglyphen-Verfahren“. Bei diesem werden die beiden Teilbilder komplementär, also etwa das rechte grün, das linke rot gefärbt und mittels zweier Bildwerfer so auf die Wand gebracht, daß sich die Fernpunkte decken. Die Betrachtung erfolgt dann mit einer Brille, in die rechts ein rotes, links ein grünes Glas eingesetzt ist. Zufolge dieser gegensätzlichen Farbenanordnung bei Bild und Auge, sieht das linke Auge nur das rote, also linke Teilbild, das rechte nur das grüne, also rechte Teilbild. Diese farbigen Teilbilder verschmelzen dann zu einem angenähert farblosen, räumlich wirkenden Gesamtbilde. Auch dieses Verfahren hat den Nachteil, daß jeder Zuschauer mit einer besonderen Brille ausgerüstet sein muß, die zwar nicht teuer ist, deren Anschaffung aber von ihm füglich nicht verlangt werden kann. Außerdem ist eine solche Brille höchst ungeeignet für die Betrachtung der Umgebung.

Auch noch auf andere Arten ist die stereoskopische Projektion versucht worden, aber nicht eine hat allgemeinere Verwendung gefunden. Das liegt eigentlich auf der Hand. Das gewöhnliche Projektionsbild besitzt, da es wegen seiner Größe mit zwei Augen fast

genau so wie mit einem aus einem einzigen Punkt betrachtet wird, schon zufolge der in ihm enthaltenen perspektivischen Linien eine recht gute Raumwirkung; das gilt besonders für jene Beschauer, die sich angenähert in der Achse des Projektionsbildes und vielleicht gar im Abbildungsmittelpunkte selbst befinden. Die befriedigende räumliche Wirkung des so gesehenen Bildes läßt kein starkes Bedürfnis nach dem stereoskopischen Projektionsbilde aufkommen.

### IX. Andere Verfahren zur Erzeugung von Bildern mit Raumwirkung.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, Bilder herzustellen, die ohne Betrachtungsapparat, also unmittelbar, oder doch nur mit ganz einfachen Behelfen räumliche Wirkung zeigen. Sie gehen insgesamt darauf hinaus, dem Auge bei der Betrachtung das ihm nicht zugehörige Teilbild auf irgend eine Weise unsichtbar zu machen. Die zwei bedeutenderen Verfahren seien hier kurz erwähnt.

Das erste ist das bereits erwähnte Anaglyphen-Verfahren, das um die Mitte der Neunziger Jahre von *Ducos du Hauron* angegeben wurde, aber, wie sich später herausstellte, schon früher, wenn auch nicht in gleicher Vollkommenheit, bekannt war. Bei diesem Verfahren werden die beiden Teilbilder, ähnlich wie beim stereoskopischen Projektionsbilde, in zwei gegensätzlichen Farben, beispielsweise das linke in Rot, das rechte in Grün mit dem entsprechenden Fernpunktabstände auf weißes Papier gedruckt. Damit nun das linke Auge nur das linke, das rechte Auge nur das rechte Teilbild sehe, muß eine Brille mit entsprechend gefärbten Gläsern benützt werden. Die durch die komplementär gefärbten Brillengläser gesehenen Teilbilder verschmelzen leicht zu einem Gesamtbilde. Linsenwirkung ist nicht notwendig, da es auf eine genaue Nachahmung der Wirklichkeit nicht ankommt, denn der Wert derartiger Stereobilder geht kaum über den eines Spielzeuges hinaus.

Das zweite Verfahren beruht auf parallaxtischer Wirkung. Denken wir uns zwei Teilbilder in schmale Streifen zerlegt und diese abwechselnd so aneinander gefügt, daß unmittelbar neben einem Streifen des einen Teilbildes der dem Fernpunktabstände entsprechende Streifen des anderen Teilbildes liegt; denken wir uns ferner in einem gewissen Abstände von diesem Bilde einen Linienraster aufgestellt, dessen Linienbreite und Linienweite genau der Breite und dem Abstände der Teilbildstreifen entspricht: dann muß es für den Linienraster eine Stellung geben, bei der jedes Auge

nur die Streifen des ihm zugehörigen Teilbildes sieht, während ihm die Streifen des anderen Teilbildes durch die dunklen Linien des Rasters verborgen bleiben. Die auf diese Weise erzielte Raumwirkung ist im ersten Augenblick verblüffend; leider ist der Eindruck des Bildes durch den verhältnismäßig groben Raster gestört. Auch diesem Verfahren kommt keine größere Bedeutung zu, es kann, gleich dem früheren, nur als sinnreicher Versuch gewertet werden.

### X. Raumsehen mit einem Auge.

Es möge hier noch kurz darauf hingewiesen werden, daß auch Flachbilder eine recht gute, wenn auch nur scheinbare Tiefenwirkung gewähren, wenn man sie richtig betrachtet. Fast jedes Bild enthält eine große Anzahl perspektivischer Linien, die über den Aufbau des Bildes nach der Tiefe reichlich Aufschluß geben. Daß ein solches Bild nicht auch räumlich erscheint, hat seinen Grund vor allem darin, daß es nicht mit einem, sondern mit beiden Augen, also aus zwei Punkten betrachtet zu werden pflegt. Zunächst müssen wir uns der schon vom stereoskopischen Bilde her bekannten Forderung erinnern, daß die Betrachtung aus dem Abbildungsmittelpunkte eine der Hauptbedingungen zum richtigen räumlichen Sehen ist. Diese Bedingung können wir beim gleichzeitigen Sehen mit zwei Augen natürlich nie erfüllen; ein Auge sieht das Bild vielleicht aus dem Abbildungsmittelpunkte, das andere dann aber bestimmt nicht, das Gesamtbild kann daher keinen einwandfreien Eindruck machen. Ein Beispiel läßt uns die Richtigkeit des Gesagten erkennen. Betrachten wir etwa ein Bild 13 : 18 auf gewöhnliche Art, also mit beiden Augen, so wird es uns, mag es noch so viele perspektivische Linien und eine noch so gute Luftwirkung aufweisen, doch nicht über die Tatsache hinwegzutäuschen vermögen, daß wir ein flaches Bild vor uns haben. Die Ursache dessen ist eben der Umstand, das wir das aus einem ganz bestimmten Abbildungsmittelpunkt heraus erhaltene Bild aus zwei Punkten betrachten, von denen höchstens einer der Abbildungsmittelpunkt sein kann. Schließen wir nun ein Auge, so beseitigen wir zunächst bestimmt eine Ursache des fehlerhaften Sehens; trachten wir dann weiter noch, mit dem anderen in den Abbildungsmittelpunkt des Bildes zu kommen, so werden wir von der nunmehr deutlichen Raumwirkung überrascht sein. Der Eindruck wird noch besser, wenn wir die störende Umgebung durch eine aus der hohlen Hand gebildeten Blende abdecken. Hier ist also der Eindruck des räumlichen Sehens lediglich auf den Umstand zurückzuführen, daß wir das Bild genau aus dem Abbildungsmittelpunkte und nur aus diesem betrachten.

Zur Erleichterung dieser Art des Raumsehens können Linsen benützt werden, die es auch bei kleinen Bildern ermöglichen, das Auge in den Abbildungsmittelpunkt zu bringen. Hier kommt noch ein weiterer günstiger Umstand hinzu, nämlich die Einstellung des Auges auf Unendlich, die für das richtige Raumsehen ja auch beim stereoskopischen Bilde so wichtig ist. Eine ausgezeichnete derartige Betrachtungseinrichtung ist der „Verant“ von Zeiß, der alle angeführten Bedingungen erfüllt und ein vollkommen verzeichnungsfreies Bild liefert.

Daß beim Projektionsbilde hinsichtlich der Raumwirkung ganz ähnliche Verhältnisse vorliegen, haben wir im vorhergehenden Abschnitte angedeutet.

### XI. Der Anwendungsbereich des Raumbildes.

Das Stereoskop hat durch Jahrzehnte fast nur als Spielzeug gegolten, mit kaum einem höheren Zwecke, als dem Betrachtenden Überraschung und Genuß zu bereiten; auch als Lehrmittel, zur Veranschaulichung geometrischer Raumfiguren und Kristallformen wurde es gelegentlich verwendet. Erst lange Zeit nach seiner Erfindung und erst nachdem die in diesem Wunderkästchen sich vollziehenden Vorgänge genauer erkannt und wissenschaftlich gedeutet waren und als man weiterhin die Bedingungen kannte, unter denen das Stereobild den abgebildeten Naturausschnitt wirklich raumgetreu wiedergibt, konnte daran gedacht werden, diesen Behelf ernsteren Zwecken dienstbar zu machen. Das höchste Ziel erreichte aber das Raumbild erst, als man auf seiner Eigenart ein Verfahren zur Messung der Raumtiefe aufbaute, das heute auf einer hohen Stufe der Vollkommenheit steht und sich auf den verschiedensten Gebieten außerordentlich bewährt hat. Wir können ruhig behaupten, daß dem stereoskopischen Meßverfahren kein anderes an vielseitiger Verwendbarkeit gleichkommt, denn auf demselben Wege, auf dem es uns über die winzigen Raumverhältnisse der Kleinwelt aufklärt, erschließt es uns die unvorstellbar großen Tiefen des Weltalls. Im folgenden soll mit flüchtigen Linien das weite Gebiet umrissen werden, das sich das Raumbild erobert hat.

Zuerst wollen wir das gewöhnliche Stereobild, wie es mit der gebräuchlichen Stereokamera unter Einhaltung der üblichen oder mäßig verkleinerten Objektivabstände gewonnen wird, in Betracht ziehen. Sehen wir von dem rein unterhaltenden Zweck des Raumbildes ab, so ist es besonders das weite Gebiet des Anschauungsunterrichtes, auf dem es sich außerordentlich nützlich er-

weist. Da gibt es kaum ein Fach, in das die Stereoskopie nicht fördernd eingreifen könnte. Zunächst verschafft sie in der *Erdkunde* dem Lernenden eine lebendigere Vorstellung von der Wirklichkeit als es das beste Flachbild tun könnte. Als Beispiel führen wir etwa ein Bild aus dem tropischen Urwalde an, das bei gewöhnlicher Darstellung wegen der Überfülle an Einzelheiten so verwirrend wirkt, daß man zu keiner richtigen Vorstellung der Raumverhältnisse gelangt. Im Raumbilde hingegen löst sich das Gewirre zu einem Gebilde von prachtvoller Tiefenwirkung auf, in dem wir jeden Baum und jeden Ast an seinen Ort zu stellen vermögen und in dem auch die Größenverhältnisse offenbar werden, besonders wenn im Bild ein uns bekanntes Lebewesen erscheint. Gleich wertvoll ist das Raumbild auf dem Gebiete der *Naturkunde*. Räumliche Darstellungen der Tiere mit ihrer unmittelbaren natürlichen Umgebung, von Pflanzen am Standort und ganz besonders von Gesteinen vermitteln eine viel bessere Vorstellung des Gegenstandes als das gewöhnliche Bild. In der Gesteinskunde sind es vor allem die Kristalle, die sich in der stereoskopischen Darstellung unvergleichlich schön darbieten. Der besondere Reiz liegt hier in der ungemein natürlichen Wiedergabe ihres Glanzes, die auf dem Sehen mit zwei Augen beruht. Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich der *spiegelnde Glanz* im gewöhnlichen Bilde nicht darstellen, auch mit einem Auge nicht wahrnehmen läßt, wovon wir uns leicht durch einen Versuch überzeugen können. Blicken wir schräg gegen eine ziemlich nahe spiegelnde Marmorplatte, so verschwindet der Eindruck des Spiegels in dem Augenblick, in dem wir ein Auge schließen; was wir jetzt wahrnehmen, ist ein regelloses Durcheinander dunkler und heller Flecke. Öffnen wir dann dieses Auge und schließen sofort das andere, so haben wir im ganzen den gleichen Eindruck, nur mit dem Unterschiede, daß die Verteilung der Flecke entsprechend dem geänderten Augenort etwas anders ist. Schauen wir dann mit beiden Augen, so wird die Fläche plötzlich körperlich und lebendig und jetzt erst stellt sich das ein, was wir als Spiegelglanz bezeichnen. Die Glanzwirkung beruht also auf der Verschmelzung zweier in bezug auf die hellen und dunklen Flecke etwas verschiedenen Teilbilder. Da das Stereoskop genau das gleiche tut wie das Auge, ist auch es imstande, die Glanzwirkung einwandfrei wiederzugeben.

Ein anderes Gebiet, auf dem die Stereoskopie nützlich eingreifen kann, ist das der räumlichen *Geometrie* (Stereometrie). Hier vermittelt sie in Ermangelung von Modellen eine lückenlose Vorstellung räumlicher Gebilde und macht uns auch auf Fehler aufmerksam, die wir beim Zeichnen solcher Gebilde

leicht begehen. So werden wir beispielsweise im Stereoskop viel leichter als durch Überlegung davon zu überzeugen sein, daß die räumliche Darstellung eines Körpers in bezug auf einen nahen Betrachtungspunkt durchaus keine so einfache Sache ist.

Hohen Wert hat das Raumbild weiter auf dem Gebiete der Architektur und des Maschinenbaues. Auch hier ist es wieder die Tiefengliederung, die viele im Flachbilde offen bleibende Zweifel löst. Man denke bei jener an die vielen Überschneidungen, bei diesem an die Durchblicke, die oft erst nach ihrer räumlichen Auflösung richtig zu deuten sind.

Obwohl die Stereoskopie aus schon früher dargelegten Gründen nicht als künstlerisches Ausdrucksmittel angesehen werden darf, eignet sie sich doch gut zur Darstellung künstlerischer Gegenstände und der Erzeugnisse des Kunsthandwerkes. Selbstverständlich kommen nur plastische Werke in Betracht, aber bei diesen erweist sich die stereoskopische Darstellung als besonders nützlich, weil sie einmal das Räumliche des wiedergegebenen Gegenstandes unter allen Umständen besser wiedergibt als das Flachbild, und dann noch, weil zufolge der stereoskopischen Glanzwirkung das Stoffliche viel deutlicher zum Ausdrucke kommt. Das Raumbild einer Porzellan- oder Bronzefigur beweist dies am besten.

Es ist selbstverständlich, daß das Raumbild im Anschauungsunterricht nur dann seine Aufgabe voll erfüllt, wenn es richtig aufgenommen ist und richtig betrachtet wird. Ist dies nicht der Fall, so vermittelt es falsche Raumvorstellungen, die hier ganz besonders zu vermeiden sind.

Raumbildaufnahmen mit sehr verkleinerter oder sehr vergrößerter stereoskopischer Basis dienen fast ausnahmslos wissenschaftlichen Zwecken, doch können sie gelegentlich auch dem Anschauungsunterrichte dienen; für den gewöhnlichen Stereoskopiker kommen Aufnahmen der ersten Art gar nicht, solche der zweiten nur gelegentlich in Frage. Während bei der gewöhnlichen Raumbildaufnahme tunlichst richtige Wiedergabe der Raumverhältnisse anzustreben ist, spielt diese Forderung bei den nun zu besprechenden keine wichtige Rolle mehr, denn hier kommt es viel mehr auf eine möglichst deutliche Raumwirkung überhaupt an. Bei vielen wissenschaftlichen stereoskopischen Verfahren ist der Endzweck des Bildes nicht so sehr die Betrachtung wie die Messung, die Raumwirkung ist hier also nur das Mittel zum Zweck. Da zwischen dem wirklichen Raum und dem im Bilde vorgestellten ganz bestimmte, auf der Größe der stereoskopischen Basis sich gründende Beziehungen herrschen, so ist es im Grunde gleich, ob die Raumwirkung richtig

oder falsch ist, wenn nur die in Betracht kommenden Gegenstände in ihren Bereich fallen. Zweckmäßig wird man zu sehr starken Raumwirkungen greifen, weil dann zufolge der größeren Fernwinkelverschiebungen auch die Genauigkeit der Messung wächst. Dabei ist man freilich, besonders bei Aufnahmen aus der Kleinwelt, an eine von Fall zu Fall gegebene Grenze gebunden, wogegen bei Fernaufnahmen, die über den Bereich unseres Planeten hinausgehen, von einer solchen nur unter ganz besonderen Umständen die Rede sein kann.

Auf dem Gebiete der *Kleinwelt* vermag die Stereoaufnahme, wenn auch nicht die unmittelbare Betrachtung zu ersetzen, so doch sie in sehr wichtigen Belangen zu ergänzen. Das Mikroskop besitzt bekanntlich eine außerordentlich geringe Schärfentiefe, die das räumliche Sehen erschwert. Zwar ist man in der Lage, gerade mit ihrer Hilfe den zu untersuchenden Gegenstand der Tiefe nach abzutasten und auf diese Weise eine Vorstellung seiner räumlichen Beschaffenheit zu gewinnen, aber dieser Weg ist umständlich im Vergleich zu einer stereoskopischen Aufnahme, die, wenn zweckmäßig ausgeführt, über die Raumverhältnisse eine fast erschöpfende Auskunft gibt. Vorausgesetzt aber ist dabei, daß es sich um *ruhende* Gegenstände handelt, weil hier die Teilbilder nacheinander gewonnen werden müssen. Und hierin liegt auch die Grenze der Anwendbarkeit des Verfahrens auf diesem Gebiete.

An dieser Stelle müssen wir auch der Verwendung der Stereoskopie für *ärztliche Zwecke* Erwähnung tun. Hier ist die Art und Weise, wie die Teilbilder erzeugt werden, sehr verschieden und richtet sich nach den gegebenen Verhältnissen. Oft ist es möglich, mit zwei, zuweilen sehr kleinen Objektiven zu arbeiten, aber vielfach erfolgt auch die Aufnahme nur mit *einem* Objektiv nach der bereits weiter oben angegebenen Art. Bei Röntgenaufnahmen, die in ihrem Wesen Schattenbilder sind, genügt eine Verschiebung der Lichtquelle vor der zweiten Teilaufnahme.

Ganz außerordentlich weit ist der Bereich der Anwendbarkeit des Raumbildes bei *Aufnahmen der Ferne*. Zunächst sind es *Geländeaufnahmen*, bei denen das stereoskopische Verfahren sehr große Vorteile bietet, sei es zur bloßen räumlichen Darstellung, sei es, um mit seiner Hilfe Landkarten zu entwerfen. Die Vorteile des Verfahrens gerade für den letzteren Zweck liegen neben der viel größeren Bequemlichkeit in der sehr bedeutenden Abkürzung der Arbeit. Während die rein geodätische Aufnahme eines Geländestückes mit allen seinen Einzelheiten ungemein zeitraubend und in hohem Maße von den Zufällen der Witterung ab-



hängig ist, genügen nach den Raumbildverfahren zwei Aufnahmen in verhältnismäßig geringen Abständen voneinander, um den Aufbau eines großen Geländeteiles auf einmal mit allen Einzelheiten zu erfassen und festzuhalten. Ein ähnliches Aufnahmenpaar von der Gegenseite her gibt das Gleiche für den abliegenden Teil und zwei Aufnahmenpaare von beiden Seiten her erschließen das Gelände so, daß über die Lage keines sichtbaren Punktes mehr ein Zweifel bestehen kann.

Die Auswertung derartiger Aufnahmen kann entweder durch Messung der Fernwinkelverschiebungen auf den Teilbildern gegen künstlich festgelegte Fernpunkte oder durch unmittelbare Messung der Tiefenunterschiede mit Hilfe der „wandernden Marke“ erfolgen. Das zweite Verfahren wird, weil viel schneller und doch recht genau, vorgezogen. Dazu kann man sich, wenn es die Größe der Bilder, zuläßt und wenn es sich nur um genäherte Ergebnisse handelt, des Zeiß-Stereoskops in Verbindung mit dem Stereomikrometer bedienen; für sehr genaue Messungen kommen aber feinere Behelfe, vor allem der Zeißsche „Stereokomparator“ in Betracht. Dieser ist nichts anderes als ein ins Große übersetztes Stereoskop mit feinen Meßeinrichtungen sowohl für die Bewegung des ganzen Plattenpaares wie auch für die Verschiebung einer Platte gegen die andere. Die Tiefenmarke befindet sich hier nicht unmittelbar über den zu vermessenden Platten, sondern im Okular des Mikroskops, dort, wo das Bild der Platten entsteht.

Eine für kartographische Arbeiten ungemein nützliche Vervollkommnung des Stereokomparators wurde von O r e l im „Stereo-Autographen“ ersonnen, der selbsttätig alle auf den Stereoplatten gemachten Einstellungen auf ein Zeichenblatt überträgt, so daß man hier unmittelbar die entsprechenden Schichtlinien und andere Einzelheiten an ihrem Orte erhält. Die so erzielbare Zeitersparnis ist außerordentlich.

Das Raumbild mit erweiterter Basis spielt auch in der P h o t o - g r a p h i e a u s d e r L u f t eine wichtige Rolle. Hier handelt es sich fast immer um die räumliche Darstellung eines Geländestücks von einem senkrecht oder fast senkrecht über ihm befindlichen Punkte aus. Da es hier auf die Erkennung von kleinen Erhöhungen und Vertiefungen ankommt, der Abstand des Apparates vom Gelände aber gewöhnlich mehrere Kilometer beträgt, muß die Standlinie sehr groß genommen werden. Dazu benützt man die Bewegung des Flugzeuges selbst. Kennt man dessen Geschwindigkeit, so ist es leicht, aus der Flugbahn durch entsprechenden zeitlichen Abstand der beiden Aufnahmen die erforderliche Standlinie herauszuschneiden. Die Betrachtung derartiger Auf-

nahmen kann wegen der Größe der Teilbilder nicht in einem gewöhnlichen Stereoskop, sondern muß in einem besonderen Betrachtungsapparat erfolgen.

Auch für die Messung von **W o l k e n h ö h e n** erweist sich das stereoskopische Verfahren als ungemein brauchbar. Hier müssen, damit die Eigenbewegung der Wolken unschädlich wird, beide Teilaufnahmen genau gleichzeitig erfolgen, was mit Hilfe einer zweiten Person oder im Wege elektrisch gekuppelter Verschlüsse leicht möglich ist. Die Aufnahmen erfolgen am besten gegen das Zenit. Als Anhalt bei der Messung dienen künstliche, durch mitphotographierte Randmarken festgelegte Fernpunkte.

Das höchste leistet das stereoskopische Verfahren aber, wenn es für **a s t r o n o m i s c h e Z w e c k e** benützt wird. Es ist bereits in einem früheren Abschnitte kurz angedeutet worden, in welcher Weise dies geschehen kann. Bei dem uns nächsten Weltkörper, dem Monde, gelingt es, mit Ausnützung der Libration nicht nur seine Kugelgestalt darzustellen, sondern auch Höhen und Tiefen auf seiner Oberfläche zu ermitteln. Aber seine wahre Bedeutung gewinnt hier das Raumbild erst, wenn ihm noch weitere Ziele gesteckt werden. Die erforderlichen Standlinien sind leicht zu schaffen; solche bietet uns die Erde in ihrer Bewegung um die Sonne und die Sonne in ihrer Bewegung im Weltall. Da sind wir in der Lage, die Millionen von Kilometern nur so aus dem Ärmel zu beuteln! Die Strecke, die die Erde im Laufe von zwei Tagen in ihrer Bahn zurücklegt, beträgt fünf Millionen Kilometer; diese Strecke als Standlinie genommen genügt, um die Grenzen unseres Planetensystems mit Leichtigkeit räumlich zu erfassen. Noch viel größere Standlinien können wir schaffen, wenn wir die Bewegung der Sonne im Welt- raume dazu heranziehen. Legen wir dabei eine Sekundengeschwindigkeit von 30 km zugrunde, so können wir leicht ausrechnen, auf welche Strecken die Standlinie in einer Reihe von Jahren anwächst und wie weit damit die Reichweite unseres räumlichen Sehens in das Weltall hinausgetragen wird. Wir wollen hier nicht mit Zahlen spielen; es sei nur angedeutet, daß die so innerhalb weniger Jahre erlangte Standlinie schon genügt, die näheren Fixsterne von ihrem Hintergrunde loszulösen. Freilich sind dabei die mächtigen Hilfsmittel und die feinen Meßverfahren des Astronomen mit in Rechnung gezogen. Viele der so erlangten Stereobilder des Himmels bieten auch schon im gewöhnlichen Stereoskop einen sehr hübschen und lehrreichen Anblick und bilden darum ganz ausgezeichnete Behelfe für den Anschauungsunterricht. Die schönsten Bilder dieser Art sind von Prof. **M a x W o l f** in Heidelberg aufgenommen und herausgegeben worden.

Dem Astronomen ist aber nicht so sehr daran gelegen, die Gestirne in räumlicher Anordnung zu sehen, als vielmehr daran, ihre Fernwinkelverschiebungen zu messen und daraus dann die möglichen Schlüsse zu ziehen. Erst damit steht das stereoskopische Verfahren auf dem Gipfelpunkt seiner Bedeutung. Für solche Arbeiten ist in hervorragendem Maße das von Dr. Pulfrich erfundene „Blinkmikroskop“ geeignet, das so beschaffen ist, daß die beiden Teilbilder nicht zugleich, sondern abwechselnd in rascher Folge gesehen werden. Die parallaktischen Verschiebungen geben sich durch Hin- und Herspringen der damit behafteten Sternbilder kund, fallen darum sofort in die Augen und sind leicht zu messen.

Die Stereoskopie kann auch noch zu anderen Zwecken herangezogen werden. Sie eignet sich, besonders in Verbindung mit dem Blinkmikroskop, ausgezeichnet zur Aufsuchung von veränderlichen und neuen Sternen und zur Erkennung und Unschädlichmachung von Plattenfehlern; sie erleichtert die Prüfung von Maßstäben auf Teilungsfehler, ja sogar die Untersuchung von Wertpapieren auf ihre Echtheit. Und so gibt es noch viele Fälle, sowohl im großen wie im kleinen, in denen sich das Raumbild unmittelbar oder mittelbar von großem Nutzen erweist.

## Schlagwörter.

- Abbildungsmittelpunkt** 3.  
— Betrachtung aus dem — 19  
**Abstand, gegenseitiger, der Teilbilder** 63.  
**Abweichung, chromatische, des Auges** 6.  
— sphärische, des Auges 6, 7.  
**Anaglyphen-Verfahren** 70, 71.  
**Anwendungsbereich des Raumbildes** 73.  
**Ärztliche Stereoaufnahmen** 76.  
**Astigmatismus des Auges** 6, 7.  
**Astronomische Stereoaufnahmen** 78.  
**Aufsichtsbild** 58.  
**Aufziehen der Teilbilder** 63.  
**Augenabstand, dessen künstliche Vergrößerung** 10, 11.  
— dessen künstliche Verkleinerung 13.  
**Augenpaar, sein räumliches Sehvermögen** 31.  
**Autochromplatte** 64.
- Basis, stereoskopische** 9.  
**Beleuchtung** 50.  
**Belichtung** 51.  
— gleiche, der Teilbilder 17.  
**Belichtungsschieber von Spitzer** 38.  
**Betrachtungsapparat, seine Haltung** 20.  
**Betrachtungsbehelfe** 39.  
**Betrachtungskästen** 48.  
**Bildgröße, stereoskopische** 14.  
**Bildraum** 3.  
**Bildweite** 3.  
**Blende, Stolzesche** 44, 62.  
**Blicken** 7.  
**Blinder Fleck** 6.  
**Blinkmikroskop** 79.  
**Brewster** 41.  
**Bromsilberpapier** 58.
- Chlorbromsilberpapier** 58.  
**Chlorsilbergelatinepapier** 58.
- Chlorsilberpapier** 58.  
**Chromatische Abweichung des Auges** 6.
- Dichte des Filters** 55.  
**Dicke des Filters** 55.  
**Drehbarkeit des Augapfels** 6.  
**Drehung des räumlich darzustellenden Gegenstandes** 13.  
**Dreiobjektivkamera** 35.  
**Ducos du Hauron** 71.  
**Durchsichtsbild** 58.
- Effekt, pseudostereoskopischer** 23.  
**Eigenarten des Entwicklers** 52.  
**Einstellung des Bildes** 49.  
**Entwicklung** 52.  
**Entwicklung nach der Zeit** 53.  
**Entwicklungspapier** 58.  
**Entwicklungsweise** 52.  
**Erweiterter Objektivabstand** 11.
- Falsches Licht im Stereoskop** 30.  
**Farbenabweichung des Auges** 7.  
**Farben beim Stereobilde** 63.  
**Farbenbrille** 70, 71.  
**Farbenempfindliche Platte** 54.  
**Farbrasterverfahren** 64.  
**Fehler des Raumbildes** 20.  
**Feinkörnigkeit des Kopierpapiers** 57.  
**Fensterwirkung** 62.  
**Ferne, Raumbildaufnahmen der** 68.  
**Fernpunktabstand** 19.  
**Fernwinkel** 5.  
**Filter** 55.  
**Fleck, blinder** 6.  
— gelber 6.
- Gegenseitiger Abstand der Teilbilder** 63.  
**Gegenstandsraum** 3.  
**Gegenstandsweite** 3.  
**Geländeaufnahmen** 76.  
**Gelber Fleck** 6.

Gelbscheiben 5.  
Gewöhnliche Platte 54.  
Glanzwirkung, stereoskopische 74.  
Glaskörper des Auges 6.  
Glätte des Kopierpapiers 57.  
Gleicher Inhalt der Teilbilder 17.

**Haltung** des Betrachtungsapparates 20.

Helmholtz 32, 43, 68.  
Horizontlinie des Bildes 19.  
Hornhaut 6.  
Hübl 55.

Ica-Orthostereoskop 48.  
Indupor-Gesellschaft 43.  
Inhalt der Teilbilder 13.  
— gleicher, der Teilbilder 17.

**Kammerwasser** 6.  
Kleinwelt, Stereoaufnahmen aus der 76.  
Kolorieren der Stereobilder 64.  
Kristalllinse 6.  
Künstliche Vergrößerung des Augenabstandes 10, 11.  
— Verkleinerung des Augenabstandes 13.

Licht, falsches, im Stereoskop 30.  
Linien, stürzende 18, 22, 30.  
Linsenprismen 42.  
— stereoskop 40.  
Linsenstereoskop 40.  
Luft, Stereoaufnahmen aus der 77.  
Lukenwirkung 62.  
Lumière 64.

**Marke**, wandernde 46, 77.

**Nahgrenze** 25, 56.  
**Netzhaut** 4.

**Objektivabstand**, erweiterter 11.  
Orel 77.  
Orthostereoskop der Ica 48.  
— von Stolze 44.

**Parallaxe** 5.  
Photographie aus der Luft 77.  
Platte, gewöhnliche 54.  
— farbenempfindliche 54.  
Prismenfernrohr 11.

**Rheden**, Die Stereoskopie.

Prismenstereoskop 41.  
Projektionsmittelpunkt 3.  
Projektion, stereoskopische 69.  
Prüfungstafeln, stereoskopische 32.  
Pseudostereoskopischer Effekt 23.  
Pulfrich 32, 46, 79.  
Pupille 4.  
Pupillenabstand 9.

**Raumbild**, dessen Fehler 20.  
— dessen wahrheitsgetreue Wirkung 16.

**Räumliches Sehen**, dessen Reichweite 10.  
— — durch Schielen 46.  
— Sehvermögen des Augenpaares 31.  
— Sehvermögen, seine Prüfung 31.  
**Raumlüge** 23.  
**Reichweite** des räumlichen Sehens 10.  
**Relieffernrohr** 11.  
**Retusche** 54.  
**Röntgen-Stereoaufnahmen** 76.

**Scheffer** 67.  
Schieberblende 17.  
Schieberschluß im Objektiv 17.  
Schielen, räumliches Sehen durch 46.  
Schulung des Auges im räumlichen Sehen 31.  
Schwenkung der Kamera 68.  
Sehgrube 6.  
Sehloch 4.  
Sehlochabstand 9.  
Sehen, räumliches, dessen Reichweite 10.  
Sehvermögen, räumliches, des Augenpaares 31.  
Sphärische Abweichung des Auges 6, 7.  
Spiegelnder Glanz 74.  
Spiegelstereoskop 40, 41.  
Spitzer 38.  
Standentwicklung, eigentliche 53.  
— abgekürzte 53.  
Standlinie 13.  
Standpunkt, dessen Wahl 55.  
Steinhausersches Stereoskop 46.  
Stereon 37.  
Stereo-Autograph 77.  
Stereobrett 39.  
Stereofilmkamera 35.  
Stereoklappkamera 33.

- Stereokomparator 77.  
Stereokopierapparat 60.  
Stereokopierrahmen 59, 60.  
Stereomikrometer 45, 77.  
Stereonaheinrichtung 67.  
Stereoskopische Basis 9.  
— Glanzwirkung 74.  
— Projektion 69.  
— Prüfungstafel 32.  
— Wandtafeln 47.  
— Wolkenaufnahmen 78.  
Stereospreizenkamera 33.  
Stereostat 39.  
Stereo-Zwischenstück 38, 39.  
Stolze 44, 62.  
Stolzesche Blende 44, 62.  
Stürzende Linien 18, 22, 30.
- Teilbilder, deren Aufziehen 63.  
— deren gegenseitiger Abstand 63.  
— deren Inhalt 13, 17.  
Telestereoskopie 13, 68.  
Tönungen des Stereobildes 64.  
Tonungsverfahren 64.
- Überbelichtung 51.  
Umrahmung der Teilbilder 24.
- Umrahmung des Raumbildes 61.  
Unterbelichtung 53.
- Verant 73.  
Verantlinse 45.  
Vergrößerung, künstliche des Augenabstandes 10, 11.  
Verkleinerung, künstliche des Augenabstandes 13.  
Vertauschen der Teilbilder 59.  
Vorstellungsbild 5.
- Wahl der Platte 54.  
— des Standpunktes 55.  
Wahrheitsgetreue Wirkung des Raumbildes 16.  
Wandernde Marke 46, 77.  
Wandtafeln, stereoskopische 47.  
Wheatstone 40, 41.  
Wirkung, wahrheitsgetreue, des Raumbildes 16.  
Wolkenaufnahmen, stereoskopische 78.
- Zeiß 41, 73.  
Zeiß-Stereoskop 45.  
Zentralprojektion 3.  
Zweischalenentwicklung 52.

Nur  
rastloses Streben  
führt zum Ziel!

Nur durch eifriges und sorgfältiges Studium guter photographischer Fachliteratur können Sie die Photographie in vollkommener Weise beherrschen lernen. Eine große Auswahl photographischer Bücher, die von den berufensten Kennern des Lichtbildwesens verfaßt sind, finden Sie im Anzeigenteil dieses Buches verzeichnet.

1791

1791

1791

1791

1791

1791

1791

1791



1977/78



P 0245286

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a date or reference number.





SLUB Dresden



2 0245286

