



125 JAHRE

Kern
AARAU

1939 feierte die Firma **KERN & CO. AG.** ihr 120jähriges Bestehen. In einer Jubiläumsschrift wurde das Ereignis gewürdigt und festgehalten.

Seither sind wiederum 5 Jahre vergangen und heute blickt das Unternehmen auf eine ununterbrochene Arbeit von 125 Jahren zurück. In diese 5 Jahre fiel der furchtbarste Konflikt, der je die Menschheit heimgesucht hat, und der heute noch nicht zu Ende ist.

Schon die Gründung der Firma 1819 fiel in eine Zeit politischer Unruhe. Im Laufe der Jahrzehnte gesellten sich immer mehr auch soziale Spannungen dazu. Kriegerische und wirtschaftspolitische Auseinandersetzungen folgten sich, aber immer weniger brachten sie befreiende Lösungen, sondern führten in einen Maximalzustand kriegerischer Verwicklungen.

Wenn, trotzdem wir im sechsten Kriegsjahr stehen, das 125jährige Bestehen von uns als Anlaß zur Herausgabe einer Jubiläumsschrift genommen wird, so geschieht dies, weil es in Zeiten, wie sie die Welt durchläuft, nicht selbstverständlich ist, wenn ein Unternehmen Generationen überdauert.

Das Bild, welches die friedliche, stille, unverdrossene Arbeit und Zusammenarbeit während Generationen mit gleicher Zielsetzung bietet, zeigt, daß diese auch störende und zerstörende Konflikte überwinden und überdauern kann, und daß dies die einzige Grundlage ist für eine Entwicklung von Gesittung und Kultur.

Nur wenn die einzelnen Betriebe als soziale Gemeinschaften die ihnen zufallenden Aufgaben für sich gelöst haben, kann man erwarten, daß das ganze Land und später die ganze Welt ihre Probleme der Gemeinschaft meistern werden.

So stellen sich für unser Unternehmen neben die Aufgaben des wissenschaftlichen und technischen Fortschrittes die Forderungen der Arbeitsgemeinschaft, und wir sind bemüht, unseren bescheidenen Beitrag zur richtigen Lösung zu leisten.

Aarau, im November 1944.

Die Entstehung und Entwicklung des Unternehmens

Der Gründer des Unternehmens war Jakob Kern, von Berlingen, Kanton Thurgau, der im August des Jahres 1819 in Aarau eine kleine, feinmechanische Werkstätte eröffnete, in welcher vorerst vier Arbeiter beschäftigt waren. Am Anfang wurden vornehmlich Zirkel, bald aber auch physikalische und Vermessungsinstrumente hergestellt.

Dank vorzüglicher Arbeit gelang es, den Ruf der jungen Werkstätte rasch auszudehnen. Auf allen technischen Anstalten waren ihre Reisszeuge bald bekannt und gesucht. Der Name « Aarauer Reisszeuge » wurde zu einem Begriff für vorzügliche Qualität. Ebenso bewährten sich die Vermessungsinstrumente beim Bau der schweizerischen Eisenbahnen, sodass auch ausländische Eisenbahngesellschaften sich mit Kern-Instrumenten versahen. Der Export nach allen Ländern setzte früh ein und trug den Namen Kern für Präzisionsinstrumente in alle Welt.

Im Jahre 1857 nahm Jakob Kern seine beiden Söhne Adolf und Emil, die sich in die Fabrikationszweige Reisszeuge und Vermessungsinstrumente teilten, als Associés ins Geschäft auf und zog sich, nachdem er 44 Jahre lang unermüdlich in seiner Werkstätte gearbeitet und sein Geschäft in allen Kulturländern zu Ansehen gebracht hatte, 1863 zur Ruhe zurück. Er starb im Februar 1867.

Die Entwicklung von Handel und Industrie, der Bau von Eisenbahnen und die einsetzenden Landvermessungen waren dem Geschäft günstig. Der Export nach europäischen Ländern und nach Uebersee nahm ständig zu. Eine neue Aufwärtsentwicklung setzte mit der Einführung der Elektrizität ein. Der Fabrikbetrieb stellte sich rasch auf die damit gegebenen Neuerungen ein.

1885 zog sich Adolf Kern aus dem Geschäft zurück, und an seiner Stelle trat sein Sohn Heinrich ins Unternehmen ein. Bei diesem Anlass nahm das Geschäft die Form der Kommanditgesellschaft an. Die Firma « Jakob Kern » wurde umgewandelt in « Kern & Co. ». 1897 schied auch Emil Kern aus, und alleiniger Leiter des Unternehmens blieb Heinrich Kern.

1914 war im Hauptabsatzgebiet für geodätische Instrumente, in Russland, die Errichtung einer Filiale geplant. Zur Vergrößerung der geschäftlichen Basis wurde die Firma in die Aktiengesellschaft Kern & Co. AG. umgewandelt. Die konstituierende Generalversammlung vom 31. Juli 1914 fiel zusammen mit dem Ausbruch des ersten Weltkrieges, der mit seinen grossen Schwierigkeiten in der Beschaffung des Rohmaterials für den Betrieb Jahre stärkster Belastung brachte und die Filialgründung verhinderte.

Besonders schwierig war die Beschaffung der optischen Bestandteile für die Vermessungsinstrumente, die ausschliesslich aus dem Ausland bezogen werden mussten. Einem längst gehegten Plane folgend, entschloss sich deshalb das Unternehmen damals, die Herstellung von Linsen und Prismen selber aufzunehmen. Damit wurde nicht nur die erstrebte Unabhängigkeit vom Ausland verwirklicht, sondern es wurden dem Unternehmen auch neue Entwicklungsmöglichkeiten erschlossen. In einem Neubau an der Schachenallee, der am 1. Juni 1920 bezogen werden konnte, bot sich Raum für die Aufnahme der optischen Abteilung, die bald auch Feldstecher und andere Produkte neu in Fabrikation nehmen konnte.

Die 1921 einsetzende Weltkrise, die nach kurzem Unterbruch 1929 in verschärftem Masse durch Einengung des Geldverkehrs und durch den Zusammenbruch vieler Wäh-

rungen das Wirtschaftsleben erfasste, brachte auch dem Unternehmen schwierige Zeiten. Die Krisen haben der Firma Kern grosse Opfer auferlegt, die sie aber dank ihres angesehenen Namens, der Qualität ihrer Erzeugnisse und neuer Produktionsmöglichkeiten zu überwinden vermochte.

1933 legte Heinrich Kern die Leitung des Unternehmens nieder und trat als Präsident des Verwaltungsrates zurück, nachdem er während vollen 50 Jahren unermüdlich im Betrieb gestanden. Er starb 1934.

Sein Nachfolger als Präsident des Verwaltungsrates wurde sein Sohn Dr. jur. Walter Kern, der zusammen mit dem Vice-Präsidenten Dr. h. c. F. Rothpletz die Verwaltungsratsdelegation innehat.

Dem Verwaltungsrat gehören heute ferner an: Paul Matter-Bally und Martin Keller.

Robert Stänz, Verwaltungsratsmitglied und Mitglied der Geschäftsleitung, ist nach 45jähriger pflichteifriger Tätigkeit in der Firma auf Ende 1941 in den Ruhestand getreten. Er starb unerwartet rasch im Oktober 1943.

Die Geschäftsleitung liegt heute in den Händen von Walter Steinmann und Paul Vogel, die schon 24, resp. 36 Jahre in der Firma tätig sind.

Die dem Weltkrieg vorausgehenden Jahre brachten eine ständige Weiterentwicklung und Vergrösserung des Unternehmens, vornehmlich durch die Ausweitung der Absatzmöglichkeiten der Produkte der optischen Abteilung. « Kern-Optik » hatte inzwischen in allen Teilen der Welt einen guten Ruf erworben, was Liefermöglichkeiten loser Optik an andere Industrien erschloss. Eine grosse Zahl erstklassiger Instrumenten- und Maschinenfabriken des In- und Auslandes zählen zu den ständigen Abnehmern. Der hohe Stand der optischen Produktion erlaubte 1936 die Aufnahme der Fabrikation der Doppelkreistheodolite, die in der Herstellung von geodätischen Instrumenten der Firma Kern einen Markstein fortschrittlichster Aufwärtsentwicklung bedeuten. Die an der Landesausstellung 1939 gezeigten Instrumente waren Zeugen dieser Arbeit. Die zunehmenden Rüstungen brachten auf dem Gebiete militäroptischer Instrumente neue Aufgaben und weitere Fabrikationsausweitung.

Der zweite Weltkrieg fand den Betrieb vollbeschäftigt mit neuen, wichtigen Arbeiten für die Neuausrüstung unserer Armee, die einen Ersatz boten für die durch Kontingentierung, Blockade, Gegenblockade und andere Schwierigkeiten bedingten Exportausfälle.

Dank vorsorglicher Eindeckung mit Rohmaterialien wurde die infolge der Armeeaufträge nur beschränkt mögliche Produktion von Artikeln für den Zivilbedarf von der Materialseite aus kaum gehemmt. Für die Armeeaufträge wurde das nötige Rohmaterial jeweils zugeteilt.

Die Forderungen des Mehranbaus, der Rationierung, Einschränkungen im Stromverbrauch etc., brachten eine Unmenge zusätzlicher Arbeiten, die zu bewältigen bei den ständigen Dienstleistungen von Angestellten und Arbeitern oft grösste Mühe machte. Zufolge der gesteigerten Inanspruchnahme der Produktion für die Armee, waren viele unserer Facharbeiter zeitweise vom Militärdienst dispensiert, da es nur so möglich war, die Begehren der Armee auf schnellste Lieferung zu erfüllen.

Anlässlich der zweiten Generalmobilmachung im Mai 1940 war der Betrieb längere Zeit dem Militärregime unterstellt. Die Dispensierten arbeiteten im Betrieb in Uniform, Gewehr und Ausrüstung zur Hand, um als Betriebswache und Teil der Ortswehr sofort eingesetzt werden zu können. Neben täglich 11 Stunden Arbeit hatten sie in der Freizeit und nachts den Bewachungsdienst des Unternehmens selbst auszuüben.

Um die im Interesse der Landesverteidigung nötigen Lieferungen besser bewälti-

gen zu können, wurde 1941/42 die Fabrikanlage Schachen durch einen Anbau erweitert. Darin ist die mehrfach vergrösserte Abteilung für Glasbearbeitung untergebracht. Der Dachstock des alten Baues wurde zur Unterbringung der neuen Montagewerkstätten voll ausgebaut. Der Mangel an geschulten Facharbeitern, Optikern und Feinmechanikern verunmöglichte einen schnelleren Ausbau, sodass ständige Lieferungsverspätungen nicht zu vermeiden waren.

Industrielle Weiterentwicklung beruht in erster Linie auf neuen Ideen und guten Konstruktionen. Für die Verwirklichung, die industrielle Verwertung dagegen, helfen alsdann wohl gute Maschinen und Einrichtungen, das Hauptgewicht für dieses Gelingen ruht jedoch auf dem Können guter Facharbeiter. Die Wichtigkeit guter Arbeitskräfte für die Produktion von Präzisionsinstrumenten und andererseits die Tatsache, dass der tüchtige Facharbeiter nur im wohlfundierten Betrieb dauernd seine Würdigung finden kann, birgt in sich eine der Grundlagen für eine natürliche Verbundenheit der Arbeiter mit dem Unternehmen und die Voraussetzung für eine wahre Betriebsgemeinschaft.

Eine Arbeiterkommission, die periodisch mit der Betriebsleitung an Sitzungen die Geschäftslage und Betriebsfragen bespricht, sorgt für den Kontakt, den die richtige Zusammenarbeit aller Teile erfordert.

Die Zahl der beschäftigten Arbeitskräfte erreichte im Frühling des 125. Jubiläumjahres 500.

Mit der Vergrößerung des Betriebes ging eine Ausweitung der Wohlfahrtseinrichtungen für die Arbeiterschaft Hand in Hand. Anlässlich des 120. Jubiläums 1939 wurde eine Fürsorgestiftung mit Fr. 100 000.— Anfangskapital errichtet. Durch Zuwendungen wurde diese Stiftung bis heute mit total Fr. 700 000.— bedacht.

Als Unterstiftungen sind ferner eine Pensionskasse der Angestellten und eine solche der Arbeiter errichtet worden.

1941 wurde eine Betriebskantine eingerichtet, die durch den Schweiz. Verband Volksdienst betrieben wird, wo täglich bis zu 120 Mittagessen an auswärts wohnende Arbeiter abgegeben werden.

1942 wurde eine Beratungs- und Fürsorgestelle geschaffen. Eine Fabrikfürsorgerin betreut die Betriebsangehörigen in allen Familien- und Privatangelegenheiten. Sie führt Koch- und Flickkurse durch.

Der Frage der Wohnungsbeschaffung wurde alle Beachtung geschenkt. Durch Beteiligung an der Wohnbaugenossenschaft Aarau 1942 wurde für 10 Arbeiter der Kauf eines eigenen Hauses zu niedrigstem Preis ermöglicht. Diese 10 Kernhäuser stehen an der Gysulastrasse im Scheibenschachen. Gleichzeitig wurden in der Nachbargemeinde Küttigen durch die Firma allein 4 Doppel-Wohnhäuser mit grösserem Gartenanteil errichtet und fest an Arbeiter verkauft. Diese Wohnkolonie « Baldismatt » bietet 8 Familien ein schönes Eigenheim.

Dass das Unternehmen sich unablässig um die wissenschaftliche Entwicklung und den technischen Fortschritt bemüht, mögen die folgenden, von Mitarbeitern der Firma verfassten Abhandlungen dartun. Sie behandeln einige der vielen Probleme, mit denen wir uns befassen.

Im anschliessenden Fabrikationsprogramm werden die wichtigsten Erzeugnisse im Bild festgehalten, um so eine beschränkte Uebersicht über die heutige Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu geben. In einer Reihe von Abbildungen wird im weiteren der heutige Stand der Fabrikanlagen und einige Werkstätten gezeigt.

Aarau, November 1944.

Die heutige Geschäftsorganisation

(Verzeichnis der Angestellten)

Geschäftsleitung:

W. Steinmann, Ing., Direktor
P. Vogel, kaufmännischer Direktor

Prokuristen:

K. Schenk, Chef des Einkaufs
H. Wild, Ing., Chef der technischen Bureaux

TECHNISCHE BUREAUX

Optisches Rechnungsbureau und Labor:

Dr. W. Lotmar, Physiker
H. Schlumpf, Mathematiker
R. Hunziker, Laborant
Frl. T. Lüscher

Konstruktionsbureau:

R. Haller, Chef-Konstrukteur
F. Hinden, Techniker
J. Bünzli, J. Urech, E. Kraushaar

BETRIEB

a) Fabrik Schachen:

Bureaux:

M. Studer, Ing., Betriebsleiter

Techniker: O. Lehmann, H. R. Steinmann, J. Rütli
Frls. E. Schwarz, T. Meyer, H. Zimmermann
H. Herzog, L. Schraivogel

Werkstätten:

Werkmeister:

Mechanik: A. Suter, H. Meier, E. Springhardt
Optik: P. Deutsch, K. Blechschmidt, E. Schramm
Montage: H. Schulthess, M. Wirz
S. Neuendorf, W. Wyler, H. Widmer
Kontrolle: G. Kyburz

Endkontrolle:

R. Wehrli, Techniker, Chef
E. Wildi, Fr. E. Knoblauch

b) Fabrik Ziegelrain:

W. Schenk, Techniker, Betriebsleiter
L. Käser, Werkmeister
Frl. M. Wehrli

Fürsorgestelle:

Frl. H. Kuhn

KAUFMÄNNISCHE ABTEILUNG

Reise:

L. Huber

Korrespondenz, Bestellungen und Registratur:

Frls. L. Suter, M. Widmer, L. Hürzeler

Buchhaltung:

G. Blum
Frl. L. Siegrist

Spedition:

E. Schaffner
W. Rohr, Frl. H. Welti

Lagerbuchhaltung, Lohnwesen und Kalkulation:

Frls. M. Suter, E. Thut
B. Zubler, J. Barth, E. Aicher, H. Ott
H. Matter, E. Kirchofer, H. Hostettler, M. Lüthi

Beitrag zur Stativfrage

Von R. Haller, Aarau

Fast immer und überall, wo ein Vermessungsinstrument gebraucht wird, ist auch ein Stativ nötig. Dieses hat die Aufgabe, dem Instrument in bequemer Arbeitshöhe eine feste Unterlage zu bieten. Die Forderung nach Festigkeit ist bei den modernen Vermessungs-Stativen im allgemeinen erfüllt. Dagegen gelingt es nicht, oder doch nur mit langwierigem Probieren, ein gewöhnliches Stativ so aufzustellen, dass der Teller zur Aufnahme des Instrumentes genügend horizontal liegt. Die Instrumente sind daher meist mit drei mehr oder weniger langen Horizontierschrauben zur Feinhorizontierung auf dem Stativ ausgerüstet. Diese Einrichtung ist aber mit Nachteilen behaftet. Einmal braucht man zur Feinhorizontierung, bei der oft viele Schraubenumdrehungen nötig sind, doch eine gewisse Zeit, die besonders bei häufigem Standortwechsel und unebenem Gelände unangenehm ins Gewicht fällt. Sodann vergrössern diese Horizontierschrauben die Bauhöhe der Instrumente meist beträchtlich. Durch das viele Hin- und Herschrauben werden die Gewinde mit der Zeit abgenützt und laufen nicht mehr über die ganze Länge spielfrei, was die Stabilität besonders bei Winkelmess-Instrumenten in gefährlicher Weise beeinträchtigt.

Diese Mängel wurden schon lange als solche erkannt und empfunden. Das beweisen am deutlichsten die vielen Versuche, sie durch Verlegung der Horizontier-Vorrichtung in den Stativkopf zu vermeiden. Besonders die englischen Instrumentenfirmen haben schon vor Jahrzehnten solche Stative für Nivellier-Instrumente und Messtische in den Handel gebracht. Das Instrument, bzw. das Messtischblatt wird dabei auf einem Teller befestigt, der auf dem kugelförmigen Stativkopf allseitig verkippt und dann festgeklemmt werden kann. Alle Nivellier-Instrumente dieser Art sind zum genauen Einstellen der Libelle mit einer Feinkippschraube ausgerüstet. Trotz offensichtlicher Vorteile haben jedoch diese Konstruktionen die alten Horizontierschrauben am Instrumentendreifuss nicht zu verdrängen vermocht. Der Grund liegt darin, dass das verhältnismässig kleine Kugelgelenk des Statives zu wenig zuverlässig geklemmt und zu wenig genau eingestellt werden kann.

Im Streben nach ständiger Verbesserung nicht nur der Instrumente selbst, sondern auch der Zubehöerteile, sind in den Werkstätten der Firma Kern & Co. AG., Aarau, in den letzten Jahren zwei neue Stativtypen entwickelt worden, die alle Vorteile der bekannten Kugelgelenkstative besitzen und gleichzeitig ebenso starr sind wie jedes gewöhnliche Stativ.

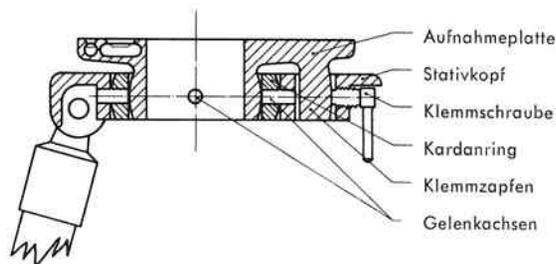


Fig. 1.

Das eine ist das sogenannte **Kipptellerstativ** (⊕ Patent 196699 v. 7. 9. 1937 und Auslandpatente), das gemeinsam mit den neuen DK-Theodoliten (siehe Figuren Seite 37)

herausgekommen ist und sich bereits vielfach bewährt hat. Dieses Stativ (siehe Fig. 1) besitzt eine besondere Aufnahmeplatte für das Instrument, die im Stativkopf kardanisches, d. h. mit einem Kreuzgelenk, aufgehängt ist und also nach allen Seiten gekippt werden kann. Ausserhalb des Kardangelenkes besitzt die Platte drei zapfenförmige Verlängerungen nach unten, gegen welche drei entsprechende Klemmschrauben gepresst werden können. Fest in die Platte eingebaut sind ferner zwei kleine Röhrenlibellen, die zueinander rechtwinklig und parallel zu den beiden Kardanachsen stehen. Wird nun das Stativ nur einigermaßen horizontal aufgestellt, so kann die Aufnahmeplatte nach den Libellen von Hand auf wenige Minuten genau eingestellt und mit den drei Klemmschrauben in dieser Lage blockiert werden. Auf diese horizontierte Fläche wird der Theodolit aufgesetzt, zentriert und mit der Anzugsschraube festgeklemmt. Zur Feinhorizontierung sind dann an den speziellen Dreifuss-Schrauben der DK-Theodolite nur noch Bruchteile von Schraubenumdrehungen nötig. Die Vorteile dieser Konstruktion sind offensichtlich: Geringster Zeitaufwand zum Aufstellen des Instrumentes, vereinfachte Horizontiereinrichtung am Theodoliten und dadurch niedrigste und stabilste Bauart desselben.

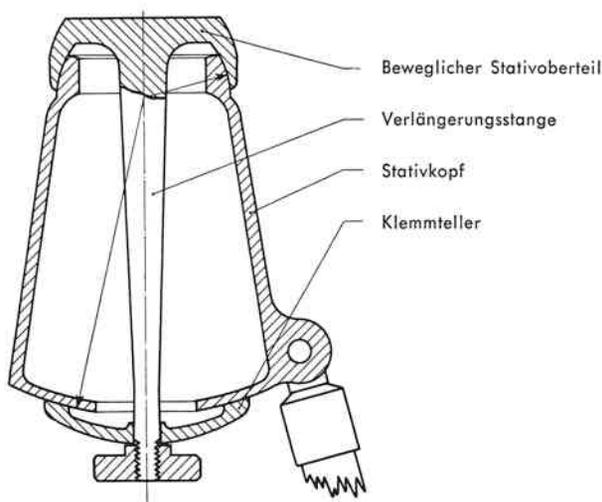


Fig. 2.

Noch entscheidender aber werden diese Vorteile bei jenen Instrumententypen, wo ohnehin nur nach der Dosenlibelle horizontalisiert wird, wie dies bei Nivellier-Instrumenten mit Feinkippschrauben, Messtischen und eventuell auch einfachen Bautheodoliten der Fall ist. Solchen Instrumententypen ist das zweite der neuen Stative, das **Gelenkkopfstativ** (Patente angemeldet), speziell angepasst und macht die üblichen Horizontiereinrichtungen am Instrument ganz überflüssig. Dieses Stativ hat sich bei Versuchsausführungen und an verschiedenen militärischen Spezialgeräten (siehe Figuren Seite 42) bereits vorzüglich bewährt. Der Stativkopf (siehe Figur 2) ist hier als konischer Hohlkörper ausgebildet, der oben und unten je eine Kugelzone trägt, die gleiches Zentrum, jedoch ungleiche Radien besitzen. Auf der oberen Kugelzone, die einen relativ kleinen Radius aufweist, sitzt der bewegliche Oberteil, der Gelenkkopf des Statives. Dieser besitzt in der Mitte eine starre Verlängerungsstange nach unten, die durch den Stativkopf hindurch ragt und am untern Ende einen Klemmteller trägt, der über die untere Kugelzone des Stativkopfes gleitet und dagegen festgepresst werden

kann. Die verhältnismässig grosse Länge der Stange und der entsprechend grosse Radius der unteren Kugelzone ermöglichen einerseits bei der Horizontierung des Gelenkkopfes von Hand die Genauigkeit der Dosenlibelle voll und mühelos auszunützen und anderseits den Gelenkkopf so zu blockieren, dass er jeder Beanspruchung standhält. Diese Blockierung erfolgt durch einen einzigen Handgriff.

Das Gelenkkopfstativ wird vorläufig in zwei Arten gebaut für verschiedene Verwendungszwecke. Die erste Form dient speziell als Messtischstativ. Hierbei ist der Gelenkkopf direkt als Messtischkopf ausgebildet. Der Oberteil desselben kann über eine Reibungskupplung grob verdreht, mit einer Schneckenschraube fein verstellt und dann mit einer Klemmschraube gegen Verdrehung fixiert werden. Das Tischblatt wird direkt auf das Stativ aufgesetzt. Die ganze Ausrüstung wird dadurch leichter und die Aufstellzeit kürzer. Das Stativ ist derart starr, dass auch das Aufstützen der Ellbogen auf den Tischblattrand die Horizontierung keineswegs gefährdet. Zum Transport werden die Stativbeine ganz hochgeklappt und schützen so den Stativkopf. Die Gesamtlänge des transportbereiten Statives mit eingeschobenen Füßen beträgt nur 70 cm, sein Gewicht mit eingebautem Messtischkopf 5,7 kg.

Das Stativ für Nivellier-Instrumente ist im Aufbau genau gleich, jedoch leichter gebaut und ohne Verdrehungseinrichtung im Stativkopf. Das Arbeiten mit einem Nivellier-Instrument in Verbindung mit diesem Stativ ist denkbar einfach und bequem: Das Stativ wird ohne besondere Sorgfalt aufgestellt, das Instrument aufgesetzt und mit einem Griff befestigt. Bei gelöster Klemme wird der Gelenkkopf nach der Dosenlibelle horizontiert, die Klemme wieder festgezogen, und schon ist das Instrument messbereit. Die kleinen Bewegungen, die noch nötig sind zum genauen Einwägen des Fernrohres nach der Nivellierlibelle, werden mit der Feinkippschraube ausgeführt, die ohnehin zu jedem modernen Nivellier-Instrument gehört.

So stellen diese Stative einen weiteren Schritt dar zur Erzielung einer möglichst einfachen und zweckmässigen Arbeitsweise.

Aarau, im Oktober 1944.

Die Verminderung der Reflexionsverluste in optischen Systemen

Von W. Lotmar, Aarau

Einleitung

Mit jedem Durchtritt des Lichtes durch eine Grenzfläche zwischen zwei optischen Medien ist nach Fresnel eine Reflexion der Stärke

$$R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad (1)$$

verknüpft, wo n den relativen Brechungsindex der beiden Medien bedeutet und die Intensität des einfallenden Lichtes gleich eins gesetzt ist. In dieser Form gilt die Formel (1) für senkrechtes Auftreffen des Lichtes auf die Grenzfläche.

Im Bereich der optischen Gläser ergeben sich die in Tabelle 1 angeführten Werte, wobei als Aussenmedium Luft angenommen ist.

Tabelle 1.

n	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80
R (%)	3,4	4,0	4,65	5,3	6,0	6,7	7,4	8,2

Es sei angemerkt, dass der Wert R von der Lichtrichtung unabhängig ist, was man durch Einsetzen von $1/n$ für n in Formel (1) bestätigt; beim Uebergang vom dichteren zum dünneren Medium (z. B. Glas/Luft) tritt also eine Reflexion derselben Stärke auf.

Die nachteiligen Folgen dieser Erscheinung in optischen Systemen sind die folgenden:

1. Die Lichtstärke sinkt mit steigender Zahl der Glas/Luftflächen;
2. Es entstehen durch zweifache Reflexion Nebenbilder, welche sich in störender Weise dem Hauptbild überlagern.

Die unter 1. erwähnte Tatsache ist einer der Gründe dafür, dass die Linsen wenn möglich zu zweien (oder mehreren) verkittet werden, da hierdurch die Reflexion an je zwei Flächen nahezu aufgehoben wird. Bei lichtstarken Systemen und bei komplizierteren Instrumenten ist dieser Ausweg aber nur in beschränktem Masse möglich. Beispielsweise hat schon ein einfacher Prismenfeldstecher 10 Glas/Luftflächen, was einen Lichtverlust von etwa 40 % bewirkt (mittlerer Brechungsindex von 1,55). Bei Zielfernrohren für militärische Zwecke steigt die Zahl der reflektierenden Flächen oft bis auf 20 und mehr, was bereits einen Lichtverlust von rund 60 % zur Folge hat.

Häufig noch störender sind aber die unter 2. genannten Nebenbilder. Sie machen sich z. B. in der Photographie teils als sogenannter « Blendenfleck » (Bild der Irisblende), teils als diffuses, den Bildkontrast vermindernendes Streulicht bemerkbar. Die Beseitigung solcher « fokussierter Reflexe » ist oft eine der unangenehmsten Aufgaben der rechnenden Optik.

Ein weiteres Beispiel für derartige Störungen gibt der in Fig. 1 dargestellte Strahlengang, welcher bei Metallmikroskopen und Messprojektoren für undurchsichtige, spiegelnde Objekte viel benutzt wird. Hier erreichen schon die primären Reflexe von

rund 5 % pro Fläche, die von der Beleuchtungsrichtung her entstehen, den Bildort. Bei einem 8flächigen Objektiv, wie es etwa für Messzwecke verwendet wird, kann daher das am Bildort auftretende Streulicht von ähnlicher Grösse wie das Hauptbild selbst werden.

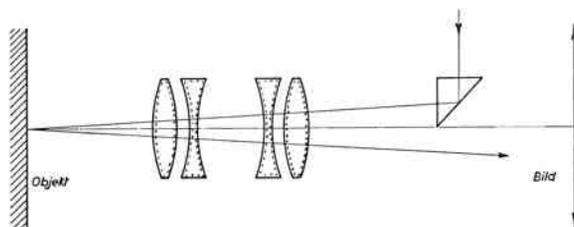


Fig. 1.

Ein dritter Fall dieser Art tritt in denjenigen Instrumenten auf, welche Spiegellinsen verwenden, d. h. rückseitig versilberte Linsen. In Fig. 2 ist ein photographisches Objektiv dieser Art dargestellt, in Fig. 3 ein Theodolitenfernrohr grosser Lichtstärke, welches von der Firma Kern & Co. gebaut wird. ¹⁾ In Fig. 2 ist die Entstehung der beiden starken (rund 5%igen) Störreflexe gestrichelt eingezeichnet. Bei derartigen Systemen musste bisher sorgfältig darauf geachtet werden, dass die so entstehenden Nebenbilder nicht in der Nähe des Hauptbildes fokussiert wurden.

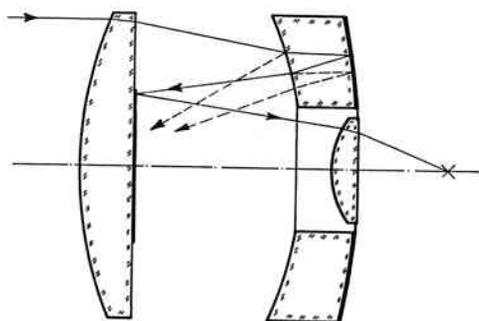


Fig. 2. Spiegellinsen-Objektiv.

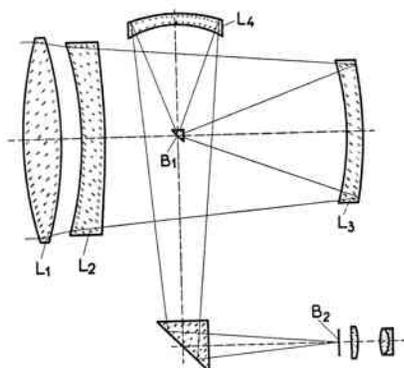


Fig. 3. Spiegellinsen-Fernrohr.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der optische Konstrukteur bisher durch das störende Reflexlicht oft stark gehemmt war. Die Entdeckung, dass sich die Reflexion an Glasoberflächen weitgehend unterdrücken lässt, und ihre technische Ausgestaltung bedeutet daher einen grossen Fortschritt für die Optik.

Die Beobachtung, dass dünne Oberflächenschichten auf Glas die Reflexion herabsetzen können, ist zwar schon über 50 Jahre alt und stammt von H. D. Taylor, dem Konstrukteur der « Cooke-Lens ». Die Reflexverminderung wurde aber erst « Mode », als im Jahr 1934 G. Bauer ²⁾ zufällig fand, dass sich solche Schichten mit wesentlich verbesserter Wirksamkeit durch Aufdampfen von Metallfluoriden im Vakuum erzeugen lassen. Auf diese Weise lässt sich die Reflexion an einer Glasfläche für eine Wellenlänge nahezu vollständig und für die übrigen Wellenlängen des sichtbaren Spektrums weitgehend aufheben. Die Wirkung dieser Verbesserung ist z. B. in Arbeiten von Smakula ³⁾ und Cartwright ⁴⁾ zu sehen.

Theoretisches

Die Reflexionsverminderung an einer Oberfläche mit aufgebrachtener Schicht ist eine Interferenzerscheinung (Fig. 4).

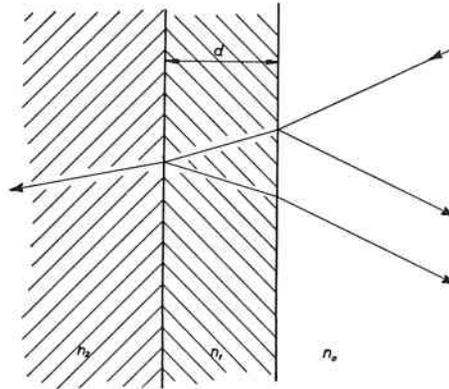


Fig. 4.

Der massive Körper vom Brechungsindex n_2 sei mit einer durchsichtigen Schicht der Dicke d vom Index n_1 bedeckt, welche an das Aussenmedium n_0 grenzt. Der Einfachheit halber sei im folgenden immer angenommen, dass es sich beim letzteren um Luft handelt, also $n_0 = 1$. Das einfallende Licht wird an beiden Grenzflächen der Schicht teilweise reflektiert. Diese beiden Anteile interferieren miteinander; sie heben einander völlig auf, wenn folgende beiden Bedingungen erfüllt sind:

1. Der Gangunterschied der beiden Anteile muss eine halbe Wellenlänge betragen;
2. die Schwingungsamplituden müssen gleich gross sein.

Der ersten Bedingung kann durch geeignete Wahl der Schichtdicke genügt werden. Für senkrechten Lichteinfall muss

$$d \cdot n_1 = \frac{\lambda}{4} \quad (2)$$

sein, worin λ die Wellenlänge des Lichtes bedeutet. Die Grösse $d \cdot n_1 = D$ wird als « optische Schichtdicke » bezeichnet. Sie beträgt also etwa $0,15 \mu$.

Der zweiten Bedingung wird nach (1) genügt, wenn die relativen Brechungsindices an beiden Grenzflächen gleich sind, d. h. $n_2/n_1 = n_1/n_0$ oder mit $n_0 = 1$:

$$n_1 = \sqrt{n_2} \quad (3)$$

Der Verlauf des Brechungsindex ist in Fig. 5a dargestellt.

Die durch Interferenz unterdrückte reflektierte Energie muss sich nach dem Energiesatz an anderer Stelle wiederfinden. Da bei dem Vorgang keine Absorption im Spiele ist, so kommt dafür nur die Richtung des durchgehenden (gebrochenen) Lichtes in Betracht, welches also um diesen Betrag verstärkt wird. Bei genauer Einhaltung der beiden obigen Bedingungen geht daher das einfallende Licht ohne Verluste durch die Grenzfläche.

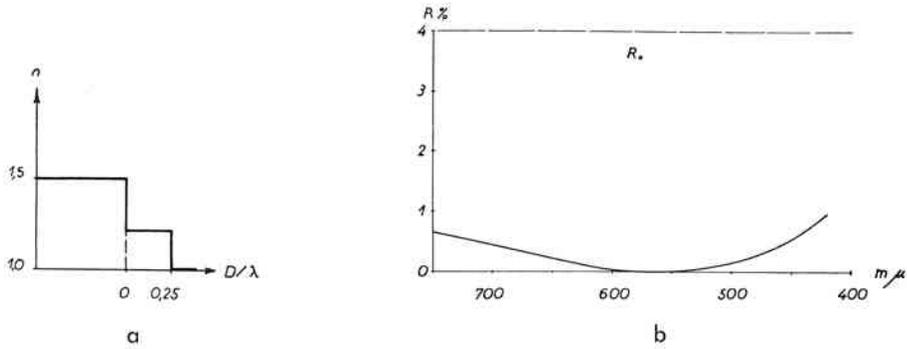


Fig. 5. Reflexion der Einfeldschicht.

Wie bei allen Interferenzerscheinungen ist die Wirkung der Schicht von der Lichtrichtung unabhängig; d. h. auch die Reflexion eines aus Glas in Luft austretenden Strahles wird durch die Schicht geschwächt. Für den in Fig. 2 dargestellten Fall der Spiegellinse werden daher durch Behandlung der Vorderfläche gleichzeitig die beiden störenden Reflexe beseitigt!

Aus der obigen Formulierung der beiden Interferenzbedingungen geht folgendes hervor:

Mit einer derartigen Schicht lässt sich nur Licht einer Wellenlänge und eines bestimmten Einfallswinkels völlig auslöschen. Die Abhängigkeit vom Einfallswinkel ist bis etwa 30° gering. Die Abhängigkeit von λ ist im Bereich des sichtbaren Spektrums in Fig. 5b dargestellt. Dabei ist Erfüllung der Bedingung (2) für grünes Licht der Wellenlänge $555 m\mu$ angenommen. Die mangelhafte Erfüllung dieser Bedingung für andere Wellenlängen hat also zur Folge, dass eine Restreflexion von in der Hauptsache blauem und rotem Licht auftritt, was einer derartig behandelten Oberfläche einen purpurfarbigen Schimmer verleiht. Die Integration dieser Kurve ergibt, dass die Intensität des reflektierten Lichtes insgesamt von 4 % ($n_2 = 1,5$) auf 0,28 % herabgesetzt ist, d. h. auf 7 % der ursprünglichen Reflexion. Wenn als **Nutzeffekt der Reflexionsverminderung** die prozentische Verbesserung gegenüber der ursprünglichen Reflexion (ohne Interferenzschicht) definiert wird, so beträgt derselbe also hier 93 %. In Wirklichkeit erscheint er aber für das Auge noch höher. Es wurde nämlich in Fig. 5b angenommen, dass das einfallende Licht über das ganze Spektrum die gleiche Intensität besitzt, während das natürliche Tageslicht ja ein Intensitätsmaximum im Grün hat. Ausserdem ist aber auch das Auge für grünes Licht empfindlicher als für rotes und blaues. Beides zusammen bewirkt, dass die sogenannte **subjektive Restreflexion** nicht 7 %, sondern nur 1,5 %, der Nutzeffekt also nahezu 99 % beträgt.

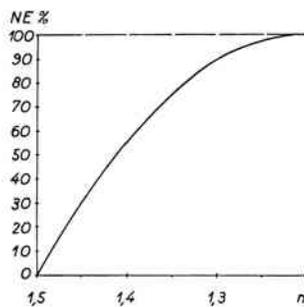


Fig. 6. Nutzeffekt der Reflexverminderung für Einfeldschichten ($n_2 = 1,5$).

In Fig. 6 ist für ein Glas vom Index 1,5 der Nutzeffekt der Reflexverminderung in Abhängigkeit vom Brechungsindex n_1 der Interferenzschicht dargestellt, und zwar nur für monochromatisches Licht derjenigen Wellenlänge, welche der Bedingung (2) genügt. Daraus ist ersichtlich, dass auch bei nicht sehr genauer Einhaltung der Bedingung (3) der Nutzeffekt ein sehr guter ist, und dass schon mit relativ kleinen Unterschieden zwischen Körper und aufgebrachtener Schicht ein relativ guter Effekt erzielbar ist. Diese Tatsache ist von Wichtigkeit für die technische Anwendung. Wie aus Fig. 6 zu ersehen ist, müsste nämlich für ein Glas vom Index 1,5 der Index der Schicht 1,22 oder höchstens 1,30 betragen, um den höchsten Nutzeffekt zu ergeben. Kompakte Substanzen mit so niedrigem Index existieren aber nicht. Es müssen daher Substanzen verwendet werden, welche sich **porös** auf dem Glas niederschlagen, d. h. mit verminderter Dichte und daher auch niedrigerem mittlerem Brechungsindex. Der Befund von Bauer ging gerade dahin, dass sich verschiedene Fluoride bei der Verdampfung im Hochvakuum von selbst in dieser Form niederschlagen. Solche Schichten haben zwar einen Index von etwa 1,30 oder noch niedriger und damit einen sehr guten Nutzeffekt, sind aber andererseits wegen ihrer porösen Struktur mechanisch sehr empfindlich und deswegen schwer ohne Beschädigung zu reinigen. Sie kommen daher im allgemeinen nur für die Innenflächen optischer Systeme in Betracht und erschweren auch dort die Montierung.

Andererseits zeigt Fig. 6 aber auch, dass mit einer Differenz von nur 0,1 zwischen dem Brechungsindex des Glases und der Schicht schon ein Nutzeffekt von 55 % erreichbar ist, was in vielen Fällen bereits von Wert sein kann. Der durch Doppelreflexion in einem photographischen Objektiv entstehende Blendenfleck würde z. B. damit auf den 5. Teil herabgesetzt.

Oberflächenschichten von solcher Wirksamkeit sind schon nach dem Verfahren von Taylor herstellbar. Bei diesem handelt es sich um eine chemische Auslaugung der Glasoberfläche bis zu bestimmter Tiefe, welche wiederum durch die Bedingung (2) gegeben ist. Das Verfahren ist besonders bei den höherbrechenden Gläsern erfolgreich, welche grössere Anteile von Metalloxyden enthalten. Diese werden durch die Behandlung in Säuren oder Salzlösungen grossenteils herausgelöst, sodass eine oberflächliche Schicht aus Kieselsäure stehen bleibt. Da Kieselsäure einen Brechungsindex von 1,45 hat, so ist bei Gläsern vom Index 1,55 ab bereits ein brauchbarer Nutzeffekt zu erhalten.

Diese chemisch erzeugten glaseigenen Schichten sind nun sehr widerstandsfähig, da sie nahezu die Härte von Glas behalten. Sie eignen sich daher auch für Aussenflächen optischer Systeme. Es ist z. B. vorgeschlagen worden, bei einem Feldstecher nur aus dem Grunde Krongläser vom Index 1,57 zu verwenden, um auf diesen chemisch erzeugte reflexvermindernde Schichten anbringen zu können.⁵⁾ Die zu erwartende Helligkeitserhöhung beträgt bei einem 10flächigen System etwa 30 %.

Sowohl das chemische wie das Aufdampfverfahren ist in technischer Hinsicht in letzter Zeit weiterentwickelt worden. Hierauf wird unten näher eingegangen. Zuvor sollen jedoch noch einige theoretische Betrachtungen Platz finden, welche ebenfalls technische Bedeutung gewonnen haben.

a) Es ist zu bemerken, dass man durch aufgebraute Interferenzschichten auch **Reflexerhöhung** erhalten kann, nämlich dann, wenn der Brechungsindex der Schicht grösser als derjenige des Trägers ist (Fig. 7). Für die Schichtdicke gilt dabei dieselbe Bedingung (2). Die beiden reflektierten Wellen verstärken sich nämlich hier, weil die Reflexion an der Rückseite der Schicht, welche am Uebergang vom dichteren zum dünneren Medium stattfindet, mit einem Phasensprung von $\lambda/2$ verknüpft ist. Ein Minimum der Reflexion für den vorliegenden Fall $n_1 > n_2$ entsteht erst für $D = \lambda / 2$, doch ist

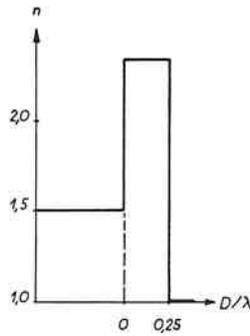


Fig. 7.

Reflexerhöhende Schicht.

Nullwerden derselben für keinen Wert von n_1 zu erreichen. Solche Schichten sind dagegen für die Herstellung **halbdurchlässiger Spiegel** sehr geeignet, da sie im Gegensatz zu metallischen Belägen keine Energie absorbieren. Der dem durchgehenden Licht entzogene Anteil erscheint vielmehr voll im reflektierten Licht. Als geeignete Substanzen für solche Spiegel sind Zinksulfid ⁶⁾ und Antimonsulfid ⁷⁾ vorgeschlagen worden. Sie zeigen ausser günstiger optischer Wirkung auch gute Haltbarkeit.

b) Die theoretisch beste reflexvermindernde Schicht wäre eine solche, bei welcher der **Brechungsindex kontinuierlich** vom Wert des Trägers auf denjenigen des Ausenmediums abfällt (Fig. 8a). Eine derartige Schicht zeigt nämlich bei genügender Dicke vollkommene Reflexunterdrückung für sämtliche Wellenlängen und Einfallswinkel. Das Licht kann sich gewissermassen in das Glas « einschleichen ». N. J. Meysing ⁸⁾ hat gezeigt, dass bereits ein Wert von $d/\lambda = 1$ genügt, um die Reflexion praktisch auf Null herabzusetzen. Das ergibt für das langwelligste sichtbare Licht eine Schichtdicke von $0,75 \mu$. Die Abhängigkeit der Reflexstärke vom Wert d/λ zeigt Fig. 8b. Auch bei $d/\lambda = 0,5$ ist demnach der Nutzeffekt schon ein sehr guter, nämlich 97 %. Solche Schichten sind zwar technisch wohl kaum zu erzeugen, da Werte des Brechungsindex in der Nähe von 1 nicht realisierbar sind. Sie spielen jedoch in anderer Verbindung eine Rolle (s. w. u.).

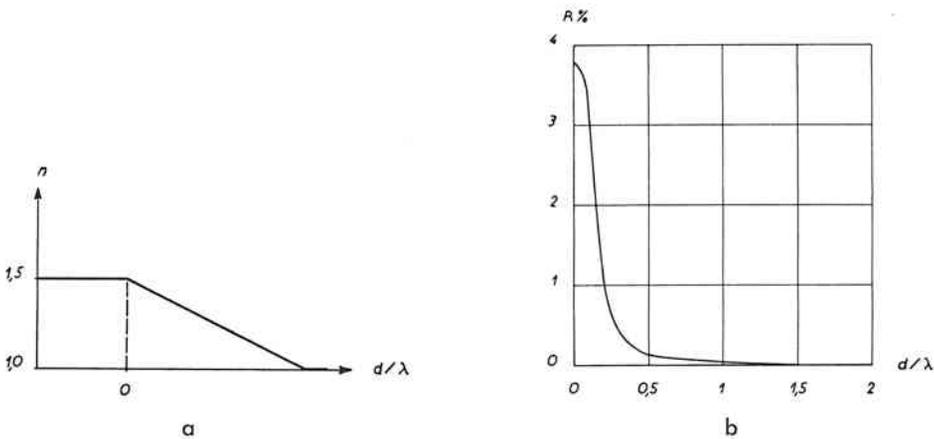


Fig. 8. Reflexverminderung der kontinuierlichen Uebergangsschicht.

c) Um die Schwierigkeiten zu umgehen, welche mit der porösen Struktur der hochwirksamen aufgedampften Schichten einhergehen, wurde vorgeschlagen, nicht nur eine, sondern **zwei oder mehrere übereinanderliegende Schichten** von verschiedenem Index auf den optischen Träger aufzubringen. ⁹⁾ Es wurde nämlich gezeigt, dass man dann mit Substanzen von höherem Index auskommen kann als durch die Bedingung (3) gefordert. Dabei müssen aber nicht nur Substanzen mit kleinerem Index als der zu behandelnde Körper, sondern auch solche mit grösserem verwendet werden. Für die letzteren gibt es eine grosse Auswahl bis zu Werten von etwa $n = 3$.

Eine derartige Zweischicht-Anordnung zeigt Fig. 9a. Jede Schicht hat wieder die optische Dicke $\lambda/4$. Die Brechungsindices der Schichten müssen so gewählt sein, dass nunmehr die Summe der drei Lichtamplituden, welche an den drei Grenzflächen reflektiert werden, unter Berücksichtigung ihrer Phasendifferenzen zusammen null ergibt. Als äussere Schicht kann z. B. amorphe Kieselsäure verwendet werden, als innere Schicht eine Substanz vom Index 1,775, etwa Korund. Ein solcher Belag ist mechanisch sehr widerstandsfähig. Die erzielte Reflexverminderung zeigt Fig. 9b. Man sieht, dass die Restreflexion hierbei allerdings wesentlich stärker bleibt als bei einer Einfachschicht, nämlich subjektiv etwa 10 % beträgt. Der Nutzeffekt der Schicht ist daher etwa 90 %. Ein solcher Effekt ist zwar als gut zu bezeichnen, doch würde eine Häufung so behandelter Flächen in einem Instrument bereits eine deutliche Farbwirkung ergeben (Durchlässigkeitserhöhung hauptsächlich für grünes Licht). Dem kann dadurch entgegengewirkt werden, dass man das Reflexionsminimum nicht für alle behandelten Flächen auf dieselbe Wellenlänge legt, wodurch dann aber der gesamte Nutzeffekt verringert wird.

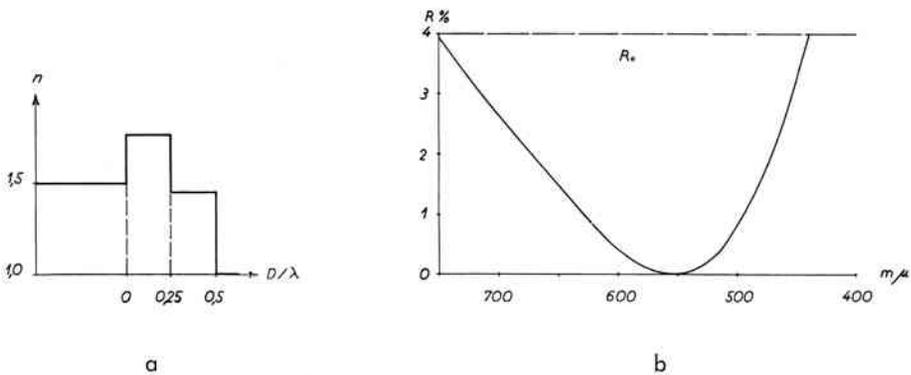
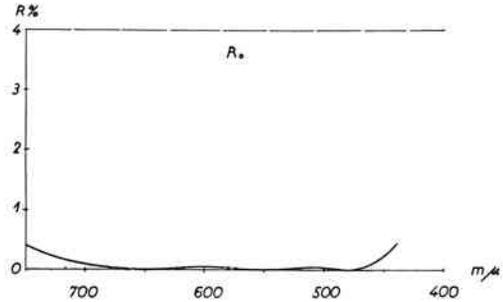
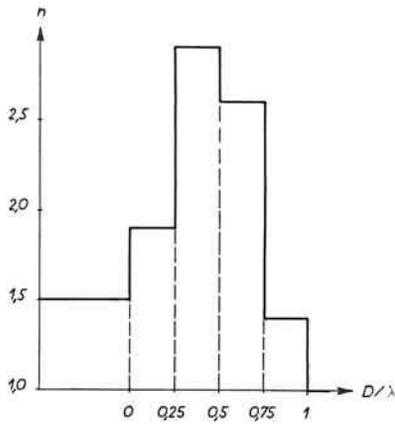


Fig. 9. Zweifachschicht.

Bei Verwendung von zwei Schichten ist man übrigens nicht mehr genötigt, jeder Schicht die optische Dicke $\lambda/4$ zu geben. Bei Benutzung von anderen n -Werten ist man sogar gezwungen, zur Erfüllung der Amplitudenbedingung hiervon abzuweichen. Die drei interferierenden Wellen haben dann also nicht mehr Phasenunterschiede, welche ganzzahlige Vielfache von $\lambda/2$ sind, sondern Bruchteile davon. Dadurch ist man zwar in der Wahl der Substanzen freier, der Wert der Restreflexion lässt sich jedoch nicht wesentlich verbessern.

Günstigere Ergebnisse lassen sich bei Verwendung von 3 oder 4 Schichten erzielen. Hiermit ist es möglich, eine Reflexverminderung zu erreichen, welche bezüglich der Restreflexion sogar beträchtlich unterhalb derjenigen der Einfachschicht liegt. Den Aufbau einer solchen Vierfachschicht zeigt Fig. 10a, ihre Wirkung 10b. Die subjektive Restreflexion beträgt hier nur 0,2 %. Eine Dreifachschicht, deren mittlere Komponente



a

b

Fig. 10. Vierfachsicht.

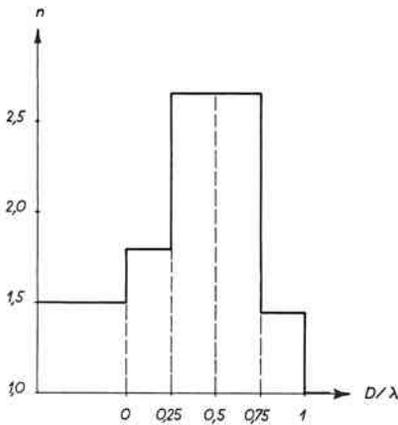


Fig. 11.

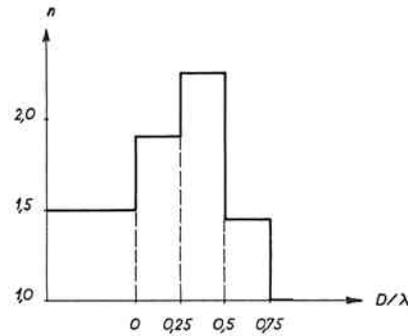


Fig. 12.

die Dicke $\lambda/2$ hat, zeigt Fig. 11. Ihre Restreflexion beträgt 0,8 %. Eine andere Dreifachsicht, deren höchster n -Wert noch kleiner ist, und deren Restreflexion mit 1,7 % etwa derjenigen der Einfachsicht gleich ist, zeigt Fig. 12. Die beiden letzten Beispiele zeichnen sich dadurch aus, dass als Aussenschicht Kieselsäure verwendet werden kann.

Eine weitere interessante Lösung¹⁰⁾ mit nur 2 Substanzen zeigt Fig. 13, bei welcher also der unter b) besprochene kontinuierliche Abfall des Brechungsindex innerhalb der Schicht verwendet wird, aber zwischen zwei Endwerten von beispielsweise 2,18 und 1,45, welche für ein Glas von $n = 1,5$ gleich grosse Sprünge aussen und innen ergeben. Die beiden Grenzflächen wird man dabei zweckmässigerweise in einen solchen Abstand legen, dass die optische Wegdifferenz der beiden reflektierten Lichtanteile wieder $\lambda/2$ beträgt.

Der kontinuierliche Abfall wird z. B. dadurch erzeugt, dass zwei Substanzen von verschiedenem Brechungsindex in Mischung mit von innen nach aussen stetig veränderlichen Anteilen aufgebracht werden. Die stetige Änderung kann übrigens mit guter Näherung dadurch ersetzt werden, dass man abwechselnd Schichten einheitlicher Zusammensetzung, jedoch von zu- bzw. abnehmender Dicke aufträgt¹¹⁾ (Fig. 14).

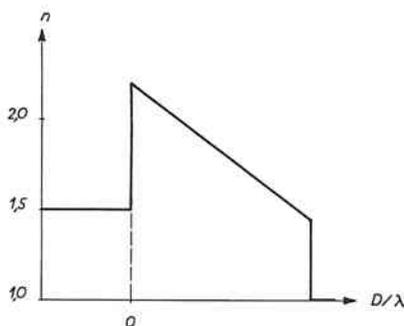


Fig. 13.

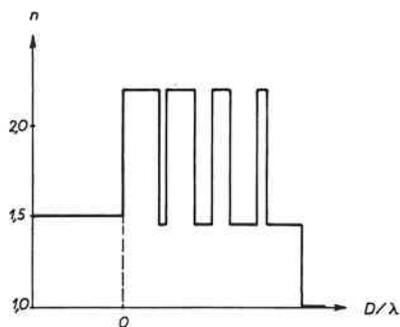


Fig. 14.

Herstellung und Eigenschaften der Schichten

a) **Glaseigene Schichten.** Auf den niedrigbrechenden Krongläsern ist es wegen des hohen Kieselsäuregehaltes schwierig, durch chemische Behandlung wirksame Reflexverminderung zu erzeugen. Neuerdings scheint es gelungen zu sein, mit Flußsäuredampf einen Effekt zu erzielen. ¹²⁾

Bei den höherbrechenden Gläsern eignen sich zur Auslaugung Lösungen von vielen anorganischen und organischen Säuren und Salzen. Die Wahl des Reagens richtet sich nach der Glassorte, da sehr starke Unterschiede in der Empfindlichkeit der Gläser gegen chemischen Angriff bestehen. Bei den empfindlichen Gläsern, wozu besonders die hochbrechenden Krongläser (Schwerkronen) gehören, ist es vorteilhaft, sogenannte Pufferlösungen zu verwenden, eventuell noch mit Zusatz von Substanzen, die mit den herausgelösten Glasbestandteilen schwerlösliche Verbindungen bilden. ¹³⁾ Es hat sich nämlich gezeigt, dass bei vielen Gläsern ohne diese Massregel nach der Auslaugung feine Kratzer auf der Oberfläche sichtbar sind. Diese entstehen wahrscheinlich auf folgende Weise: Beim Polierprozess wird die Glasoberfläche nicht völlig homogen abgetragen, sondern die grösseren Teilchen des Poliermittels verursachen immer wieder feine Kratzer, ¹⁴⁾ die jedoch durch eine Paste von Glasmehl aufgefüllt werden und daher normalerweise nicht sichtbar sind. Beim chemischen Auslaugen wird aber unter Umständen diese Paste leichter angegriffen als das kompakte Glas, sodass die Kratzer wieder hervortreten. Die Verwendung von Angriffslösungen der erwähnten Art kann diesen Unterschied ausgleichen, sodass die Paste nicht aus den Kratzern herausgelöst wird.

Die Struktur der glaseigenen Oberflächenschichten ist von H. Schröder ¹⁵⁾ eingehend untersucht worden. Er fand, dass auch diese Schichten eine gewisse Porosität besitzen, was sich z. B. darin äussert, dass sie im Innern etwas Wasser adsorbieren. Der Wassergehalt ist von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig, sodass die Dichte und damit der Nutzeffekt etwas von derselben abhängen. Die Schichten verhalten sich also in dieser Hinsicht ähnlich wie das als Trockenmittel bekannte Silica-Gel.

Durch Erhitzen auf etwa 200° können die Schichten irreversibel verfestigt werden, wonach sie weniger Wasser aufnehmen. Vor allem aber bilden sie dann einen ausgezeichneten Schutz des Glases gegen weiteren chemischen Angriff, sodass auch sehr fleckenempfindliche Glassorten für Aussenlinsen verwendet werden können, wenn sie mit einer solchen Schicht bedeckt sind. ¹⁶⁾ Bei silikatarmen Gläsern, z. B. den Schwerkronen, zeigte es sich übrigens, dass bei der Auslaugung auch das Kieselsäuregerüst zu einem gewissen Grad oberflächlich abgetragen wird.

Die Poren machen sich auch dadurch bemerkbar, dass es möglich ist, in solche Schichten wasserabstossende Stoffe einzubauen, z. B. Paraffin oder Fettsäuren. ¹⁷⁾ Durch nachheriges Erhitzen verfestigt sich die Schicht so stark, dass diese Stoffe mit Lösungsmitteln nicht mehr herausgelöst werden können und die Glasoberfläche wasserabstossend wird.

Als Nutzeffekt für glaseigene Schichten wird von Schröder beispielsweise angegeben: 55 % für ein Glas vom Brechungsindex 1,57 und 70 % für ein solches von 1,66, was ganz der theoretischen Erwartung entspricht.

b) **Aufgebrachte Schichten.** Zur Herstellung von hochwirksamen Einfachschichten eignen sich die Fluoride der Alkalien und Erdalkalien, das Doppelfluorid von Natrium und Aluminium (Kryolith), sowie die Silicofluoride, z. B. Na_2SiF_6 , welche alle im Vakuum aufgedampft werden können. Diese Stoffe schlagen sich mehr oder weniger porös nieder und sind daher leicht verletzlich. Bei Magnesiumfluorid konnte eine gewisse Verbesserung der mechanischen Eigenschaften durch nachträgliches Erhitzen erzielt werden. ¹⁸⁾

Ein Nachteil der porösen Schichten besteht darin, dass sie sich bei Berührung mit Fett wie ein Schwamm vollsaugen, und zwar wandert das Fett allmählich über die ganze Schicht. Dabei steigt natürlich der Brechungsindex wieder an, und die Wirkung der Schicht geht zurück. Das Einwandern von Fett aus den metallischen Fassungsteilen kann dadurch verhindert werden, dass ein schmaler Streifen am Rande der Linse ohne Belag gelassen wird, da sich das Fett über eine solche Zone nicht ausbreitet. Es muss aber dafür gesorgt werden, dass das verwendete Fett auch einen niedrigen Dampfdruck hat, da sonst ein Ueberwandern durch die Luft erfolgt. ¹⁹⁾

Eine weitere Art optisch sehr wirksamer, aber mechanisch auch empfindlicher Schichten sind die Skelettschichten von Blodgett und Langmuir, welche z. B. durch Aufbringen einer grossen Zahl monomolekularer Filme eines Gemisches von Barium-Stearat und Stearinsäure hergestellt werden, aus welchen nachträglich die Stearinsäure wieder herausgelöst wird. ²⁰⁾

Schliesslich sind auch reflexvermindernde Schichten aus Kunstharz bekannt geworden.

Bei der Herstellung von Mehrfachschichten werden wie erwähnt auch Substanzen von höherem Brechungsindex benötigt. In der folgenden Tabelle 2 sind eine Anzahl dazu geeigneter Stoffe zusammen mit einigen Fluoriden aufgeführt.

Tabelle 2.

Substanz	n	Substanz	n
Natriumfluorid NaF	1,33	Zinndioxyd SnO_2	2,00
Magnesiumfluorid MgF_2	1,39	Titandioxyd TiO_2	2,47
Kalziumfluorid CaF_2	1,43	Zinksulfid ZnS	2,35
Kieselsäure SiO_2	1,45	Zinkselenid Zn Se	2,89
Quarz krist. SiO_2	1,55	Antimonsulfid Sb_2S_3	4,5
Korund Al_2O_3	1,77		

Zum Aufbringen dieser Substanzen gibt es verschiedene Verfahren. Manche lassen sich wie die Fluoride im Vakuum aufdampfen, vor allem die Sulfide, aber auch Quarz.²¹⁾ Die Hauptschwierigkeit dabei besteht darin, eine gleichmässige Schichtdicke zu erzielen. Bei konkaven Flächen kann der Verdampfer einfach in den Krümmungsmittelpunkt gebracht werden. Bei ebenen oder konvexen Flächen müssen entweder mehrere Verdampfer verwendet werden, wobei nicht so sehr die geometrische Anordnung²²⁾ als die gleichmässige Verdampfung Schwierigkeiten macht, oder es muss zwischen der Linse und einem auf ihrer optischen Achse befindlichen Verdampfer eine entsprechende Blende angebracht und während der Verdampfung in Drehung versetzt werden.

Ein anderes Verfahren besteht darin, Lösungen der Stoffe auf den optischen Körper zu bringen und durch Abzentrifugieren und Verdunsten des Lösungsmittels dünne Schichten zu erzeugen. In manchen Fällen wird dabei eine Verbindung der Substanz verwendet, welche nach dem Aufbringen noch chemisch umgesetzt werden muss, um die gewünschte Schicht zu ergeben. Nach diesem Verfahren kann z. B. eine Kieselsäureschicht hergestellt werden, indem von einer Natriumsilikatlösung²³⁾ oder auch einer organischen Kieselsäureverbindung²⁴⁾ ausgegangen wird.

Bei einem dritten Verfahren werden die Schichten aus der Gasphase auf dem Träger niedergeschlagen, indem z. B. die Flamme eines Gasgemisches, in welcher die entsprechende Reaktion vor sich geht, auf die Oberfläche gerichtet wird,²⁵⁾ wie dies beim Berussen oder Beweissen mit Magnesiumoxyd bekannt ist. Auch auf diese Weise kann eine Kieselsäureschicht erzeugt werden, z. B. aus der flüchtigen Verbindung SiCl_4 oder einer organischen Verbindung, welche mit Wasserdampf zersetzlich ist. Ebenso lassen sich Schichten der Oxyde von Wolfram, Aluminium, Titan, Zirkon, Zinn erzeugen. Nach diesem Verfahren gelingt es auch, gemischte Schichten dieser Substanzen herzustellen, indem der Träger abwechselnd an Flammen verschiedener Zusammensetzung vorbeigeführt wird. Dadurch können Schichten von jedem gewünschten Brechungsindex erhalten werden.

Es sei zum Schluss noch ein Hinweis gegeben, wie sich auf einfache Weise reflexvermindernde Schichten für Demonstrationszwecke herstellen lassen.

Man befestigt ein Stück schweres Bleiglas oder eine Flintglaslinse ($n \sim 1,75$) auf der Achse einer Handzentrifuge oder eines kleinen Motors. Darauf bringt man einige Tropfen einer etwa 2prozentigen filtrierten Gelatinelösung oder von verdünntem Zaponlack und zentrifugiert, bis das Lösungsmittel verdunstet ist. Die Schichtdicke hängt von der Konzentration der Lösung und der Tourenzahl ab und muss durch einige Versuche auf den richtigen Wert gebracht werden, welcher an dem blauvioletten Ton der Reflexion erkennbar ist. Man kann so Schichten von etwa 60%igem Nutzeffekt erhalten. Wenn das Glas beidseitig belegt ist und die Beläge zur Hälfte wieder abgelöst werden, so ist der Effekt sehr deutlich und kann z. B. durch Projektion im reflektierten Licht einem grösseren Publikum vorgeführt werden.

Aarau, im September 1944.

Literatur

Zusammenfassende Darstellungen (mit weiteren Literaturangaben):

- A. Smakula**, Z. f. Instr.-Kunde **60**, 33 (1940).
A. Smakula, Physikal. Zs. **43**, 217 (1942).
K. B. Blodgett, Phys. Review **55**, 391 (1939).
R. Richter, Zeiss-Nachrichten, Sonderheft 5 (1940).
G. Rosenthal, Mitteil. d. Leitzwerke Nr. 63 (1941).
P. Jacquinet, Rev. d'Optique **21**, 15 (1942).
K. M. Greenland, Nature (London) **152**, 290 (1943).
- 1) Festschrift « 120 Jahre Kern, Aarau » (1939).
 - 2) G. Bauer, Ann. d. Physik **19**, 434 (1934).
 - 3) A. Smakula. Z. f. Instr. **60**, 33 (1940).
 - 4) C. H. Cartwright, J. Opt. Soc. Am. **30**, 110 (1940).
 - 5) Schweizer Pat. Nr. 223 993.
 - 6) A. H. Pfund, J. O. S. A. **24**, 99 (1934).
 - 7) Schw. Pat. Nr. 217 543.
 - 8) N. J. Meysing, Physica **8**, 687 (1941).
 - 9) C. H. Cartwright u. A. F. Turner, Phys. Rev. **55**, 675 (1939).
Schw. Pat. Nr. 221 992.
Schw. Pat. Nr. 223 344.
 - 10) Schw. Pat. Nr. 231 686.
 - 11) D.R.P. Nr. 742 463.
 - 12) F. H. Nicoll, R. C. A. Review **6**, 287 (1942). Zurzeit hier nicht erhältlich.
 - 13) Schw. Pat. Nr. 216 641.
 - 14) W. Klemm u. A. Smekal, Naturw. **29**, 688, 769 (1941). W. Klemm, Glast. Ber. **20**, 346 (1942).
 - 15) H. Schröder, Z. f. techn. Physik **22**, 38 (1941); **23**, 196 (1942), Glastechn. Ber. **20**, 161 (1942).
 - 16) S. auch F. L. Jones und H. Homer, J. O. S. A. **30**, 654 (1940); **31**, 34 (1941).
 - 17) Schw. Pat. Nr. 220 468.
 - 18) C. H. Cartwright u. A. F. Turner, Phys. Rev. **55**, 595 (1939).
Schw. Pat. Nr. 228 695.
 - 19) Schw. Pat. Nr. 213 946.
 - 20) K. B. Blodgett u. J. Langmuir, Phys. Rev. **51**, 964 (1937); **55**, 391 (1939).
 - 21) H. C. Burger u. P. H. van Cittert, Zs. f. Physik **66**, 218 (1930).
 - 22) J. Strong, Procedures in Experimental Physics. New York, Prentice Hall 1939.
 - 23) Lubnow, Z. f. Instr. **62**, 390 (1942). Fr. Pat. Nr. 868 865.
 - 24) Patentanmeldung der Fa. Kern & Co., Aarau.
 - 25) Schw. Pat. Nr. 219 890.

Die Zielmittel beim Gewehrschiessen

Von Heinrich Wild, Aarau.

Von einem guten Schützen erwarten wir, dass er immer einen Volltreffer erzielt. Wenn wir von der inneren und äusseren Ballistik absehen, hängt ein guter Treffer davon ab, wie der Schuss gezielt und wie er abgegeben wurde. Um genau zielen und den Schuss richtig abgeben zu können, bedarf es einer grossen Uebung. Trotzdem kommen auch beim besten Schützen immer wieder Versager vor, für die die verschiedensten Gründe angeführt werden. Unsere Meisterschützen betonen immer wieder die Wichtigkeit von vielen Zielübungen. Da es sich beim Zielen um einen relativ einfachen Vorgang handelt, ist es nicht ohne weiteres ersichtlich, warum so viel Energie auf das Zielen verwendet werden muss. Wir wollen nun in den nachfolgenden Betrachtungen den Vorgang des Zielens mit Visier und Korn untersuchen. Zu diesem Zwecke machen wir zunächst zwei einfache Versuche, die jeder mit seinem Gewehr durchführen kann.

Wir richten unser Gewehr, das auf einem Zielbock oder anderer geeigneter fester Unterlage sicher gelagert ist, mit Hilfe des offenen Visiers bei normaler Anschlagstellung auf die Scheibe, hierauf treten wir ca. 1 m zurück und überprüfen das Zielbild. Das Zielbild hat sich jetzt in den meisten Fällen verändert. Die gleiche Feststellung können wir machen, wenn wir statt dem Zurücktreten in der gleichen Anschlagstellung dicht vor das Auge eine kleine Lochblende, z. B. Nadelstichloch in einem Blatt Papier, halten. Woher kommt nun diese Veränderung des Zielbildes, wir haben ja am Gewehr nichts verändert. Diese beiden Versuche illustrieren deutlich, dass beim eigentlichen Zielvorgang mit Korn und Visier etwas nicht stimmt, da wir das Zielbild ändern können, ohne dass wir die Waffe zum Zielpunkt verstellen. Wir sollten doch annehmen dürfen, dass die Verbindungslinie Korn und Visier die Ziellinie eindeutig festlegt.

Für richtiges Zielen mit Korn und Visier besteht folgende Forderung: In die geometrische Gerade, die durch die Verbindungslinie Mitte Oberkante des Korns mit Mitte Oberkante des Visiers als Visierlinie des Gewehres charakterisiert ist, muss das Ziel und die Mitte des Auges gebracht werden. Wir haben also vier Punkte auf eine Gerade zu bringen. Jede Abweichung eines dieser vier Punkte von der Geraden hat eine Veränderung des Zielbildes zur Folge. Ziel, Korn und Visier bilden zusammen das Zielbild, das wir uns fest einprägen müssen. Das Auge muss also drei Punkte gleichzeitig erfassen, die aber in verschiedenen Entfernungen von ihm sind. Das Visier ist in der Regel bei auf das Ziel akkommodiertem Auge ca. 4 D ($D = \text{Dioptrie}$) und das Korn ca. 1 D entfernt. Das Auge kann nun diese Tiefe von 4 D nur bewältigen, wenn es nicht alle Punkte mit gleicher Schärfe erfasst. Beim eingangs erwähnten Versuch, wo aus einer Entfernung von ca. 1 m vom Visier gezielt wurde, hat das Auge nur eine Tiefe von 1 D zu bewältigen, das zeigt sich auch in dem Umstand, dass die einzelnen Punkte des Zielbildes fast gleich scharf erscheinen. Die Vermutung liegt daher nahe, dass von der Unschärfe einzelner Teile des Zielbildes die Veränderlichkeit der Ziellinie herrührt. Wir wollen nun untersuchen, wie gross die Unschärfe der einzelnen Punkte ist und was für einen Einfluss diese Unschärfe auf die Ziellinie haben kann.

Wir nehmen an, dass das Auge auf das Ziel akkommodiert ist, d. h. das Ziel mit grösstmöglicher Schärfe sieht; das Korn und das Visier erscheinen dann unscharf, das Visier mehr als das Korn. Bei genauer Betrachtung, wobei das Auge aber immer auf das Ziel scharf eingestellt bleibt, sehen wir das Korn und das Visier mehr oder weniger als

Doppelbild. Das untere Bild ist dabei tiefschwarz, das obere aber grau, gewissermassen dem unteren Bild als Schatten aufgesetzt. Beim Korn ist dieser Schatten nur sehr schwach zu erkennen, während beim Visier eine gewisse Breite vorhanden ist. Für das Zielen kommt es nun offenbar darauf an, welches der beiden Teilbilder von Visier und Korn wir als das wahre ansehen. Wir können nämlich die Natur nicht etwa dadurch überlisten, dass wir das Auge rasch nacheinander bald auf das Ziel, bald auf das Korn oder das Visier scharf einstellen. Bei jeder neuen Einstellung des Auges auf eine bestimmte Entfernung erscheinen dann die sich in anderer Entfernung befindlichen Objekte mehr oder weniger unscharf. Ob wir nun auf das Ziel, Korn oder Visier scharf akkomodieren, immer werden uns die beiden anderen Teile des Zielbildes undeutlich erscheinen. Eine theoretische Ueberlegung zeigt, dass das Problem in allen Fällen genau das gleiche bleibt. Wir können daher unsere Betrachtungen unter der Voraussetzung weiterführen, dass das Auge auf das Ziel scharf eingestellt bleibt.

Wir wollen nun die Breite des Schattens bestimmen, die beim Visier vorhanden ist. Zu diesem Zweck zeichnen wir die Verhältnisse auf, wie sie bei der Abbildung durch das Auge sind.

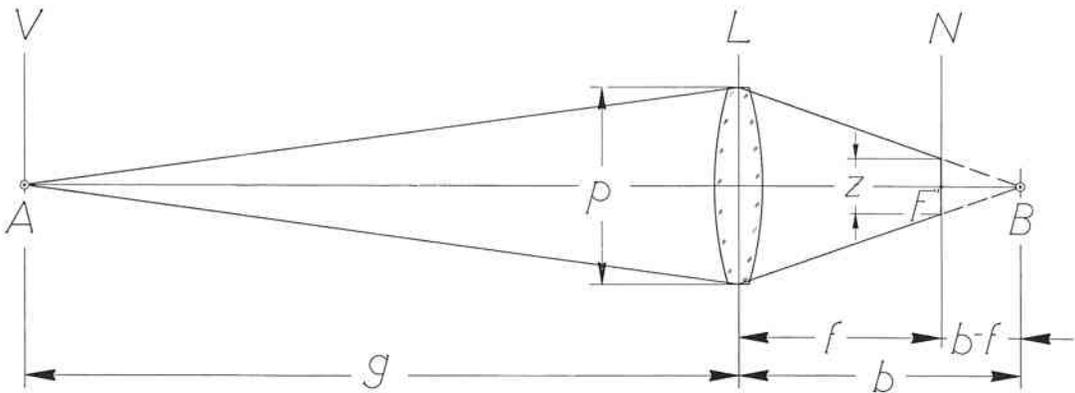


Fig. 1.

In Fig. 1 stellt L eine Linse mit der Brennweite f und dem Durchmesser p dar, sie entspricht der Augenlinse. Im Abstand der Brennweite f von der Linse ist eine Mattscheibe N (Netzhaut). Der Punkt A entspricht dem Visier V und hat von der Linse L einen Abstand g. Wenn keine Mattscheibe vorhanden wäre, so würde im Abstand b von der Linse L ein punktförmiges Bild B des Punktes A entstehen. Da aber im Abstand f von der Linse L eine Mattscheibe N (Netzhaut) ist, entsteht bereits dort ein Bild, das aber nicht punktförmig ist, sondern eine endliche Ausdehnung vom Durchmesser z hat. Diese Grösse z lässt sich leicht bestimmen. Aus der Fig. 1 können wir folgende Beziehungen entnehmen:

$\frac{z}{p} = \frac{b-f}{b}$; aus der Linsengleichung $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ erhalten wir durch Umformung für den

Ausdruck $\frac{b-f}{b} = \frac{f}{g}$ und somit $\frac{z}{p} = \frac{f}{g}$ und für $z = p \cdot \frac{f}{g}$

Das unscharfe Bild des Punktes A hat die Grösse z auf der Netzhaut, wenn das Auge auf Unendlich eingestellt ist. Wir empfinden dieses unscharfe Bild als Doppelbild des Punktes A. Dieses Doppelbild ist eine subjektive Empfindung, der als Ort in der

Aussenwelt die unendlich entfernte Ebene zugeordnet ist. Bestimmbar ist daher nur der Winkel, unter dem die beiden Teile des Doppelbildes dem Auge erscheinen. Aus diesem Winkel α können wir aber die scheinbare Grösse x dieses Doppelbildes in einer gegebenen Entfernung berechnen. Diese scheinbare Grösse x am Ort des Visieres in der Entfernung g vom Auge kann nun leicht nach Fig. 2 bestimmt werden. (Die Fig. 2 steht nicht im Widerspruch zu Fig. 1. Bei dieser bedeuten die eingezeichneten Linien Lichtstrahlen, während es sich hier bei Fig. 2 um geometrische Hilfslinien handelt.)

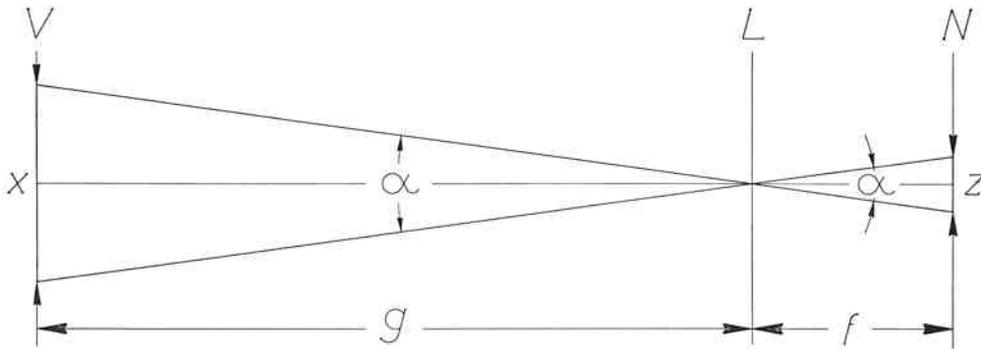


Fig. 2.

Nach Fig. 2 ist $x = \frac{z \cdot g}{f}$ (ähnliche Dreiecke). Setzen wir nun den früher berechneten Wert von z ein, so erhalten wir das einfache Resultat

$$z = p$$

Auf das Auge übertragen, stellt diese Grösse p weiter nichts dar als den Durchmesser der Augenpupille. Diese scheinbare Grösse x des Visier-Doppelbildes ist also gleich gross wie die Augenpupille. Zum gleichen Resultat kommen wir auch für das Doppelbild, das beim Korn entsteht. Auch die scheinbare Grösse des Korn-Doppelbildes am Ort des Kornes hat die gleiche Grösse wie der Durchmesser der Augenpupille. Da das Korn aber weiter vom Auge entfernt ist, erscheint uns das Doppelbild viel schmäler. Der Durchmesser der Augenpupille kann nun je nach den Helligkeitsverhältnissen von 2 mm bis 10 mm variieren, und damit ändern auch die scheinbaren Grössen der Doppelbilder von Korn und Visier in gleichem Masse.

Beim normalen Zielen über Korn und Visier kommt es nun darauf an, welchen Teil der Doppelbilder wir als den für das Zielen geeigneten nehmen. Hier tritt nun die grosse Unsicherheit des Zielens auf. Nehmen wir bei Korn und Visier das untere Teilbild als das wahre an, dann machen wir bei guten Beleuchtungsverhältnissen, wo die Augenpupille einen Durchmesser von 2 mm hat, beim Korn wie auch beim Visier einen Fehler von je 1 mm in der gleichen Richtung, d. h. die benutzte Ziellinie wird zur geometrischen Ziellinie um 1 mm parallel verschoben. Wenn wir das Auge also auch um 1 mm senken, so entsteht am Ziel ein Fehler von 1 mm, was im Verhältnis zur Grösse des Zieles belanglos ist. Den gleich grossen Fehler machen wir, wenn wir beim Korn und Visier die obere Grenze des Doppelbildes nehmen, nur müssen wir das Auge dann um 1 mm heben. Normalerweise werden wir aber folgendermassen zielen: Beim Korn nehmen wir die obere Grenze, oder etwas darunter, des Doppelbildes, da wir dieses Doppelbild, das in einer Entfernung von ca. 1 m vom Auge ist, nicht als solches erkennen und der Zwischenraum vom oberen bis zum unteren Teil des Doppelbildes die Sichtbarkeit am Ziel beeinträchtigt. Viele Schützen lassen sogar einen kleinen Zwischenraum zwischen Korn und Ziel. Beim Visier, das in der Regel 25 bis 30 cm vom Auge

entfernt ist, erscheint das Doppelbild deutlich. Da das untere Teilbild markanter ist, es ist ein Uebergang vom Tiefschwarzen zum Grauen, nehmen wir unwillkürlich dieses untere tiefschwarze Teilbild, oder etwas darüber, zum Zielen. Diese beiden benutzten Teilbilder von Korn und Visier sind also bei guter Beleuchtung um 2 mm zueinander in der Höhe

versetzt. Der Fehler ist $\frac{2 \cdot 1000}{700} = 3 \text{ ‰}$. Es ist dies bei guter Beleuchtung der Extrem-

fehler. In der Praxis wird er etwas kleiner sein, da wir nicht immer die Grenzkonturen zum Zielen benutzen werden.

Wir haben gesehen, dass der Fehler, der sowohl beim Korn wie auch beim Visier gemacht wird, gleich gross werden kann wie der Halbmesser der Augenpupille. Die Grösse der Augenpupille variiert aber bei Beleuchtungsänderungen sehr stark. Dies ist der Grund, warum bei Helligkeitsschwankungen am Ziel die Trefferlage ständig sich ändert. Da zwischen unseren normalen Scheiben und Feldzielen ein grosser Helligkeitsunterschied ist, ist bei gleicher Entfernung auch der Haltepunkt verschieden. Auch die Erscheinung, dass mit dem gleichen Gewehr zwei Schützen nie den gleichen Haltepunkt haben, ist auf die gleiche Ursache zurückzuführen, da die beiden Schützen nicht die gleichen Teile des Doppelbildes vom Korn und speziell vom Visier benutzen. Dass sich bei Helligkeitsänderungen die Trefferlage nur in der Höhe und nicht in der Seite verlagert, kommt daher, dass die Doppelbilder in der Seite links und rechts gleich gross sind und wir das Korn in der Seite symmetrisch in den Visiereinschnitt nehmen. Zusammenfassend sehen wir, dass wir beim Zielen über Korn und Visier nicht die wahre Ziellinie nehmen, und dass die benutzte Ziellinie starken Änderungen unterworfen ist, die keinen Zusammenhang mit der Waffe selbst haben, sondern dass es sich um eine individuelle Auffassungsangelegenheit handelt, mit der wir die Fehler, die im Zielbild entstehen, verwerfen. Bei guten Beleuchtungsverhältnissen, gleichen Zielen und gleicher Entfernung ist dies belanglos, solange wir nur das Zielbild immer in der gleichen Weise auffassen, denn wir können unsere Waffe ja entsprechend einschossen. Da sich der beschriebene Fehler als Winkeländerung auswirkt, ist er auch von der Entfernung abhängig. Für das richtige Auffassen des Zielbildes braucht es aber sehr viel Übung, deshalb werden von allen Schiesslehrern immer und immer wieder Zielübungen vorgeschrieben. Diese müssen aber in der richtigen Entfernung des Auges vom Visier durchgeführt werden, wenn sie Erfolg haben sollen. Die Anpassung an die verschiedenen Beleuchtungsverhältnisse können wir aber nur durch entsprechende Schiessübungen lernen.

Diese Ausführungen scheinen einen etwas hypothetischen Charakter zu haben. Eine Reihe von Versuchen, die im Laboratorium der Firma Kern & Co., AG., in Aarau, durchgeführt wurden, zeigten jedoch, dass solche Unterschiede in der Auffassung eines Zielbildes zwischen verschiedenen Beobachtern tatsächlich bestehen, und dass sie auch beim einzelnen Beobachter für verschiedene Helligkeiten nachweisbar sind. Auf der optischen Bank wurde eine Anordnung getroffen, um das Zielbild photographieren zu können. Die drei Bilder 3a, 3b und 3c zeigen das Zielbild, wie es mit ganz kleiner, mit normaler und mit grosser Augenpupille aussieht; zwischen den drei Aufnahmen wurde nur der Durchmesser p verändert. Auf dem dritten Bild 3c mit grosser Pupille erkennen wir deutlich die Konturen der unscharfen Doppelbilder.

Eine weitere Versuchsreihe wurde durchgeführt, um in exakter Weise festzustellen, welche Stelle einer unscharf gesehenen Kante der Beobachter als den wahren Ort dieser Kante auffasst. Die Versuche wurden durch Herrn Dr. Lotmar, Physiker der Firma

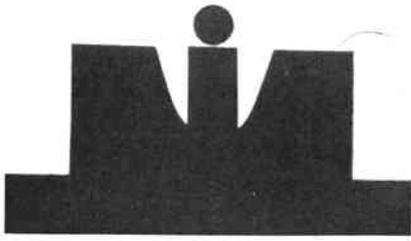


Fig. 3a.

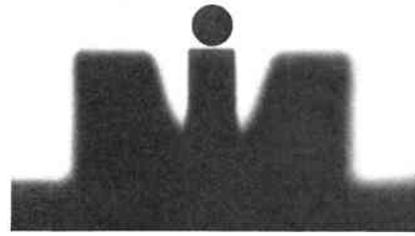


Fig. 3b.

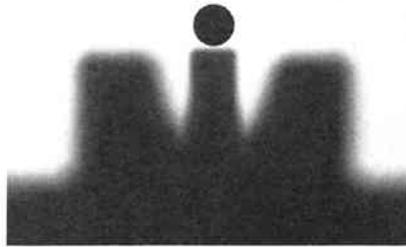


Fig. 3c.

Kern & Co., AG., in Aarau, mit ca. 20 Personen durchgeführt. Zu diesem Zwecke wurde dem Beobachter ein « Zielbild » dargeboten, wie es in Fig. 4 dargestellt ist: Zwei scharfe schwarze Kanten, von denen die eine in der Höhe verstellbar ist, grenzen aneinander. Die feststehende Kante besitzt eine « künstliche Unschärfe » in Form eines grauen Schattens (in der Fig. 4 gestrichelt), welcher der Kante aufsitzt. Alle diese Elemente befinden sich in derselben Ebene und werden vom Beobachter aus 4 m Entfernung betrachtet. Diese Anordnung in einer Ebene hat den Vorteil, die komplizierende Wirkung der Augenakkommodation auszuschalten. Dem Beobachter wird nun die Aufgabe gestellt, die bewegliche Kante so einzustellen, dass sie mit der künstlichen Doppelkante « gestrichen » erscheint. Zu diesem Zweck befindet sich das

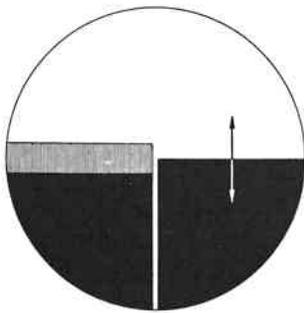


Fig. 4.

Kantenpaar in Reichweite des Beobachters, jedoch ohne dass er es direkt betrachten kann. Er sieht es vielmehr in einem 2 m entfernten Spiegel. Er hat aber die Möglichkeit, die bewegliche Kante mittelst einer Schraube in der Höhe zu verstellen. Andererseits kann die Stellung dieser Kante zur Doppelkante vom Versuchsleiter durch ein Messfernrohr auf 0,1 mm genau direkt abgelesen werden. Die ganze Versuchsanordnung ist in Fig. 5 dargestellt.

Z ist das durch eine Lampe und eine Mattscheibe M beleuchtete Zielbild wie in Fig. 4 gezeigt, G eine Glasplatte, welche durch Reflexion einen kleinen Teil des Lichtes in das Fernrohr F abzweigt, Sp der Spiegel, in welchem der Beobachter B das Zielbild betrachtet, und VL der Versuchsleiter. Der Halbschatten der Doppelkante ist ein Grauglas von 50 % Durchlässigkeit und einer Breite von 2 mm, was auf 4 m Entfernung $0,5 \frac{0}{00}$ ausmacht.

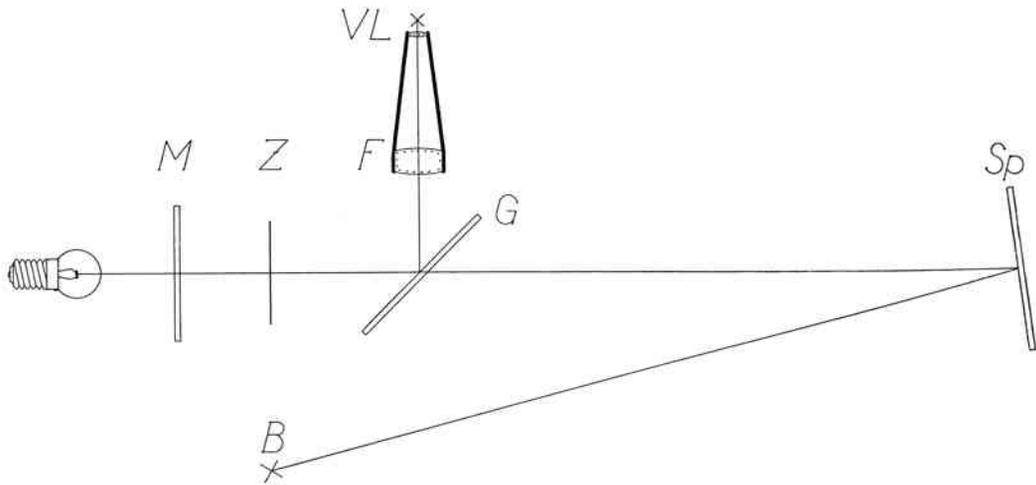


Fig. 5.

Dem Beobachter wurden nacheinander Graugläser verschiedener Stärke vor das Auge gesetzt, wodurch die Helligkeit des Zielbildes im Verhältnis 1 : 1200 verändert wurde. Die Stufe grösster Helligkeit war dabei leicht blendend, während die kleinste nahe der Erkennbarkeitsgrenze lag (starke Dämmerung). Für jede Helligkeitsstufe hatte der Beobachter 10 mal einzustellen, wobei nach jeder Einstellung das Zielbild wieder stark verändert wurde. Aus diesen 10 Einstellungen wurde jeweils das Mittel genommen.

In Fig. 6 ist nun eine Auswahl aus den Versuchsergebnissen schematisch dargestellt. Der Deutlichkeit halber sind dabei die Zielbilder stark in die Länge gezogen. Für jeden Beobachter sind die Zielbilder für 3—4 verschiedene Helligkeiten gezeichnet, wobei das äusserste Bild links der grössten Helligkeit entspricht.

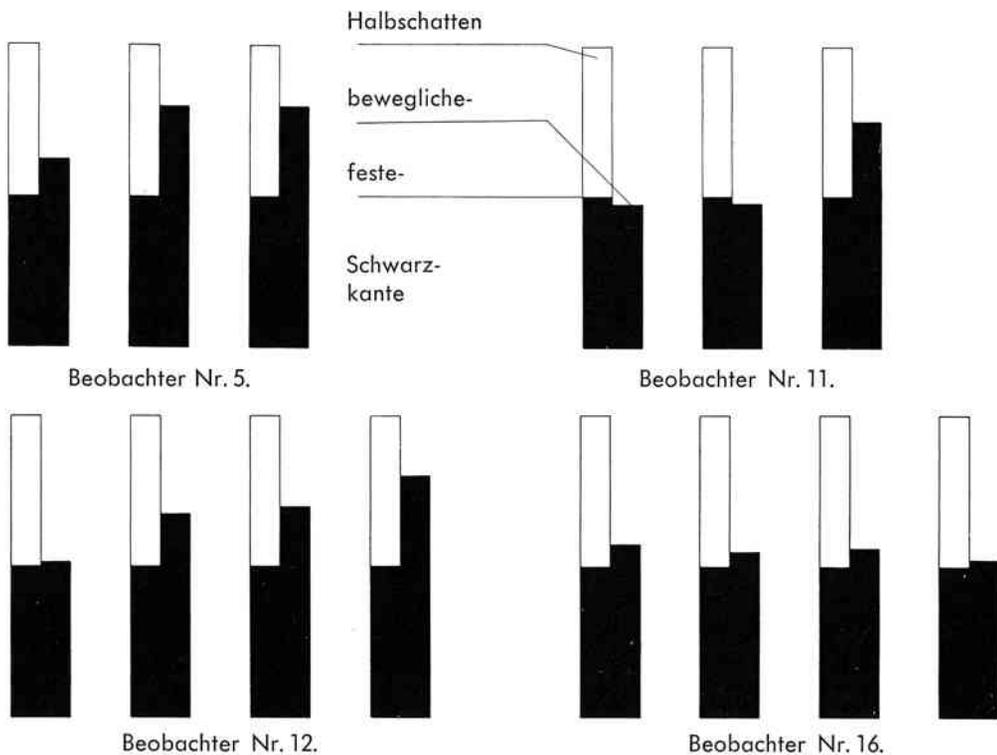


Fig. 6.

Eine Uebersicht zeigt uns nun in deutlicher Weise die grossen individuellen Unterschiede zwischen verschiedenen Beobachtern. Bei den meisten ist ein deutlicher Einfluss des Halbschattens auf die Einstellung zu sehen. Er nimmt für die verschiedenen Beobachter ungleich zu, je schwächer die Beleuchtung des Zielbildes wird. Bei den schwächeren Beleuchtungen wurde die Doppelkante meist nicht mehr als solche erkannt, und wir sehen, dass dann mehr oder weniger auf die Mitte des Doppelbildes eingestellt wird. Beobachter Nr. 16 stellte — als einziger unter 20 — auch dann noch auf die wirkliche Schwarzkante ein. Bei diesen Versuchen kann es sich natürlich noch nicht um eine vollständige « Zielbildanalyse » handeln. Eine solche würde viel ausgedehntere Versuche erfordern und ein dankbares Thema für eine Dissertation bilden. Die durchgeführten Versuche zeigen aber schon mit Sicherheit, dass in der Auffassung des Zielbildes starke Unterschiede zwischen verschiedenen Personen und eine Abhängigkeit von der Helligkeit bestehen.

Zur Verminderung des besprochenen Zielfehlers wurde schon alles mögliche probiert. Alle Vorschläge krankten aber daran, dass sie das Grundübel nicht beseitigen. Als Grundübel erkannten wir: Die Unschärfe der einzelnen Zielelemente und die Abhängigkeit des Masses der Unschärfe von der Helligkeit am Ziel (Aenderung der Augenpupille). Durch mechanische Hilfsmittel ist es nicht möglich, dieses Grundübel ganz zu beseitigen. Das Ringkorn beseitigt wohl die Unsymmetrie der Unschärfe, aber die Unschärfe selber nicht, weshalb bei Helligkeitsänderungen die Ringkorne ausgewechselt werden müssen, damit das Ziel überhaupt noch erkannt werden kann.

Verschiedene Möglichkeiten gibt uns die Optik. Einfache Mittel sind ein Visier aus einer halbkreisförmigen Linse oder einer Linse mit kleinem zentralem Loch oder einer Kombination aus Prismen mit einer halbversilberten Reflexionsfläche und Linse zur Beobachtung des Kornes in der gleichen Entfernung wie das Ziel. Bei diesen Hilfsmitteln muss aber ein Helligkeitsverlust von ca. 50 % am Ziel in Kauf genommen werden.

Wirksame Abhilfe bringt uns allein das Zielfernrohr, das uns zudem noch verschiedene weitere Erleichterungen des Zielens gibt. Dadurch, dass durch das Fernrohrobjektiv das Ziel in der gleichen Ebene wie die Zielmarke scharf abgebildet wird, verschwindet der besprochene Zielfehler vollständig. Die Beleuchtung am Ort des Zieles hat keinen Einfluss auf die Ziellinie mehr, sondern nur noch auf die Erkennbarkeit des Zieles. Es ist somit notwendig, dass das Zielfernrohr lichtstark ist. Ein weiterer Vorteil für das Zielen mit Zielfernrohr ist das sehr einfache Zielbild, wir müssen lediglich die Zielmarke mit dem Ziel in Uebereinstimmung bringen. Wir müssen also nur zwei Punkte, nämlich Ziel und Zielmarke beobachten, im Gegensatz zum offenen Visier, wo wir vier Punkte, nämlich Ziel, Korn, Visier und Auge in eine Gerade zu bringen haben. Aus diesem Grunde benützen wir mit Vorliebe das Zielfernrohr beim Schiessen auf bewegte Ziele, weil wir ihnen leichter folgen können. Beim Zielfernrohr spielt die Lage des Auges keine Rolle, sie wird nur durch die Grösse der Austrittspupille des Fernrohres begrenzt. Ein anderer Vorteil des Zielfernrohres besteht in der Möglichkeit, das Ziel vergrössert beobachten zu können, d. h. das Ziel aus kürzerer Entfernung betrachten zu können. Ein weiterer Vorteil, der besonders für militärische Zwecke sehr wichtig ist, besteht darin, dass das Zielgelände zwischen Ziel und Schiessendem nicht wie beim offenen Visier verdeckt wird. Im Zielfernrohr kann weiter jede Form der Zielmarke eingebaut werden, ausserdem besteht die Möglichkeit der Anbringung weiterer Marken für die Distanzmessung. Bei zweckmässiger Anordnung des Zielfernrohres am Gewehr, d. h. Fernrohrachse seitlich der Laufachse, wird das Flimmern, hervorgerufen durch erhitzte Läufe, ausgeschaltet.

Bei der Wahl eines Zielfernrohres muss zunächst gründlichst abgeklärt werden, welche Aufgabe es zu erfüllen hat. Wenn es nur als Zielmittel dienen soll, also das offene Visier ersetzen soll, gibt man dem Zielfernrohr keine oder nur schwache Vergrößerung. Soll es gleichzeitig als Beobachtungsinstrument dienen, gibt man ihm eine stärkere Vergrößerung. Der Wert eines auf einem Gewehr montierten Zielfernrohres als Beobachtungsinstrument verwendet, ist sehr problematisch. Eine stärkere Vergrößerung ist bei gleichen Dimensionen aber nur auf Kosten der Helligkeit und des Gesichtsfeldes möglich, bei gleicher Helligkeit und gleich grossem Gesichtsfeld nimmt ein stärker vergrößerndes Zielfernrohr rasch unförmliche Dimensionen an, was die Handhabung der Waffe, besonders für militärische Zwecke, stark beeinträchtigt. Bei zu starker Vergrößerung macht sich ferner das unruhige Halten der Waffe störend bemerkbar, ein Präzisionsschuss kann sogar unmöglich werden. Die Vergrößerung wird nur ausgenützt, wenn das Gewehr auf eine solide Unterlage aufgelegt wird. Eine zu starke Vergrößerung erschwert auch das Zielen beträchtlich, sobald zwischen Beobachter und Ziel das sogenannte Luftzittern vorhanden ist, es wird entsprechend der Vergrößerung verstärkt. Eine mehr als zwei- bis dreifache Vergrößerung wird als Zielmittel nicht ausgenützt. Für normale Augen ist der reine Zielfehler mit einem Zielfernrohr von dreifacher Vergrößerung ca. 2 cm auf 300 m Entfernung. Das Sprichwort «In der Beschränkung zeigt sich der Meister» hat hier völlige Berechtigung. Bei den schweren Waffen, wo Zielfernrohre benützt werden, ist diese Erkenntnis durchgedrungen, man hat durchwegs Vergrößerungen unter dreifach. Hier werden die Zielfernrohre als reine Zielmittel verwendet.

Auf einen wichtigen Punkt bei der Verwendung eines Zielfernrohres müssen wir noch hinweisen. Es ist dies die Art der Befestigung des Zielfernrohres am Gewehr. Es besteht die Forderung, dass die Lage der optischen Achse in bezug auf die Laufachse keiner Veränderung unterliegt. Die grösste Gewähr der Konstanz zwischen optischer Achse und Laufachse erhalten wir, wenn das Zielfernrohr in das Gewehr fest eingebaut wird und nicht verstellbar ist. Aus dem gleichen Grunde werden ja die mechanischen Visiere nicht abnehmbar gemacht. Bei einem abnehmbaren Zielfernrohr ist immer die Gefahr vorhanden, dass mit der Zeit an den Befestigungsstellen Spiel entsteht, sei es durch nor-



Fig. 7.

Gewehr mit in den Verschlusskasten
fest eingebautem Zielfernrohr.

male Abnützung oder durch Beschädigung. Ein Zielfernrohr aber, das nicht eine sichere Konstanz der Ziellinie zur Laufachse gewährleistet, ist sehr schädlich, da wir uns ja gerade auf die Stabilität der Ziellinie verlassen. Dass es möglich ist, bei weiser Beschränkung der optischen Daten ein Zielfernrohr in den Verschlusskasten eines Gewehres fest einzubauen, beweisen die verschiedenen Konstruktionen der Firma Kern & Co., AG., Aarau, die in den letzten Jahren auf Grund des schweizerischen Patentes Nr. 184 037 (von Dr. Wild in Baden) gebaut wurden. Die Fig. 7 zeigt ein solches in das Gewehr fest eingebautes Zielfernrohr.

Zum Schluss wollen wir noch daran erinnern, dass auf einem anderen Gebiet, nämlich im Vermessungswesen, sich die Entwicklung vom primitiven Dioptersystem zum Zielfernrohr schon vor über hundert Jahren vollzogen und durchgesetzt hat. Der einfachste Theodolit, das einfachste Nivellierinstrument, ist heute ohne Fernrohr mit Zielmarke nicht denkbar. Der Vermessungsfachmann erreicht damit Zielgenauigkeiten von weniger als einem hundertstel Promille. Diese Genauigkeit ist natürlich beim Gewehrschiessen nicht nötig.

Die Verwendung des Zielfernrohres beim Gewehrschiessen soll nicht in erster Linie eine Steigerung der Zielgenauigkeit an und für sich bewirken, sondern sie soll ermöglichen, das Zielen von äussern unberechenbaren Einflüssen unabhängiger zu machen, damit das Präzisionsschiessen leichter möglich wird. Die heute für das Zielen aufzuwendende Energie und Zeit kann bei Verwendung eines zweckmässig gebauten Zielfernrohres mit Vorteil für die ebenso wichtige Arbeit der guten Schussabgabe aufgewendet werden. Das Zielfernrohr schafft die Möglichkeit, dass das eigentliche Präzisionsschiessen, das heute noch eine durch Wenige beherrschte Kunst ist, zu einer durch Viele erlernbaren Fertigkeit wird, dies mit besonderem Gewicht für die Veteranen. Ein guter Schuss ist nur möglich, wenn er richtig gezielt und gut abgegeben wird.

Aarau, im Oktober 1944.

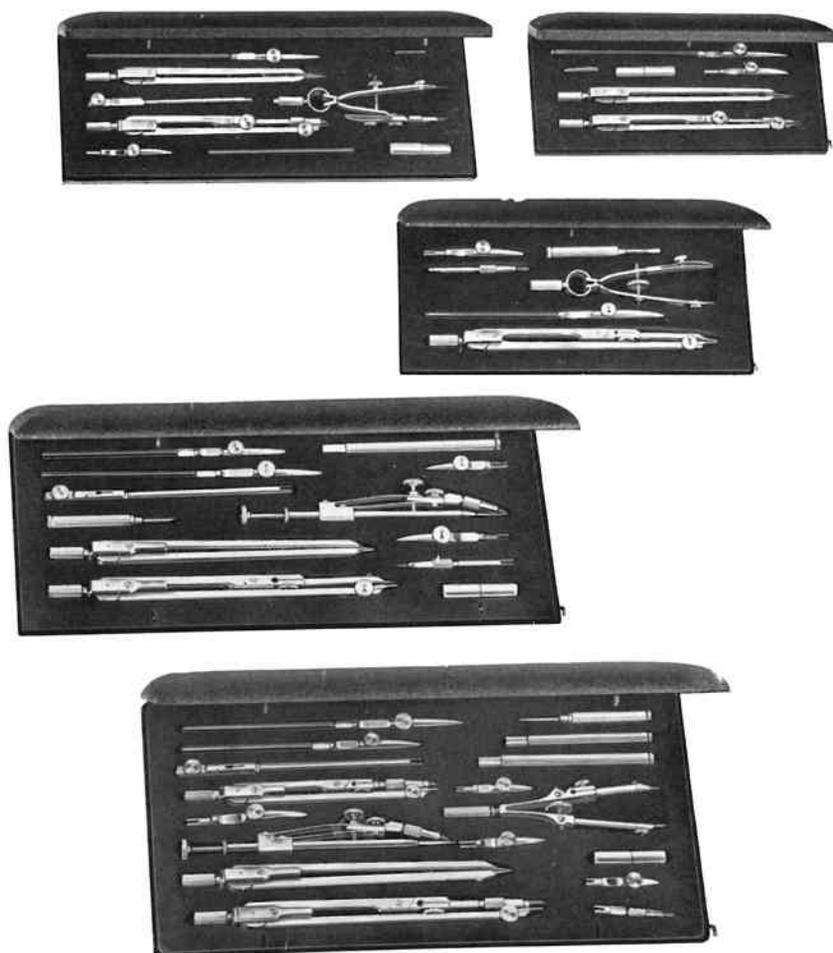
Das heutige Fabrikationsprogramm

Reisszeuge

4 verschiedene Qualitätsstufen in Neusilber und Messing, verchromt oder vernickelt.

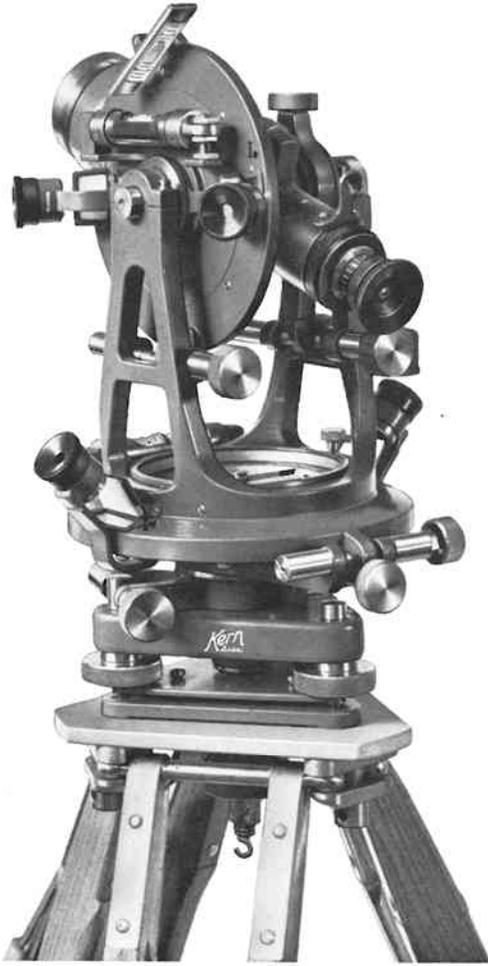
Ca. 150 Etuis-Combinationen, vom einfachsten Schüleretui bis zum hochwertigen Ingenieur-Reisszeug, enthaltend bis zu 30 verschiedene Einzelteile.

Spezialzirkel, Stangenzirkel, Punktier- und Schraffierapparate.

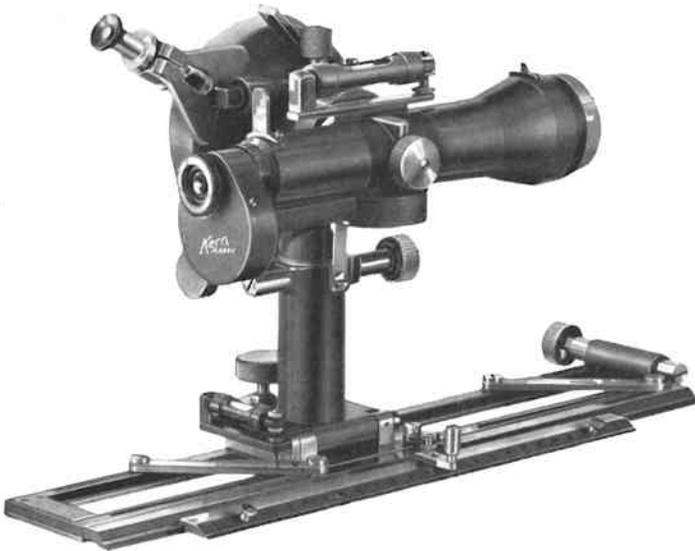


Vermessungsinstrumente

Theodolite, Tachymeter, Bussoleninstrumente
Messtische, Kippregeln
Selbstreduzierende Kippregel
Stative, Latten, Invar-Miren, Lattenrichter
Senkelstöcke, Pentaprismen, Kastenbussolen



Repetitions-Bussolen-Theodolit 25



Selbstreduzierende Kippregel Nr. 79



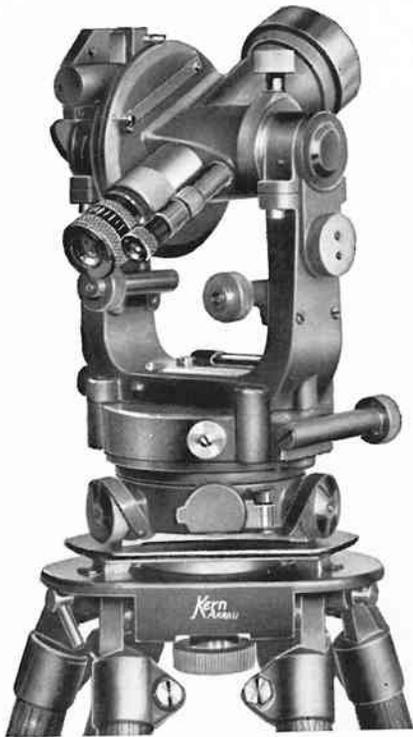
Pentaprismen

Vermessungsinstrumente

Doppelkreis-Theodolite
11 Typen für
5 Genauigkeitsstufen



DKM 3
Triangulations-Theodolit
für I. und II. Ordnung



DKM 2
Triangulations-Theodolit
Für III. und IV. Ordnung



DK 1
Kleiner Bautheodolit

Vermessungsinstrumente



DKR - Reduktions-Tachymeter-Theodolit



DM-M mit Doppelbildprisma und Planplatte



Ballontheodolit

Nivellierinstrumente

3 verschiedene Typen mit oder ohne Teilkreis
Präzisionsnivellier mit Mikrometer
Nivelliertachymeter



Einfaches Bauplatznivellier
NK 1



Ingenieurnivellier mit Teilkreis
NK 2



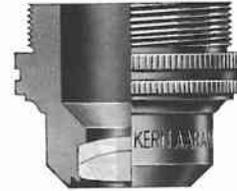
Präzisionsnivellier mit Mikrometer
Ablesung der Libelle im Gesichtsfeld des
Fernrohres
NK 3 M

Präzisions-Optik

- Fernrohrobjektive
- Okulare für alle Zwecke
- Mikroskopobjektive
- Planplatten, Planparallelplatten
- Präzisionsspiegel mit Rück- oder Oberflächenversilberung
- Hohlspiegel, Spiegellinsen
- Prismen
- Photo- und Kinoaufnahmeobjektive bis Öffnungen 1 : 1,4
- Projektions-Objektive
- Spezialobjektive zum Einbau in technische Messinstrumente, Maschinen und Apparate



Okular



Mikro-Objektiv

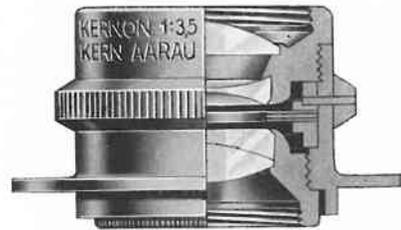
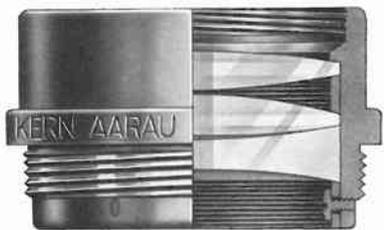
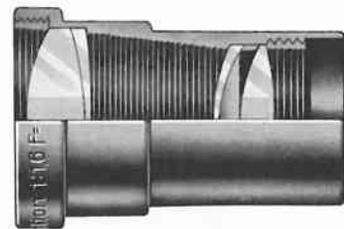


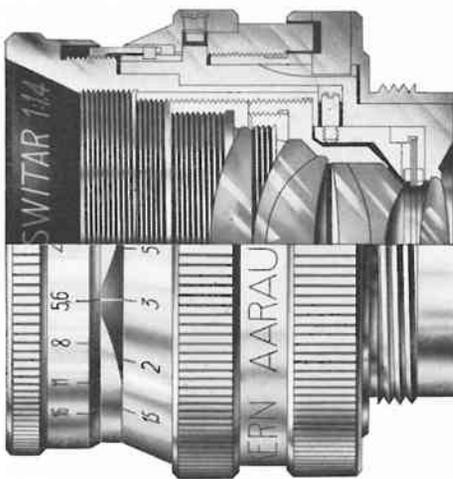
Photo-Aufnahmeobjektiv 1 : 3,5



Fernrohr-Objektiv



Kino-Projektionsobjektiv



Kino-Aufnahmeobjektiv 1 : 1,4
mit AR-Belag (Anti-Reflex-Schichten)

Feldstecher, Fernrohre etc.

8 verschiedene Modelle Prismen-Feldstecher

Monokulare Feldstecher

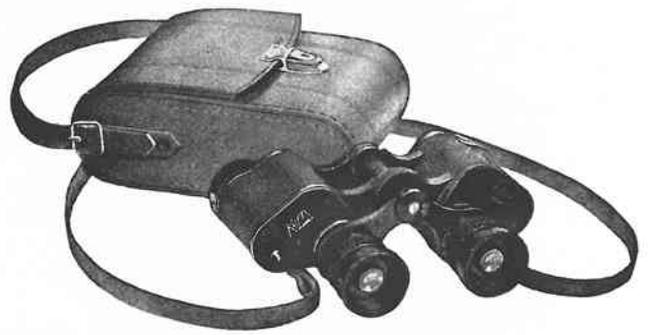
Aussichtsfernrohre 15—45fach vergrößernd

Schiesstandfernrohr, 45×65

Binokulare Prismenlupen,
15—50fach vergrößernd



Aussichtsfernrohr Alpitrix, 15—45fach



Alpar 8×24



Binokulare Prismenlupe, 15—50fach



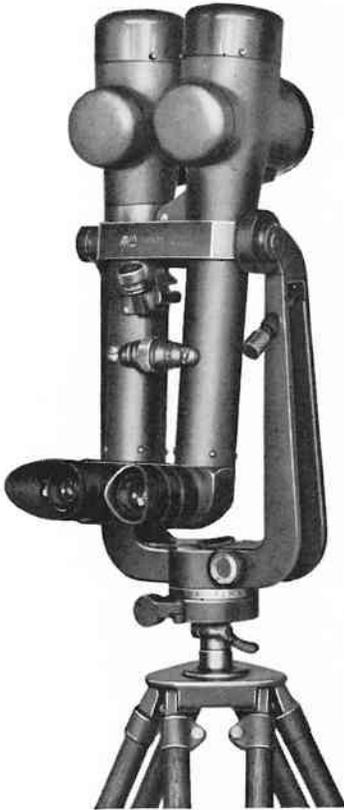
Alpin-Lux 6×30



Alpin-Stereo 8×30

Militäroptische Instrumente

Beobachtungs- und Messinstrumente



Grabenfernrohr 12×72
mit Teilkreis und Geländewinkelmesser



Beobachtungsfernrohr 9×80
auf Messkopfstativ mit Schnellhorizontierung



Aufnahmegerät für
Geschossflugzeitmesser



Beobachtungsfernrohr 9×80

Kriegstechnische Instrumente

Ziel- und Visier-Vorrichtungen



Zielfernrohre für Flakkanonen
mit 4 Wechsel-Strichplatten
Gesichtsfeld bis 1000 ‰



Reflexvisier für Flugzeuge - 500 ‰ Gesichtsfeld

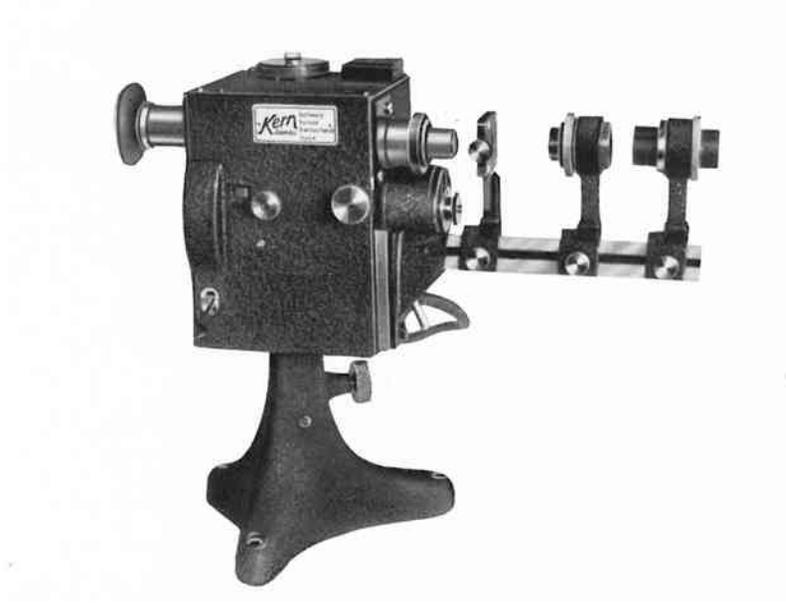


Reflexvisier für Flakkanonen



CK Visier für Flakkanonen
Reflexvisier mit 800 ‰ Gesichtsfeld

Diverse Instrumente



Super-Stroboskop für aperiodische Vorgänge
mit vorgebauter optischer Bank



Kreis-Polarimeter
mit großem Teil-Kreis, dreiteiligem Feld
und verstellbarem Halbschattenwinkel.

Spezial-Instrumente



Brücken-Kontrollinstrument
mit Spiegellinsen-Fernrohr 52×75



V₀ Messgerät

zum Bestimmen der Anfangsgeschwindigkeit beim Artillerieschiessen
Optischer Teil mit 2-Meter-Messbasis.

Die heutigen Fabrikanlagen



Fabrikanlage Ziegelrain:
Kaufmännische Bureaux



Blick in kaufmännisches Bureau



Spedition



Reisszeugfabrik am Ziegelrain



Zirkel-Rohfabrikation



Poliererei



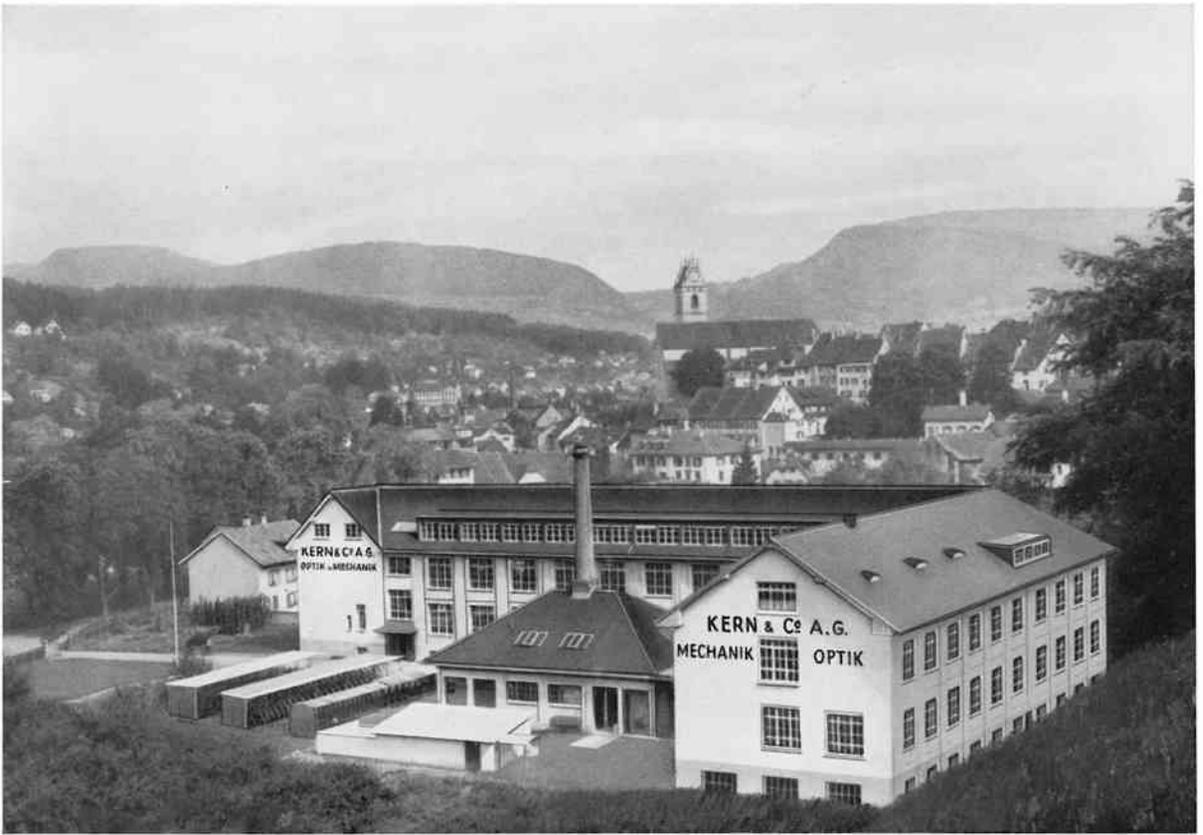
Zirkelmacherei und Montage



Etuismanufaktur



Fertiglager, Versandbereitmachen der Etuis



Gesamtansicht der Fabrikanlage Schachen



Eingang an der Schachenallee



Revolverdreherei



Mechanische Werkstatt I



Mechanische Werkstatt II



Optik-Werkstatt: Rohschleiferei



Optik-Poliersaal I: Planoptik



Optik-Poliersaal II: Rundoptik



Optik-Poliersaal III: Micro-Optik



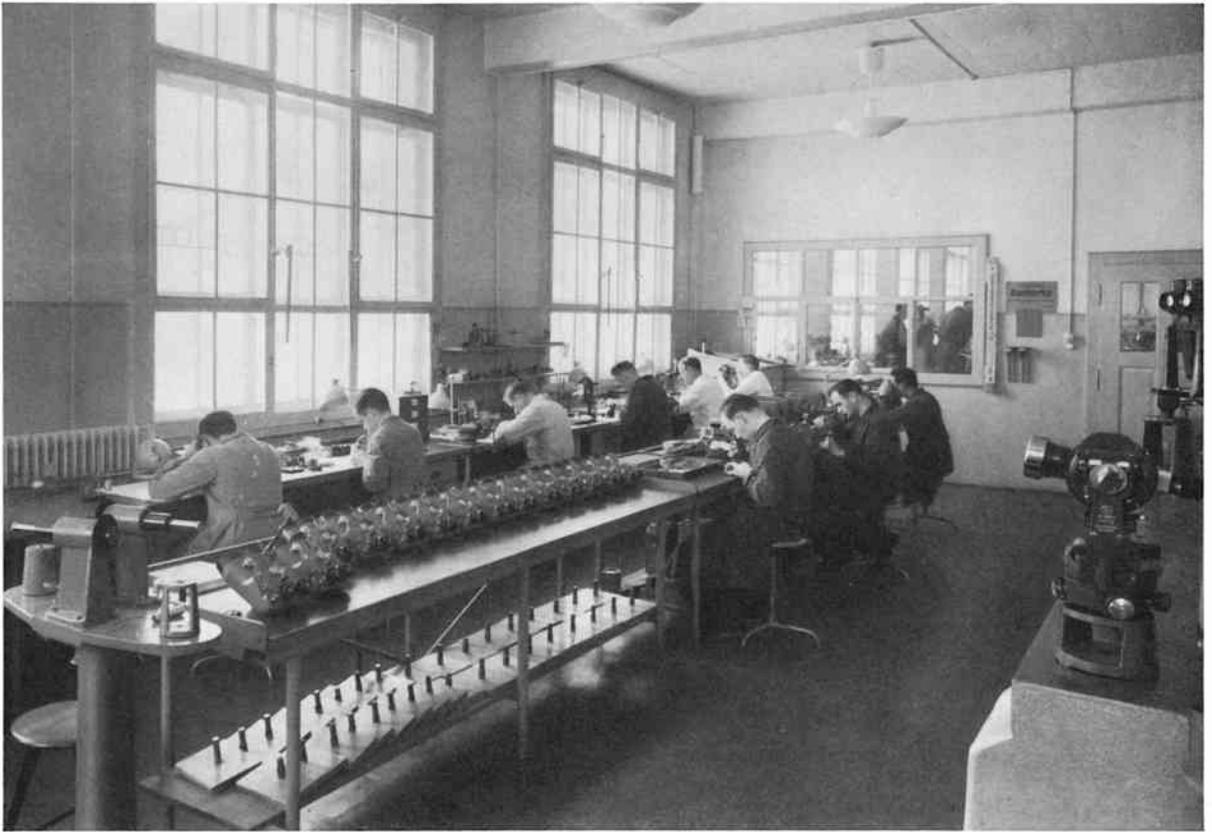
Optik: Endkontrolle und Lager



Montierwerkstatt I



Montierwerkstatt II



Justierraum: Vermessungsinstrumente



Justierraum: Feldstecher



Blick in die Betriebskantine



Kantinen-Aufenthaltsraum



Wohnkolonie Aarau, Scheibenschachen:
Kernhäuser an der Gysulastrasse



Wohnkolonie «Baldismatt» in Küttigen

