

VERSUCHE MIT DEM SEG

OPTIK



Versuche

mit dem

**S**chüler-**E**xperimentier-**G**erät

# O P T I K

Teilgerät eines Systems

physikalischer Schüler-Experimentier-Geräte



VEB POLYTECHNIK  
KARL-MARX-STADT

Diese Versuchsanleitung wurde von einem Autorenkollektiv der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt und des Pädagogischen Instituts Dresden ausgearbeitet.

**Verfasser:**

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Heise, Gerhard</b>    | Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Lehrstuhl Physik<br>Abteilung Methodik am Pädagogischen Institut<br>Dresden                                |
| <b>Pöttsch, Johannes</b> | Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Physik /<br>Abteilung Methodik an der Technischen Hochschule<br>Karl-Marx-Stadt               |
| <b>Roth, Helmut</b>      | Oberlehrer<br>Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Physik /<br>Abteilung Methodik an der Technischen Hochschule<br>Karl-Marx-Stadt |

## **0. Vorwort**

Mit dieser Versuchsanleitung beabsichtigen wir, den Physiklehrern Hinweise für den Einsatz unseres Schüler-Experimentier-Gerätes OPTIK zu geben.

Anordnung, Durchführung und Auswertung der beschriebenen Versuche sollen als Empfehlungen und Anregungen verstanden werden. Die Beschreibung der Versuche beschränkt sich auf wesentliche technische und methodische Hinweise. Die schöpferische Arbeit des Lehrers wird dadurch nicht eingeengt. Die Verfasser waren bemüht, innerhalb der Möglichkeiten, die ein solches Anleitungsheft bietet, dem Physiklehrer eine angemessene Anzahl von Versuchen zur Auswahl vorzulegen und ihm die Anwendungsbreite des Gerätes sichtbar zu machen. Die Versuche wurden fachlich nach Teilgebieten der Optik zusammengestellt.

Einige Versuche stellen etwas höhere Anforderungen an die Experimentier-Fertigkeiten der Schüler. Sie wurden besonders im Hinblick auf die außerschulische Nutzung dieses Lehrgerätes in Arbeitsgemeinschaften aufgenommen.

Das SEG-OPTIK ist in erster Linie für Schülerexperimente entwickelt worden, die meisten Bauelemente sind jedoch auch für Demonstrationsversuche in entsprechendem Rahmen einsetzbar.

Es ist der Wunsch der Verfasser und des Herstellers, daß dieses Heft dazu beitragen möge, dem Lehrer Impulse und Anregungen zur Belebung der physikalischen Schülerexperimente zu vermitteln.

Wir glauben, daß die Arbeit mit diesem Gerät erheblich zur Steigerung der Effektivität und Intensität des Unterrichtes beitragen kann.

An dieser Stelle sei den vielen Fachexperten und dem Deutschen Pädagogischen Zentralinstitut Berlin für die umfangreichen Arbeiten gedankt; die notwendige Voraussetzungen für die Entwicklung des Schüler-Experimentier-Gerätes OPTIK waren.

Karl-Marx-Stadt, am 1. 9. 1966

**VEB Polytechnik**  
Karl-Marx-Stadt

# 1. Inhaltsverzeichnis

0.	<b>Vorwort</b> . . . . .	3
1.	<b>Inhaltsverzeichnis</b> . . . . .	5
2.	<b>Allgemeines</b> . . . . .	9
3.	<b>Übersicht der Einzelteile zum Schüler-Experimentier-Gerät OPTIK</b> . . . . .	10
3.1.	Teilgerät – Ebene geometrische Optik . . . . .	10
3.2.	Grundgerät – Geometrische Optik . . . . .	10
3.3.	Zusatzgerät – Wellenoptik . . . . .	10
4.	<b>Beschreibung der Einzelteile</b> . . . . .	12
4.1.	Teilgerät – Ebene geometrische Optik . . . . .	12
4.2.	Grundgerät – Geometrische Optik . . . . .	12
4.3.	Zusatzgerät – Wellenoptik . . . . .	14
5.	<b>Versuche</b> . . . . .	15
5.0.	<b>Vorbemerkungen zu den Versuchen</b> . . . . .	15
5.1.	<b>Versuche zur Ausbreitung des Lichtes</b> . . . . .	17
5.1.1.	Lichtdurchlässigkeit der Körper . . . . .	17
5.1.2.	Geradlinige Ausbreitung – Schattenbildung . . . . .	17
5.1.3.	Kernschatten – Halbschatten . . . . .	17
5.1.4.	Lochkamera . . . . .	17
5.1.5.	Ausbreitung des Lichtes im homogenen und inhomogenen Médium . . . . .	17
5.1.6.	Sonnen- und Mondfinsternis . . . . .	18
5.2.	<b>Versuche zur Reflexion des Lichtes</b> . . . . .	18
5.2.1.	Reflexion am ebenen Spiegel – Reflexionsgesetz . . . . .	18
5.2.2.	Reflexion am ebenen Spiegel . . . . .	18
5.2.3.	Diffuse Reflexion . . . . .	18
5.2.4.	Reflexion am Hohlspiegel . . . . .	18
5.2.5.	Reflexion am Wölbspiegel . . . . .	19
5.3.	<b>Versuche zur Brechung und Totalreflexion des Lichtes</b> . . . . .	19
5.3.1.	Scheinbare Hebung einer Münze . . . . .	19
5.3.2.	Lichtbrechung in einem halbrunden Glaskörper – Brechungsgesetz . . . . .	19
5.3.3.	Lichtbrechung in einer wassergefüllten Küvette . . . . .	20
5.3.4.	Parallelverschiebung des Lichtes durch eine planparallele Platte . . . . .	20

5.3.5.	Lichtbrechung in einem Prisma . . . . .	20
5.3.6.	Totalreflexion an einer Fläche Glas-Luft . . . . .	21
5.3.7.	Totalreflexion an einer Fläche „Flüssigkeit-Luft“ . . . . .	21
5.3.8.	Totalreflexion in einem Prisma . . . . .	21
5.4.	<b>Versuche zum Strahlenverlauf durch Linsen und zur Abbildung mittels Linsen</b> . . . . .	22
5.4.1.	Strahlenverlauf durch eine Sammellinse . . . . .	22
5.4.2.	Strahlenverlauf durch eine Zerstreuungslinse . . . . .	22
5.4.3.	Strahlenverlauf durch eine „Luftlinse“ . . . . .	22
5.4.4.	Wärmewirkung im Brennpunkt einer Sammellinse . . . . .	22
5.4.5.	Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse . . . . .	22
5.4.6.	Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse . . . . .	23
5.4.7.	Erzeugung reeller Bilder mit Hilfe einer Sammellinse . . . . .	23
5.4.8.	Bestätigung der Abbildungsgleichung . . . . .	23
5.4.9.	Ermittlung des Abbildungsmaßstabes . . . . .	24
5.4.10.	Erzeugung virtueller Bilder mit einer Sammellinse . . . . .	24
5.4.11.	Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse über die Abbildungsgleichung . . . . .	24
5.4.12.	Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse gemeinsam mit einer Sammellinse bekannter Brennweite . . . . .	24
5.5.	<b>Optische Geräte</b> . . . . .	25
5.5.1.	Lupe . . . . .	25
5.5.2.	Modell eines Fotoapparates . . . . .	25
5.5.3.	Modell eines Diaskopes . . . . .	25
5.5.4.	Modell eines Episkopes . . . . .	25
5.5.5.	Modell eines Keplerschen Fernrohres . . . . .	25
5.5.6.	Modell eines terrestrischen Fernrohres . . . . .	26
5.5.7.	Modell eines Galileischen Fernrohres . . . . .	26
5.5.8.	Modell eines Mikroskopes . . . . .	26
5.5.9.	Korrektur von Augenfehlern durch Brillen . . . . .	26
5.5.10.	Korrektur von Augenfehlern durch Brillen . . . . .	27
5.6.	<b>Abbildungsfehler durch Linsen</b> . . . . .	27
5.6.1.	Chromatische Aberration . . . . .	27
5.6.2.	Chromatische Aberration . . . . .	27
5.6.3.	Sphärische Aberration . . . . .	27
5.6.4.	Sphärische Aberration – Koma . . . . .	28
5.6.5.	Astigmatische Abbildung eines Kreuzgitters . . . . .	28
5.6.6.	Bildfeldwölbung . . . . .	28
5.7.	<b>Spektrale Zerlegung des Lichtes – Farbenlehre</b> . . . . .	28
5.7.1.	Erzeugung eines Dispersionsspektrums . . . . .	28
5.7.2.	Erzeugung eines Dispersionsspektrums . . . . .	29
5.7.3.	Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß mit Hilfe einer Sammellinse . . . . .	29

5.7.4.	Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß mit Hilfe einer behelfsmäßigen Zylinderlinse . . . . .	29
5.7.5.	Komplementärfarben . . . . .	29
5.7.6.	Subtraktive Farbmischung . . . . .	29
5.7.7.	Additive Farbmischung . . . . .	30
5.8.	<b>Versuche zur Fotometrie . . . . .</b>	30
5.8.1.	Abhängigkeit des Querschnittes eines Lichtbündels von der Entfernung zur Lichtquelle — Lambertsches Entfernungsgesetz . . . . .	30
5.8.2.	Vergleich der Lichtstärken zweier Lichtquellen mit dem Schattenfotometer . . . . .	30
5.8.3.	Vergleich der Lichtstärken zweier Lichtquellen mit einem Papierfotometer . . . . .	30
5.9.	<b>Versuche zur Interferenz von Lichtwellen durch Reflexion und Brechung . . . . .</b>	31
5.9.1.	Interferenzversuch nach Lloyd . . . . .	31
5.9.2.	Interferenz in einer dünnen keilförmigen Schicht . . . . .	31
5.9.3.	Newtonsche Ringe . . . . .	31
5.9.4.	Farben dünner Blättchen . . . . .	32
5.10.	<b>Versuche zur Interferenz durch Beugung und Streuung . . . . .</b>	32
5.10.1.	Beugung des Lichtes am schmalen Hindernis . . . . .	32
5.10.2.	Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt . . . . .	32
5.10.3.	Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt . . . . .	32
5.10.4.	Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt . . . . .	33
5.10.5.	Bestimmung der Größenordnung der Wellenlänge von „Filterlicht“ durch Beugung am Doppelspalt . . . . .	33
5.10.6.	Beugung des Lichtes an einem optischen Strichgitter . . . . .	34
5.10.7.	Beugung des Lichtes an einem optischen Strichgitter . . . . .	34
5.10.8.	Bestimmung der Wellenlänge von „Filterlicht“ durch Beugung am optischen Strichgitter . . . . .	35
5.10.9.	Bestimmung der Lichtwellenlänge durch Beugung am Gitter . . . . .	35
5.10.10.	Erzeugung eines Beugungsspektrums . . . . .	35
5.10.11.	Beugung des Lichtes an einem behelfsmäßigen Reflexionsgitter . . . . .	36
5.10.12.	Beugung des Lichtes an einem Kreuzgitter . . . . .	36
5.10.13.	Beugung des Lichtes an einem Spalt . . . . .	36
5.10.14.	Beugung des Lichtes an einer Halbebene . . . . .	36
5.10.15.	Interferenz durch Beugung und Streuung . . . . .	36
5.11.	<b>Versuche zur Polarisation des Lichtes . . . . .</b>	37
5.11.1.	Nachweis der Polarisierbarkeit des Lichtes . . . . .	37
5.11.2.	Nachweis der Polarisierbarkeit des Lichtes — Handapparat . . . . .	37
5.11.3.	Polarisation des Lichtes durch Reflexion . . . . .	37
5.11.4.	Polarisation des Lichtes durch Brechung . . . . .	37

5.11.5.	Untersuchung des Polarisationszustandes von Streulicht . .	38
5.11.6.	Polarisationszustand des Himmelslichtes . . . . .	38
5.11.7.	Farben im polarisierten Licht (Rotationsdispersion) . . . .	38
5.11.8.	Farben im polarisierten Licht (Rotationsdispersion) . . . .	38
5.11.9.	Drehung der Polarisationssebene durch optische aktive Stoffe	39
5.11.10.	Spannungsdoppelbrechung . . . . .	39
5.11.11.	Spannungsdoppelbrechung . . . . .	39

## 2. Allgemeines

Das Schüler-Experimentier-Gerät OPTIK (SEG-OPTIK) ist ein Teilgerät des Systems physikalischer Schüler-Experimentier-Geräte. Durch die Einbeziehung dieses Gerätes in das System ergibt sich bei einer verhältnismäßig geringen Anzahl von Aufbauteilen ein beträchtlicher Versuchsumfang. Mit Hilfe einiger Teile aus dem SEG-Mechanik sind mannigfaltige Variationen im Aufbau möglich.

Das SEG-OPTIK wurde in drei Gerätegruppen unterteilt:

1. Teilgerät – Ebene geometrische Optik,
2. Grundgerät – Geometrische Optik,
3. Zusatzgerät – Wellenoptik.

Das **Teilgerät** für Versuche zur ebenen geometrischen Optik dient zur Erarbeitung der Gesetzmäßigkeiten des Strahlenverlaufes bei Reflexion und Brechung. Die Versuche können im Heft des Schülers, auf einem weißen Papierblatt (Arbeitsblatt) oder auf der runden Plastscheibe mit Winkelteilung ausgeführt werden. Das Nachzeichnen der Flachkörper und des Strahlenverlaufes ist möglich. Ein wesentlicher Vorteil dieser Neuentwicklung gegenüber bisherigen Experimentierverfahren in der Strahlenoptik liegt in der horizontalen Anordnung und der direkten Verfolgung des Strahlenverlaufes. Der Aufbau und die Durchführung der Versuche gelingen schnell und sicher. Die Arbeit mit diesem Gerät kann erheblich zur Steigerung der Effektivität und Intensität des Unterrichts beitragen.

Das **Grundgerät** für Versuche zur geometrischen Optik enthält zusammen mit Teilen des SEG-Mechanik alle Aufbauelemente für eine optische Bank. Auf die bisher mit der optischen Bank gekoppelte optische Scheibe wurde verzichtet, da wesentlich einfacher und eindrucksvoller mit dem Teilgerät – Ebene geometrische Optik gearbeitet werden kann.

Besteht dennoch der Wunsch, den Verlauf der Lichtstrahlen an einer optischen Scheibe zu beobachten, so ist dies in horizontaler oder vertikaler Weise möglich, wie in den Bildern 1 bis 3 dargestellt.

Das **Zusatzgerät** für Versuche zur Wellenoptik kann nur in Verbindung mit dem Grundgerät voll genutzt werden. Es enthält die für Polarisations-, Interferenz- und Beugungsversuche notwendigen Einzelteile (Spalte, Gitter, Filter usw.). Für die Versuche zur Polarisation ist ein einfacher Handapparat (Bild 4) entwickelt worden, der ein schnelles und sicheres Arbeiten bei Tageslicht gestattet. Der Handapparat kann aber auch zur Halterung von Diapositiven, Blenden und Filtern auf der optischen Bank verwendet werden.

### 3. Übersicht der Einzelteile zum SEG-OPTIK (Bild 5)

#### 3.1. Teilgerät – Ebene geometrische Optik

Nr.	Stück	Bezeichnung
1	1	Heftleuchte, Glühlampe 6 V / 5 W
2	1	Einspalt-Dreisfalt-Blende
3	1	Spiegelkombination
4	1	Flachküvette, Plaste (65 mm · 40 mm · 30 mm)
5	1	Plastscheibe rund mit Achsenkranz und Winkelteilung 5,10, Durchmesser 90 mm
6	1	Flachglaskörper planparallel
7	1	Flachglaskörper halbrund
8	1	Flachglaskörper plankonkav
9	1	Flachglaskörper bikonvex
10	1	Flachglaskörper rechtwinklig, gleichschenkelig

#### 3.2. Grundgerät – Geometrische Optik

Nr.	Stück	Bezeichnung
11	1	Experimentierleuchte, Glühlampe 6 V / 5 W
12	1	Einspalt-Dreisfalt-Blende, Spaltbreite 0,8 mm
13	1	Loch-Blende, Lochdurchmesser 3 mm und 6 mm
14	4	T-Füße mit drei Bohrungen 10 mm, Längsschlitz
15	1	Blendrahmen mit horizontalem Schiebeschacht und Klemm- vorrichtung für Diarähmchen
16	1	Blendrahmen mit Linse $f = - 100$ mm
17	1	Blendrahmen mit Linse $f = + 50$ mm
18	1	Blendrahmen mit Linse $f = + 100$ mm
19	1	Blendrahmen mit Linse $f = + 250$ mm
20	1	Bildschirm transparent, mattiert, Plaste
21	1	Tischchen rund
22	1	Kronglasprisma gleichseitig
23	1	Transparent – „L“ als Objekt

#### 3.3. Zusatzgerät – Wellenoptik

Nr.	Stück	Bezeichnung
14	1	T-Fuß mit drei Bohrungen 10 mm, Längsschlitz
24	1	Handapparat
25	2	Polarisationsfilter, Durchmesser 50 mm
26	1	Spannring
27	1	Plastkörper ringförmig
28	1	Plastkörper stabförmig

Nr.	Stück	Bezeichnung	
29	1	Glasküvette (45 mm · 45 mm · 40 mm)	
30	1	Einspalt-Blende, Spaltbreite 0,2 mm	
31	1	Spalt 0,05 mm	} in Diarähmchen
32	1	Doppelspalt 0,05 mm, Spaltabstand 0,2 mm	
33	1	Gitter 1 k = 0,1 mm	
34	1	Gitter 2 k = 0,05 mm	
35	1	Doppelkeilspalt, transparent, Keilabstand 11 mm	
36	1	Glimmerpräparat	
37	1	Zellglaspräparat	
38	1	Filter Rot	
39	1	Filter Gelb	
40	1	Filter Blau	

## 4. Beschreibung der Einzelteile

### 4.1. Teilgerät – Ebene geometrische Optik

Die **Heftleuchte** (Bild 6) ist mit einer Glühlampe 6 V / 5 W versehen. Der auswechselbare Kondensator hat eine Brennweite von 60 mm. Die Lichtquelle kann im Lampengehäuse verschoben werden, so daß man paralleles, divergentes oder konvergentes Licht erhält. Das Lampengehäuse ist unten offen und wird direkt auf das Heft, die Papierunterlage oder auf den Tisch gelegt. Mitunter erweist es sich als günstig, das Papier oder die Plastscheibe auf eine Unterlage (z. B. Lehrbuch) von halber Höhe der Kondensatorlinse zu legen. Dabei erhält man eine besonders scharfe Zeichnung der Lichtbündel. (Bild 7)

Die **Einspalt-Dreisfalt-Blende** (Bild 8) wird in die Führungsnut der Heftleuchte vor der Kondensatorlinse eingesetzt. Die Schlitze sind so lang gehalten, daß sowohl der Verlauf der gebrochenen als auch der nicht gebrochenen Strahlen zu sehen ist. Mit Hilfe einer kleinen Pappscheibe, die auf den Flachglaskörper gesetzt wird, kann der nicht gebrochene Strahl abgedeckt werden.

Die **Spiegelkombination** (Bild 9) besteht aus einem Halterahmen und einem polierten Metallstreifen. Die Rückseite des Halterahmens ist poliert und dient als ebener Spiegel, die Innenseite des Halterahmens ist zur Beobachtung der diffusen Reflexion weiß mattiert. Je nach Einlegen des Spiegelstreifens in den Halterahmen entsteht ein Hohl- oder Wölbspiegel.

Die **Flachkühlvette** (Bild 10) ist so bemessen, daß auch die Flachglaskörper hineinpassen.

Die **Plastscheibe** (Bild 11) ist mit einem Achsenkreuz; einer Winkelteilung ( $5/1^\circ$ ) und einer Markierung für die Auflage des halbrunden Flachglaskörpers für Berechnungsversuche versehen.

Die **Flachglaskörper** (Bild 12) werden mit der matten Seite auf die Papier- oder Plastunterlage gelegt. Der Satz enthält folgende Formen: planparallel; halbrund; plankonkav; bikonvex; rechtwinklig – gleichschenkelig.

### 4.2. Grundgerät – Geometrische Optik

Die **Experimentierleuchte** (Bild 13) ist mit einer Glühlampe 6 V / 5 W versehen. Die Leistung der Glühlampe reicht für die Beobachtung am Arbeitsplatz der Schüler bei den meisten Versuchen selbst im nicht verdunkelten Unterrichtsraum aus. Die Kondensatorlinse hat eine Brennweite von etwa 60 mm.

Die Leuchte kann im T-Fuß befestigt werden. Am hinteren Teil des Lampengehäuses befindet sich ein Stellbügel, der eine Schrägstellung bei Verwendung als Heftleuchte ermöglicht. Das obere Deckblech kann nach hinten abgezogen werden, um die Kondensorlinse herauszunehmen oder die Lampe auszuwechseln.

Die **Blendenstreifen** (Bild 14) (Einspalt-Dreisfalt-Blende, Loch-Blende) werden in die Führungsnut vor der Kondensorlinse eingesetzt. Dabei stehen die Spalte senkrecht. Sollte eine waagerechte Anordnung der Spalte erforderlich sein, so klemmt man den Blendenstreifen unter die Federn des Blendrahmens.

Die **T-Füße** (Bild 15) sind mit zwei rechtwinklig zueinanderstehenden Führungsnuten versehen. Als Schiene dient ein 10 mm Stativstab aus dem SEG-Mechanik. In die drei Bohrungen können drei Blendrahmen gleichzeitig eingesetzt werden. Die kurzen Querschlitzte gewährleisten, daß alle Blendrahmen in gleicher Höhe und rechtwinklig zur optischen Achse stehen. Der Längsschlitz ist zum Einsetzen des Bildschirms angebracht. Mit Hilfe der Rändelschraube können alle Teile festgeklemmt werden. Am Fuß befindet sich eine Meßmarke, die ein genaues Abmessen der Abstände zwischen mehreren T-Füßen auf der optischen Bank ermöglicht. Es ist dabei zu beachten, daß die optischen Bauelemente, deren Abstände voneinander ermittelt werden sollen, in die Bohrung über der Marke eingesetzt werden.

Der **Blendrahmen** (Bild 16) ist mit einem waagerechten und senkrechten Schiebeshacht für Diarähmchen 50 mm · 50 mm versehen, so daß gleichzeitig zwei Bauteile (z. B. Gitter und Farbfilter) eingesetzt werden können.

Die **Blendrahmen mit Linsen** (Bild 17) können in eine Bohrung des T-Fußes gesetzt oder mit einer Kreuzmuffe am Stativmaterial des SEG-Mechanik befestigt werden. An Stelle der Angabe der Brennweiten der Linsen sind im Blendrahmen „Punkte“ eingeprägt. Damit wird die Möglichkeit der Bestimmung der Brennweite offengelassen:

- . entspricht  $f = - 100 \text{ mm}$
- .. entspricht  $f = + 50 \text{ mm}$
- ... entspricht  $f = + 100 \text{ mm}$
- .... entspricht  $f = + 250 \text{ mm}$

Der **Bildschirm** (Bild 18) ist eine einseitig mattierte Plastscheibe. Er wird in den Längsschlitz des T-Fußes eingesetzt. Da der Fuß mit rechtwinklig versetzten Nuten versehen ist, kann der Schirm längs und quer zur optischen Achse gestellt werden. Besteht die Notwendigkeit, ihn mit Stativmaterial zu verwenden oder schräg in den Strahlengang zu stellen, so kann er in den Linealhalter aus dem SEG-Mechanik eingeklemmt werden. Bei horizontaler Anordnung wird er auf das Tischchen gelegt.

Das **Transparent-L** (Bild 19) dient als selbstleuchtender Gegenstand für viele Versuche mit Linsen.

Das **Tischchen** (Bild 20) ist zum Aufsetzen für verschiedene Teile (wie Prisma, Küvette, Plastscheibe usw.) vorgesehen. Die Stiellänge ist so be-

messen, daß die Gegenstände etwa in Höhe der optischen Achse angeordnet werden können. Der Durchmesser des Tischchens ist 60 mm, es kann zusammen mit einem Blendrahmen in einen T-Fuß eingesetzt werden.

#### 4.3. Zusatzgerät – Wellenoptik

Das Grundgerät wird durch einen Satz **Spalte, Gitter, Farbfilter und Präparate** ergänzt, um Versuche zur Wellenoptik durchführen zu können. Sie sind in Diarähmchen gefaßt und werden in den horizontalen oder vertikalen Schacht des Blendrahmens eingesetzt. Die Gitterkopien sind nur durch Punkte auf dem Negativ gekennzeichnet, um auch die Bestimmung der Gitterkonstanten  $k$  mit Licht bekannter Wellenlänge durchführen zu können.

. entspricht  $k = 0,1$  mm

.. entspricht  $k = 0,05$  mm.

Die Filter Rot, Gelb und Blau haben eine verhältnismäßig große Durchlaßbreite, genügen aber den Ansprüchen für Schülereperimente.

Der **Handapparat** (Bild 4) kann im T-Fuß befestigt oder mit der Hand gehalten werden. In die vier schmalen Führungsnuten können neben den Polarisationsfiltern auch die in Diarähmchen gefaßten Farbfilter, doppelbrechenden Präparate, Spalte und Gitter eingeschoben werden (Bild 21). In den Boden des Handapparates ist eine Markierungslinie eingepreßt, gegen die eine grobe Winkelschätzung der Polarisationsrichtung der Polarisationsfilter möglich ist.

Die **Polarisationsfilter** haben einen Durchmesser von 50 mm, sie bedürfen einer pfleglichen Behandlung. Die Polarisationsrichtung ist durch einen dünnen roten Strich markiert.

Der **Spannring** (Bild 22) zur Aufnahme der spannungsdoppelbrechenden Plastkörper kann in die breite Nut des Handapparates eingeschoben werden.

Die **Glasküvette** (Bild 23) findet in ähnlicher Weise im Handapparat zwischen den Polarisationsfiltern Platz.

Die **Plastkörper** (Kreisring und Stab) werden in den Spannring (Bild 24) eingesetzt.

## 5. Versuche

### 5.0. Vorbemerkungen zu den Versuchen

Die folgenden Versuche stellen nur eine Auswahl der mit dem SEG-OPTIK möglichen Experimente dar. Ausgewählt wurden solche Versuche, die als Schülerexperimente geeignet erscheinen. Einige Versuche stellen hohe Anforderungen an das Experimentiergeschick der Schüler, sie wurden jedoch im Hinblick auf die außerschulische Arbeit mit diesem Lehrmittelsatz aufgenommen.

Der Versuchsaufbau wird stets durch eine Skizze wiedergegeben, so daß viele technische Hinweise entfallen können. In einigen Fällen sind zahlenmäßig Entfernungen zwischen spezifischen Bauelementen angegeben; sie sind als Richtwerte aufzufassen.

Neben den Bauteilen des SEG-OPTIK sind eine Reihe von Teilen des SEG-Mechanik zur Durchführung der Versuche erforderlich. Zum Aufbau der optischen Bank werden ein oder zwei Stativstäbe 0,5 m lang als Grundschiene benötigt. Zum Messen von Entfernungen findet der Meßstab 0,5 m Verwendung. Außerdem sind mitunter der V-Fuß und Kreuzmuffen zum Aufbau erforderlich. Teile, die diesem Experimentiersatz entnommen sind, werden in der Aufzählung der erforderlichen Geräte mit (M) gekennzeichnet.

Für einige Versuche werden auch Teile aus anderen Schüler-Experimentier-Geräten herangezogen. Weiterhin wurden eine Reihe einfacher Bauteile verwendet, die zur Sammlung gehören bzw. sich sehr einfach herstellen lassen oder leicht zu beschaffen sind. Die Teile werden in der jeweiligen Versuchsbeschreibung erwähnt.

Alle für einen Versuch erforderlichen Einzelteile aus dem SEG-OPTIK sind mit der im Abschnitt 3 aufgeführten Positions-Nummer benannt. Darüber hinaus wird mit folgenden Kurzzeichen gearbeitet:

St	Stativstab
KM	Kreuzmuffe
Mst	Meßstab
Obj	Objekt (ORWO-Schachtel, Streichholzschachtel)
(M)	Bauteil aus dem SEG-Mechanik
(K)	Bauteil aus dem SEG-Kalorik
(G)	Bauteil aus dem Glasgerätesatz

Die Buchstaben bzw. Zahlen in Klammern ( ) geben jeweils die Stückzahl bzw. das Experimentiergerät an, aus dem das Bauteil zu entnehmen ist.

Beispiel: 17, 19, 14 (2) oder KM (2, M), St (2, M), Papprohr

Es bedeuten:

17	Blendrahmen mit Linse $f = + 50 \text{ mm}$
19	Blendrahmen mit Linse $f = + 250 \text{ mm}$
14 (2)	2 T-FüÙe oder
KM (2, M)	2 Kreuzmuffen aus dem SEG-Mechanik
St (2, M)	2 Stativstabe aus dem SEG-Mechanik
Papprohr	(Selbstbau)

Die zum Betrieb der Experimentierleuchte erforderliche Stromversorgung kann sowohl zentral als auch individuell mit dem zum System der Schüler-Experimentier-Geräte gehörigen Stromversorgungsgeräte erfolgen. In der Aufzählung der zum Versuch erforderlichen Einzelteile ist die Stromversorgung nicht enthalten.

Der spezifischen Aufgabenstellung dieses Heftes als kurzgefaÙte Anleitung entsprechend, wurde auf ausführliche methodische Hinweise bei den Versuchsbeschreibungen verzichtet. Es ist deshalb empfehlenswert, dieses Heft gemeinsam mit Werken der methodischen Literatur zu verwenden:

Girke-Sprockhoff

Physikalische Schulversuche, Siebenter Teil, Strahlenoptik  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin  
o. J.

Deutsches Zentralinstitut für Lehrmittel

Lehrmittel für den Physikunterricht, Mappe III  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin  
o. J.

Ministerium für Volksbildung

Verbindliche Schülerübungen für den Physikunterricht an der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule  
Ohne Verlag, o. J.

Autorenkollektiv

Unterrichtshilfen Physik 6. Klasse  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin  
1964

Autorenkollektiv

Physik, Lehrbuch für die Oberschule Klasse 6  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin  
1964

Autorenkollektiv

Physik, Lehrbuch für die Oberschule Klasse 10  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin  
1965

Laufende Beiträge und Hinweise in der Fachzeitschrift.

Physik in der Schule  
Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin

## 5.1. Versuche zur Ausbreitung des Lichtes

### 5.1.1.

#### **Lichtdurchlässigkeit der Körper (Bild 25)**

1, 4,

Glas, Papier,  
Karton u. ä.,  
Färbemittel

Vor die Heftleuchte ohne Kondensor werden verschiedene Stoffe gehalten und auf ihre Lichtdurchlässigkeit geprüft.

Zur Untersuchung der Lichtdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der Schichtdicke verwendet man verschieden dicke Papierlagen oder eine gefärbte Flüssigkeit (Küvette quer und längs in den Strahlengang stellen!).

### 5.1.2.

#### **Geradlinige Ausbreitung – Schattenbildung**

(Bild 26, 27)

1,

Hakenkörper 1g (M).

Vor die Heftleuchte ohne Kondensor wird auf die Plastscheibe der Hakenkörper (oder ein anderes Objekt) gestellt. Die geradlinige Begrenzung des Schlagschattens auf der Plastscheibe kann nachgezeichnet werden.

Es ist auch möglich, die Größe des Schattens in Abhängigkeit von der Entfernung des Körpers zur Lichtquelle zu untersuchen.

### 5.1.3.

#### **Kernschatten – Halbschatten (Bild 28)**

1 (2) oder

2 Kerzen, Obj.,  
weißes Papier.

Das auf dem Papierbogen stehende Objekt wird gleichzeitig von einer Seite von zwei Heftleuchten oder 2 Kerzen beleuchtet. Die Begrenzungen der Kern- und Halbschattengebiete können auf der Unterlage nachgezeichnet werden.

### 5.1.4.

#### **Lochkamera (Bild 29)**

11, 14 (4), 15,  
20, 23,

St (M), Mst (M)  
Kartonstück  
(90 mm · 110 mm).

Zwischen dem gut beleuchteten Transparent „L“ und dem Schirm wird das Kartonstück mit einem feinen Loch in Höhe der optischen Achse aufgestellt. Auf dem Schirm beobachtet man das umgekehrte reelle Bild des Gegenstandes.

Werden Bildweite  $s'$ , Gegenstandsweite  $s$ , Bildgröße  $y'$  und Gegenstandsgröße  $y$  gemessen, findet man leicht:  $s : s' = y : y'$ .

### 5.1.5.

#### **Ausbreitung des Lichtes im homogenen und inhomogenen Medium (Bild 30)**

11, 14 (3), 20,  
21,

Mit der Experimentierleuchte ohne Kondensor wird ein Objekt beleuchtet. Sein Schattenbild wird auf dem Schirm aufgefangen. Bringt man

St (M),  
Obj., Kerze.

eine brennende Kerze in den Strahlengang, so werden durch die Dichteunterschiede der erwärmten Luft die Umrisse des Schattens unscharf.

5.1.6.

#### Sonnen- und Mondfinsternis (Bild 31)

11, 14 (2), 21,

St (M),  
Tischtennisball,  
kleine Plastilin-  
Kugel, Draht.

Um den auf dem Tischchen liegenden, von der Experimentierleuchte beleuchteten, Tischtennisball (Erde) wird mit einem Drahtbügel die Plastilinkugel (Mond) geführt. Dabei lassen sich modellmäßig die Finsternisse vorführen.

### 5.2. Versuche zur Reflexion des Lichtes

5.2.1.

#### Reflexion am ebenen Spiegel – Reflexionsgesetz (Bild 32)

1, 2, 3, 5,

Papier, Lineal.

Mit der Heftleuchte wird auf der Papierunterlage ein paralleles Strahlenbündel erzeugt und ein feines Lichtbündel mit der Einspaltblende ausgeblendet. Der ebene Spiegel liegt auf der Plastscheibe mit Winkelteilung. Das schmale Lichtbündel ist auf den Mittelpunkt der Kreis- teilung gerichtet. Einfallswinkel und Reflexionswinkel werden gemessen und verglichen. Versuch mehrmals mit verändertem Einfallswinkel wiederholen. Man findet leicht:

$$\alpha = \alpha'$$

5.2.2.

#### Reflexion am ebenen Spiegel (Bild 33)

1, 2, 3,

Papier.

Der Versuch verläuft ähnlich wie 5.2.1. Die Heftleuchte wird lediglich mit der Dreispaltblende versehen. Untersucht wird die Reflexion paralleler, divergenter und konvergenter Strahlenbündel.

5.2.3.

#### Diffuse Reflexion (Bild 34)

1, 2, 3,

Papier.

Man richtet das parallele Strahlenbündel der Heftleuchte auf die mattierte Innenfläche des Spiegelhalters und beobachtet auf dem Papier lediglich eine flächenhafte Aufhellung um den Auftreffort des Bündels, aber keine reguläre Reflexion.

5.2.4.

#### Reflexion am Hohlspiegel (Bild 35)

1, 2, 3,

Auf das mit einem Strich als optische Achse

Papier, Lineal.

markierte Papier setzt man den konkav eingespannten Spiegelstreifen. Man beobachtet die Reflexion eines achsenparallelen Dreifachbündels. Der Strahlenverlauf kann auf dem Papier nachgezeichnet und die Brennweite gemessen werden.

Hält man den Spiegelstreifen mit der Hand, so kann der Zusammenhang von Spiegelkrümmung und Brennweite sehr gut beobachtet werden.

Mit nur einem schmalen Lichtbündel ist die Reflexion eines Parallel-, eines Brennpunkts-, eines Mittelpunkt- und eines Scheitelstrahles zu verfolgen.

5.2.5.

#### **Reflexion am Wölbspiegel (Bild 36)**

1, 2, 3,

Papier.

Der Versuch verläuft analog zu 5.2.4. An Stelle des Hohlspiegels verwendet man den konvex eingespannten Spiegelstreifen.

### **5.3. Versuche zur Brechung und Totalreflexion des Lichtes**

5.3.1.

#### **Scheinbare Hebung einer Münze (Bild 37)**

4,

Münze, Becherglas (G), Kartonestreifen.

Die Vorderseite der Küvette wird durch einen Kartonestreifen abgedeckt. Die Münze liegt auf dem Boden der Küvette und wird so anvisiert, daß sie hinter der Abdeckung verschwindet. Gießt man Wasser in die Küvette, so wird die Münze wieder sichtbar und erscheint gehoben.

5.3.2.

#### **Lichtbrechung an einem halbrunden Glaskörper – Brechungsgesetz (Bild 38)**

1, 2, 5, 7.

Der halbrunde Flachglaskörper wird mit der matten Seite auf die Markierung der Plastscheibe mit Winkelteilung gelegt. Unter verschiedenen Einfallswinkeln läßt man das mit der Einspaltblende erzeugte schmale Lichtbündel genau über den Mittelpunkt der Kreisteilung auf den Flachglaskörper fallen. Einfallswinkel und Brechungswinkel werden gemessen und tabellarisch zusammengefaßt (Tab. I).

Man findet das Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Übergang	Einfallsw.	Brechungsw.	Brechungszahl
	$\alpha$ 1°	$\beta$ 1°	$n$ 1
Luft ↓ Glas	20	13	1,52
	40	25	1,50
	60	35	1,50
	80	40	1,53
Glas ↓ Luft	20	31	0,66
	30	50	0,65
	40	80	0,65
	42	90	0,67

Tab. I Meßwerte zum Brechungsgesetz

5.3.3.

**Lichtbrechung in einer wassergefüllten Kuvette**  
(Bild 39, 40)

Bei schrägem Lichteinfall ist die Brechung an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser nachweisbar. Die Parallelverschiebung des zweimal gebrochenen Lichtbündels kann beobachtet werden.

Der Versuch ist auch zur Bestimmung der Brechungszahl auswertbar. Man verwendet dann als Unterlage am besten Millimeterpapier.

$$n = \frac{x}{x'} \sqrt{\frac{x'^2 + y^2}{x^2 + y^2}}$$

1, 2, 4,  
Papier.

5.3.4.

**Parallelverschiebung des Lichtes an einer planparallelen Platte** (Bild 41)

Der Versuch verläuft wie 5.3.3. und kann auch in gleicher Weise zur Ermittlung der Brechungszahl für Glas ausgewertet werden.

Zahlenbeispiel:

$x = 48$  mm,  $x' = 20$  mm,  $y = 30$  mm, dann folgt  $n = 1,53$ .

1, 2, 6,  
Papier, Lineal.

5.3.5.

**Lichtbrechung an einem Prisma** (Bild 42, 43)

Die zweimalige Brechung des Lichtes beim Durchgang durch ein Prisma (45° brechender

1, 2, 5, 10,

Papier, Lineal.

Winkel) kann auf der Papierunterlage nachgezeichnet und ausgemessen werden.

Ordnet man das Prisma so auf der Plastscheibe an, daß das schmale Lichtbündel an der brechenden Kante geteilt wird, sind Einfallswinkel  $\alpha$  und Ablenkungswinkel  $\varepsilon$  leicht zu messen. In einer Versuchsreihe kann die Abhängigkeit des Brechungswinkels vom Einfallswinkel untersucht werden (Diagramm).

### 5.3.6.

1, 2, 5, 7.

**Totalreflexion an einem Flachglaskörper** (Bild 44)  
Der Versuch wird wie 5.3.2. durchgeführt. Der Übergang des Lichtbündels erfolgt von Glas nach Luft. Erhöht man den Einfallswinkel stetig, so erreicht man schließlich den Grenzwinkel  $\alpha_g$  der totalen Reflexion.

Wegen  $\sin \alpha_g = \frac{1}{n}$ , eignet sich dieser Versuch zur Bestimmung der Brechungszahl.

Zahlenbeispiel:

Für  $\alpha_g = 42^\circ$ , folgt  $n = 1,50$  (Übergang Glas-Luft).

### 5.3.7.

**Totalreflexion an einer „Flüssigkeitsfläche“**

(Bild 45)

1, 2, 4, 5,

Wasser, Benzol,  
Alkohol.

Man läßt das Lichtbündel an der Schmalseite der Küvette eintreten unter einem solchen Winkel, daß an der Breitseite Totalreflexion erfolgt. Durch Verändern des Lichteinfalls kann der Grenzwinkel  $\alpha_g$  der totalen Reflexion erreicht werden.

Zahlenbeispiel:

Für  $\alpha_g = 49^\circ$ , folgt  $n = 1,33$  (Übergang Wasser-Luft).

### 5.3.8.

1, 2, 10,

eventuell farbige  
Zellglasfolie.

**Totalreflexion an einem Prisma** (Bild 46, 47, 48)

Durch verschiedene Anordnung von Heftleuchte und Prisma kann die einfache, zweifache und einfache Totalreflexion mit Brechung (Bauerfeindsches Prisma) beobachtet werden.

Verwendet man mehrere parallele Lichtbündel (Dreispaltblende), ist es vorteilhaft, einzelne Bündel durch Vorsetzen farbiger Zellglasfolie zu färben.

## 5.4. Versuche zum Strahlenverlauf durch Linsen und zur Abbildung mittels Linsen

### 5.4.1.

#### **Strahlenverlauf durch eine Sammellinse** (Bild 49)

1, 2, 9,

Papier.

Anordnung und Durchführung des Versuches analog wie 5.2.4. Statt des Hohlspiegels verwendet man den bikonvexen Flachglaskörper.

Man kann mit parallelem oder konvergentem Licht arbeiten.

Als Modell einer Plankonvexlinse kann der halbrunde Flachglaskörper verwendet werden. Im vollen Lichtbündel der Heftleuchte ist die Diakaustik gut zu beobachten.

### 5.4.2.

#### **Strahlenverlauf durch eine Zerstreuungslinse**

(Bild 50, 51)

1, 2, 8,

Papier.

Die Brechung achsenparalleler oder konvergenter Strahlenbündel an einer Zerstreuungslinse kann beobachtet und zeichnerisch festgehalten werden.

### 5.4.3.

#### **Strahlenverlauf durch eine „Luftlinse“** (Bild 52)

1, 2, 6, 8,

Papier.

Aus dem planparallelen und dem plankonkaven Flachglaskörpern wird eine plankonvexe Luftlinse zusammengesetzt, die zerstreuende Wirkung hat.

### 5.4.4.

#### **Wärmewirkung im Brennpunkt einer Sammellinse** (Bild 53)

11, 14 (3), 15,  
17,

St (M),  
Thermometer (K),  
Paketgummi.

Das parallelgerichtete Licht der Experimentierleuchte durchsetzt die Sammellinse ( $f = + 50$  mm). In die Brennebene wird die Flüssigkeitskugel des Thermometers, das mit einem Paketgummi am Blendrahmen befestigt ist, gebracht. Nach kurzer Zeit kann ein leichter Temperaturanstieg festgestellt werden.

### 5.4.5.

#### **Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse** (Bild 54)

11, 14 (3), 17,  
18, 19, 20,

St (M),  
Mst (M).

In das parallele Lichtbündel der Experimentierleuchte wird die Linse, deren Brennweite ermittelt werden soll, gebracht. Hinter der Linse verschiebt man den Schirm längs der optischen Achse, bis ein scharfes Bild der Lichtquelle zu beobachten ist. Die Entfernung Linse-Schirm ist dann die gesuchte Brennweite.

5.4.6.

**Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse (Bild 55)**

11, 14 (3), 16,  
20,

St (M), Mst (M).

Die Experimentierleuchte sendet paralleles Licht aus. In den Strahlengang bringt man die Zerstreuungslinse. Auf dem Schirm markiert man den doppelten Durchmesser der Linsenöffnung und verschiebt den Schirm solange längs der optischen Achse, bis der Lichtkreis den aufgezzeichneten Durchmesser hat. Die Entfernung Linse-Schirm ist die gesuchte Brennweite.

5.4.7.

**Erzeugung reeller Bilder mit Hilfe einer Sammellinse (Bild 56)**

11, 14 (4), 15,  
18, 20, 23,

St (2, M),  
Mst (M).

Die Linse steht etwa in der Mitte der 1 m langen optischen Bank. Man ändert den Ort des gut beleuchteten Gegenstandes. (Transparent-„L“), sucht jeweils den Ort des reellen Bildes mit dem Schirm und bestimmt Lage und Größe des Bildes. Die Ergebnisse kann man tabellarisch zusammenfassen.

5.4.8.

**Bestätigung der Abbildungsgleichung**

11, 14 (4), 15,  
18, 20, 23,

St (2, M),  
Mst (M).

Der Versuch erfolgt ähnlich wie 5.4.7. Gegenstandsweite  $s$  und Bildweite  $s'$  werden gemessen. Aus mehreren Wertepaaren kann die Brennweite errechnet und die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

bestätigt werden. (Tab. II)

Gegenstandsweite $\frac{s}{1 \text{ cm}}$	Bildweite $\frac{s'}{1 \text{ cm}}$	Brennweite $\frac{f}{1 \text{ cm}}$
30	14	9,6
20	20	10,0
12	54	9,8

Tab. II Tabellarische Zusammenfassung von Meßwerten zur Bestätigung der Abbildungsgleichung

#### 5.4.9.

##### **Ermittlung des Abbildungsmaßstabes**

Der Versuch erfolgt ähnlich wie 5.4.8. Gegenstandsweite  $s$ , Bildweite  $s'$ , Gegenstandsgröße  $y$  und Bildgröße  $y'$  werden gemessen. Aus der numerischen Rechnung folgt:

$$\frac{y}{y'} = \frac{s}{s'}$$

11, 14 (4), 15,  
16, 20, 23,

St (2, M),  
Mst (M).

#### 5.4.10.

##### **Erzeugung virtueller Bilder mit einer Sammellinse**

Eine Textstelle im Lehrbuch wird mit der Sammellinse ( $f = +50$  mm) als Lupe betrachtet. Der Vergleich der Größe der Druckbuchstaben und ihrer virtuellen Bilder macht die Vergrößerung einer Lupe augenscheinlich.

18, 17,

#### 5.4.11.

##### **Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse über die Abbildungsgleichung**

Der Versuch erfolgt ähnlich wie 5.4.8. Aus der gemessenen Gegenstands- und Bildweite wird über die Abbildungsgleichung die Brennweite berechnet. Mit dieser Anordnung kann auch die Brennweite einer Linsenkombination gemessen werden, dazu müssen die beiden Linsen auf einem T-Fuß eng zusammen untergebracht werden.

11, 14 (4), 15,  
17, 18, 19, 20,  
23,

St (2, M),  
Mst (M).

#### 5.4.12.

##### **Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse gemeinsam mit einer Sammellinse bekannter Brennweite**

Die Zerstreuungslinse unbekannter Brennweite  $f_x$  wird mit einer Sammellinse bekannter Brennweite  $f$  zu einem Linsensystem vereinigt. (Das System muß dabei noch sammelnde Eigenschaften ausweisen.) Dann bestimmt man die Gesamtbrennweite  $f_g$  des Systems nach 5.4.11. Unter Vernachlässigung des Abstandes der beiden Linsen erhält man die ungefähre Brennweite der Zerstreuungslinse

11, 14 (4), 15,  
17, 18, 20, 23,

St (2, M),  
Mst (M).

$$f_x \approx \frac{f_g \cdot f}{f_g + f}$$

## 5.5. Optische Geräte

### 5.5.1.

#### **Lupe (Bild 57)**

17, 18, 19,  
Linienblatt.

Der Versuch erfolgt analog zu 5.4.10. Die Vergrößerung  $V$  ermittelt man durch Auszählen der Anzahl  $n$  der Striche des virtuellen Bildes, die mit  $n$  Strichen des Linienblattes zusammenfallen.

$$V = \frac{n}{n'}$$

### 5.5.2.

#### **Modell eines Fotoapparates (Bild 58)**

13, 14 (3), 15,  
18, 20, 21,  
St (2, M),  
Obj.

An das eine Ende der 1 m langen optischen Bank stellt man ein gut beleuchtetes Objekt auf das Tischchen, an das andere Ende das Modell des Fotoapparates.

Die Scharfeinstellung des verkleinerten reellen Bildes erfolgt durch Verschieben der Linse. Eine Erhöhung der Schärfentiefe ist durch Verkleinern der Blendenöffnung zu erreichen.

### 5.5.3.

#### **Modell eines Diaskopes (Bild 59)**

11, 14 (4), 15,  
18, 20, 21,  
St (2, M),  
Diapositiv

Das Diapositiv im Blendrahmen wird vom Licht der Experimentierleuchte ohne Kondensor durchstrahlt. Mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) erzeugt man auf dem Schirm ein vergrößertes Bild des Gegenstandes. Bei dieser Anordnung wird nur ein Teil des Diapositives abgebildet. Fügt man den Kondensor in die Experimentierleuchte ein und verschiebt die Glühlampe im Lampenhaus, kann man wegen der Kleinheit der Kondensoröffnung allerdings nur ein Diapositiv von 24 mm x 24 mm vollständig abbilden.

### 5.5.4.

#### **Modell eines Episkopes (Bild 60)**

11, 14 (4), 15,  
18, 20,  
St (M),  
Papierbild  
(50 mm · 50 mm).

Das Papierbild im Schacht des Blendrahmens wird seitlich von der Lichtquelle beleuchtet. Mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) entwirft man ein leicht vergrößertes, reelles Bild vom Gegenstand auf dem Bildschirm.

### 5.5.5.

#### **Modell eines Keplerschen Fernrohres**

(Bild 61, 62, 63)

17, 19, 14 (2) oder

Die beiden Sammellinsen (Okular  $f = + 50$  mm; Objektiv  $f = + 250$  mm) werden in einer Ent-

KM (2, M), St (M),  
Papprohr (300 mm  
lang, Innendurch-  
messer 42 mm).

fernung von 300 mm auf die optische Bank gesetzt. Man visiert einen entfernten Gegenstand an und stellt durch leichtes Nachrücken der Okularlinse scharf ein. Man beobachtet ein vergrößertes, umgekehrtes Bild.

Zur Abblendung des Nebenlichtes kann eine Papphülse verwendet werden. (Bild 62)

Mit Stativmaterial kann man ein festmontiertes Fernrohr zusammensetzen. (Bild 63)

Bringt man zwischen die beiden Linsen den Bildschirm in die Brennebene des Objektivs, so kann man das reelle Zwischenbild auffangen.

#### 5.5.6.

##### **Modell eines terrestrischen Fernrohres (Bild 64)**

17, 18, 19,

St (2, M),  
KM (3, M).

Das Fernrohrmodell wird am besten fest mit Stativmaterial montiert. Folgende Linsen werden verwendet: Als Objektiv ( $f = + 250$  mm), als Umkehrlinse ( $f = + 100$  mm) und als Okularlinse ( $f = + 50$  mm). Der Abstand Objektiv-Umkehrlinse ist 450 mm, der Abstand Umkehrlinse-Okular ist 250 mm. Man beobachtet ein aufrechtes, vergrößertes Bild.

#### 5.5.7.

##### **Modell eines Galleischen Fernrohres (Bild 65)**

16, 19,

St (M),  
KM (2, M).

Als Objektiv dient die Sammellinse ( $f = + 250$  mm), als Okular die Zerstreuungslinse ( $f = - 100$  mm). Die Linsen werden mit Kreuzmuffen 150 mm voneinander entfernt am Stativstab festgeklemmt. Man visiert einen entfernten Gegenstand an und beobachtet ein vergrößertes, aufrechtes Bild.

#### 5.5.8.

##### **Modell eines Mikroskopes (Bild 66, 67)**

11, 14 (4), 15,  
17, 18,

St (2, M), mikro-  
skopisches Präparat  
oder 11, 15,  
17, 18,

Das mikroskopische Präparat im Blendrahmen wird vom konvergenten Licht der Experimentierleuchte durchstrahlt. Mit der Objektivlinse ( $f = + 50$  mm) erzeugt man auf dem Schirm ein reelles vergrößertes Bild, das man mit der Okularlinse ( $f = + 100$  mm) als Lupe betrachtet. Danach kann man den transparenten Schirm entfernen.

St (2, M), 1 V-Fuß (M)  
KM (4, M),  
mikroskopisches  
Präparat.

Das Modell kann unter Verwendung von Stativmaterial auch vertikal aufgebaut werden.

#### 5.5.9.

##### **Korrektur von Augenfehlern durch Brillen**

(Bild 68, 69)

11, 14 (4), 15,  
16, 17, 18, 19,

Als Gegenstand steht das leuchtende „L“ an dem einen Ende der optischen Bank, am an-

20, 23,  
St (2, M).

deren Ende wird das Augenmodell (Linse  $f = + 50$  mm, Schirm) aufgebaut. Der Gegenstand wird scharf auf dem Schirm abgebildet. Nunmehr rückt man den Schirm einige Zentimeter von der Linse ab (kurzsichtiges Auge). Nach Einsetzen der Zerstreungslinse vor die Augenlinse wird die Abbildung wieder scharf. Zur Vorführung der Korrektur der Weitsichtigkeit, verwendet man als Augenlinse ( $f = + 100$  mm). Man verfährt wie oben, nähert nach der Scharfeinstellung den Schirm wenige Zentimeter der Augenlinse. Durch Vorsetzen der Linse ( $f = + 250$  mm) als „Brille“ erhält man wieder eine scharfe Abbildung.

5.5.10.

#### **Korrektur von Augenfehlern durch Brillen**

(Bild 70, 71, 72, 73)

1, 2, 5, 7, 8, 9.

Der Versuch erfolgt mit den Mitteln der Heftoptik analog zum Versuch 5.5.9. Als Netzhautgrube wird ein Punkt hinter der Plastscheibe markiert.

### **5.6. Abbildungsfehler durch Linsen**

5.6.1.

#### **Chromatische Aberration (Bild 74)**

5, 11, 12,  
14 (3), 15, 18,  
38, 40,

St (M).

Das die Dreispaltblende durchsetzende Licht wird mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) konvergent gemacht. Die Spuren des konvergenten Lichtes werden auf der Plastscheibe, die auf dem Tischchen liegt, sichtbar gemacht. Nach Einschalten eines Rotfilters markiert man den Konvergenzpunkt. Auswechseln des Rotfilters gegen ein Blaufilter führt zu einer Veränderung der Gestalt des Lichtkegels; der Konvergenzpunkt rückt näher zur Linse.

5.6.2.

#### **Chromatische Aberration**

11, 14 (4), 15,  
18, 20, 23,  
38, 40,

St (2, M)  
Mst (M).

Aufbau des Versuches erfolgt wie bei 5.4.7. In den Blendrahmen, hinter dem Transparent-„L“, wird das Rotfilter geschoben. Auf dem Schirm fängt man das vergrößerte reelle Bild auf. Nach Auswechseln des Rotfilters gegen das Blaufilter ist das Bild unscharf. Um wiederum eine scharfe Abbildung zu erhalten, muß der Schirm näher an die Linse gerückt werden.

5.6.3.

#### **Sphärische Aberration (Bild 75)**

11, 13, 14 (3),

Die Lampenwendel der Glühlampe in der Ex-

15, 18, 20,

St (2, M).

perimentierleuchte ohne Kondensor wird mit der stark abgeblendeten Linse ( $f = + 100$  mm) vergrößert auf dem Schirm abgebildet. Nach Entfernen der Lochblende wird das Bild durch die Randstrahlen unscharf.

5.6.4.

#### **Sphärische Aberration – Koma (Bild 76)**

1, 2, 9,

Papier.

Läßt man drei parallele schmale Lichtbündel schräg auf die Fläche des bikonvexen Flachglaskörpers auftreffen, so erhält man eine unsymmetrische kaustische Kurve, die Koma.

5.6.5.

#### **Astigmatische Abbildung eines Kreuzgitters**

(Bild 77)

11, 14 (3),

17, 20,

St (M),  
transparentes  
mm-Papier.

Ein passendes Stück transparentes mm-Papier schiebt man in den Schacht der Experimentierleuchte. Mit der Linse ( $f = + 50$  mm) wird das mm-Papier vergrößert auf dem Schirm abgebildet. Danach dreht man die Linse um etwa  $20^\circ$  gegen die optische Achse. Durch Verschieben der Linse werden bei verschiedenen Stellungen einmal nur die senkrechten, das andere Mal nur die waagerechten Striche des mm-Papiers abgebildet.

5.6.6.

#### **Bildfeldwölbung (Bild 78)**

11, 13, 14 (4), 18,  
15, 20,

St (2, M),  
transparentes  
mm-Papier.

Ein passendes Stück transparentes mm-Papier wird in den Schacht der Experimentierleuchte geschoben und mit der Linse ( $f = + 100$  mm) etwa gleichgroß auf dem Schirm abgebildet. Setzt man zwischen Gegenstand und Linse die Lochblende, erscheint das Bild tonnenförmig verzerrt. Steht die Lochblende zwischen Linse und Bildschirm, ist eine kissenförmige Verzerrung des Bildes zu beobachten.

### **5.7. Spektrale Zerlegung des Lichtes – Farbenlehre**

5.7.1.

#### **Erzeugung eines Dispersionsspektrums – Fraunhofersche Anordnung (Bild 79)**

11, 12, 14 (4),  
18, 19, 20, 21,  
22,

St (2, M).

Der konvergent durchleuchtete Spalt im Schacht der Experimentierleuchte befindet sich in der Brennebene der Kollimatorlinse ( $f = + 100$  mm). Ein scharfes Spektrum entsteht dann in der Brennebene der Objektivlinse ( $f = + 250$  mm). Durch Drehen des Prismas stellt man auf das Minimum der Ablenkung ein.

### 5.7.2.

#### **Erzeugung eines Dispersionsspektrums – Quasi-Fraunhofersche Abbildung (Bild 80)**

11, 12, 14 (4),  
17, 18, 20, 21,  
22,

St (2, M).

Mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) wird vorerst auf gerader Bank der konvergent durchleuchtete Spalt scharf abgebildet. Nach Aufsetzen des Prismas und Abwinkeln des Stativstabes, erhält man ein scharfes Spektrum auf dem Schirm. Mit der Sammellinse ( $f = + 50$  mm) als Lupe kann das Spektrum subjektiv beobachtet werden; der Schirm kann dann entfallen.

### 5.7.3.

#### **Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß mit Hilfe einer Sammellinse (Bild 81)**

11, 12, 14 (4),  
17, 18, 20, 21,  
22,

St (2, M).

Wie im Versuch 5.7.2. wird ein Spektrum auf dem Bildschirm erzeugt. An die Stelle des Bildschirms setzt man dann die Linse ( $f = + 50$  mm). Etwa in der Brennebene der Linse kann man auf dem Bildschirm die Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß betrachten.

### 5.7.4.

#### **Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß mit Hilfe einer behelfsmäßigen Zylinderlinse (Bild 82)**

11, 12, 14 (4),  
18, 20, 21, 22,

St (2, M),  
Becherglas 100 ml (G).

Nach 5.7.2. erzeugt man ein Dispersionsspektrum. An die Stelle des Bildschirms setzt man das Becherglas, das man langsam mit Wasser füllt, bis man auf dem Schirm in der Brennebene der Zylinderlinse nur noch die obere Hälfte des Spektrums sieht. Darunter kann man die Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß erkennen.

### 5.7.5.

#### **Komplementärfarben (Bild 83)**

11, 12, 14 (4), 15,  
18, 20, 21, 22,

St (2, M),  
Becherglas 100 ml (G).  
Hindernis  
(1 mm breit).

Man verfährt genau wie beim Versuch 5.7.4. Vor das Becherglas setzt man den Blendrahmen mit Schiebeschacht, in den man ein etwa 1 mm dickes undurchsichtiges Hindernis schiebt. Mit dem Hindernis kann man einen beliebigen schmalen Spektralbereich ausblenden. Auf dem Schirm ist das Spektrum mit dem ausgeblendeten Bereich zu sehen, darunter erscheint im Vereinigungsbereich die Komplementärfarbe.

### 5.7.6.

#### **Subtraktive Farbmischung (Bild 84)**

14,  
24, 38, 39, 40.

In den Handapparat werden jeweils zwei Farbfilter so eingeschoben, daß nur eine teilweise Überdeckung erfolgt. Bei Betrachtung gegen das Tageslicht kann man dann die zwei Farbkomponenten und deren subtraktive Mischfarbe sehen.

### 5.7.7.

#### **Additive Farbmischung (Bild 85)**

11 (2), 14 (7),  
15 (2), 18 (2),  
20, 38, 39, 40,

St (2, M).

Zur Durchführung des Versuches werden zwei SEG benötigt. Mit den Linsen ( $f = +100$  mm) wird jeweils die Fassung der Kondensorlinse der Experimentierleuchte scharf auf dem Bildschirm abgebildet. Die beiden Bilder sollen einander nur teilweise überdecken. In die Blendrahmen wird ein Gelb- und ein Blaufilter eingeschoben. Im Überdeckungsbereich auf dem Bildschirm ergibt sich als additive Farbe Weiß. Es können weitere Filterkombinationen untersucht werden.

### 5.8. Versuche zur Fotometrie

#### 5.8.1.

#### **Abhängigkeit des Querschnittes eines Lichtbündels von der Entfernung zur Lichtquelle – Lambert'sches Entfernungsgesetz (Bild 86)**

11, 14 (3), 15,  
20,

St (M),  
Mst (M).

Die Experimentierleuchte wird ohne Kondensor verwendet, die Glühlampe wird möglichst weit vorgeschoben. Etwa 100 mm von der Glühwendel entfernt steht der Blendrahmen. Durch seine quadratische Öffnung wird ein Lichtbündel ausgeblendet. Der Querschnitt A des Lichtbündels in verschiedenen Entfernungen e von der Lichtquelle kann auf dem Schirm ausgemessen werden. Man findet:

$$A \sim e^2$$

#### 5.8.2.

#### **Vergleich der Lichtstärken zweier Lichtquellen mit dem Schattenfotometer (Bild 87)**

11 (2) oder 11 und  
1 Kerze, 14 (4),  
20, 21,

St (M),  
Mst (M).

Der Aufbau erfolgt nach Abbildung. An Stelle der zweiten Experimentierleuchte ohne Kondensor kann eine Kerze verwendet werden. Eine der Glühlampen ist mit Unterspannung (4 V) zu betreiben.

Man verschiebt eine der Lichtquellen solange, bis beide Schatten etwa gleichdunkel erscheinen. Die Lichtstärken verhalten sich dann wie die Quadrate der Entfernungen.

#### 5.8.3.

#### **Vergleich der Lichtstärke zweier Lichtquellen mit einem Papierfotometer (Bild 88)**

11, 14 (2), 21,

Als Fotometer verwendet man ein Stück weißen geknickten und gekerbten Zeichenkarton. Zu

St (2, M), Mst (M),  
Kerze,  
Zeichenkarton (weiß).

beiden Seiten des Fotometers sind die Experimentierleuchte ohne Kondensator (Unterspannung 4 V) und die Kerze verschiebbar angeordnet. Zum Vergleich der Lichtstärken müssen beide Fotometerflächen gleichhell erscheinen.

### 5.9. Versuche zur Interferenz von Lichtwellen durch Reflexion und Brechung

#### 5.9.1.

#### **Interferenzversuch nach Lloyd** Fresnelsche Interferenz (Bild 89)

11, 14 (4), 15,  
17, 21, 25 oder  
6, 30, 38, 40,

St (2, M).

Vor der Experimentierleuchte ohne Kondensator wird waagrecht liegend der Spalt 0,2 mm am Blendrahmen befestigt (Glühwendel der Lampe ebenfalls waagrecht). Auf dem Tischchen liegt die Planglasplatte oder ein Polarisationsfilter. Zur besseren Beobachtung unterstützt man das Auge durch eine Lupe ( $f = + 50$  mm). Durch vorsichtiges Heben oder Senken des Tischchens kann man erreichen, daß das direkte Licht vom Spalt und das an der Spiegelfläche reflektierte Licht interferieren. Die Einstellung geschieht am besten unter ständiger Beobachtung durch die Lupe. Die Einstellung ist beendet, wenn man scharfe Interferenzstreifen sieht. Durch Einbringen eines Farbfilters in den Strahlengang wird die Interferenzfigur einfarbig.

#### 5.9.2.

#### **Interferenz in einer dünnen keilförmigen Schicht** — Fresnelsche Interferenz (Bild 90, 91, 92)

6, 11, 14 (4), 15,  
20, 21, 22,  
38, 40,

St (2, M),  
Stanniolfolie,  
Pappspalt  
(5...8 mm breit),  
2 Paketgummis.

Vor die Experimentierleuchte ohne Kondensator wird der Blendrahmen mit dem 5...8 mm breiten Pappspalt gestellt. Dicht dahinter auf dem Tischchen legt man die aus dem Prisma, dem schmalen Stanniolstreifen und der Planglasplatte mit Paketgummis zusammengehaltene dünne keilförmige Schicht (Bild 90). Durch Drehen und Verschieben der keilförmigen Schicht (Lichteinfall in der Nähe der Keilkante) kann man das reflektierte Licht auf den seitlich angeordneten Schirm lenken (Strahlengang Bild 91) und eine lichtstarke Interferenzfigur beobachten. In den Strahlengang kann man noch ein Farbfilter einbringen.

#### 5.9.3.

#### **Newtonsche Ringe** (Bild 93, 94)

11, 14 (5), 15,  
17, 19, 20, 38,  
40,

Die Newtonschen Ringe erzeugt man zwischen der Linse ( $f = + 250$  mm) und einer Planglasplatte (Stück eines Objektträgers mit Paket-

St (2, M),  
Stück eines Objekt-  
trägers, 2 Paket-  
gummis.

11, 14 (3), 20,  
21,

Kork, Draht-  
schlinge, Seifen-  
lösung, Glycerin.

11, 14 (4), 15,  
17, 20, 21, 30,  
38, 40,

St (2, M),  
Kork, Stecknadel.

11, 14 (3), 15,  
17, 20, 30,  
32, 38, 40,

St (2, M).

11, 14 (3), 15,  
18, 20, 30, 32,

gummis auf der Linse gehalten). (Bild 93) Wegen der Kleinheit der Interferenzfigur erfolgt eine stark vergrößerte Abbildung mit der Linse ( $f = + 50$  mm) auf dem Bildschirm im reflektierten Licht. (Bild 94) In den Strahlengang kann ein Farbfilter eingebracht werden.

#### 5.9.4.

#### **Farben dünner Blättchen (Bild 95)**

Der Bildschirm wird von der Experimentierleuchte ohne Kondensator gut ausgeleuchtet und dient als flächenhafte Lichtquelle. Vor dem Schirm bringt man auf das Tischchen die mit einer Seifenlamelle überzogene Drahtschlinge. Nach kurzer Zeit kann man im reflektierten Licht farbenprächtige Interferenzfiguren beobachten. Zur besseren Haltbarkeit der Seifenlamelle versetzt man die Seifenlösung mit etwas Glycerin.

### **5.10. Versuche zur Interferenz durch Beugung und Streuung**

#### 5.10.1.

#### **Beugung des Lichtes am schmalen Hindernis – Fresnelsche Interferenz (Bild 96)**

Die Experimentierleuchte ohne Kondensator wird mit der Spaltblende 0,2 mm versehen; der Glühfaden der Lampe steht parallel zum Spalt. Am anderen Ende der 1 m langen optischen Bank wird der Bildschirm aufgestellt. Etwa in die Mitte der Versuchsanordnung wird auf dem Tischchen mit Hilfe eines Korkens eine feine Nadel in den Strahlengang gebracht und parallel zum Spalt ausgerichtet. Auf dem Bildschirm beobachtet man die Interferenzfigur. In den Strahlengang kann ein Farbfilter eingebracht werden. Die Interferenzfigur kann vergrößert durch eine Lupe ( $f = + 50$  mm) betrachtet werden.

#### 5.10.2.

#### **Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt – Fresnelsche Interferenz (Bild 97)**

Der Versuchsaufbau erfolgt ähnlich wie in 5.10.1. An Stelle des Hindernisses bringt man den Blendrahmen mit dem Doppelspalt in den Strahlengang.

#### 5.10.3.

#### **Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt – Quasi-Fraunhofersche Interferenz (Bild 98)**

Der im Schacht der Experimentierleuchte befindliche Spalt (0,2 mm) wird konvergent durch-

38, 40,

St (2, M).

strahlt und mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) auf den etwa 600 mm entfernten Schirm scharf abgebildet. Danach bringt man den gut durchleuchteten Doppelspalt dicht hinter die Linse in den Strahlengang. Auf dem Bildschirm entsteht die Interferenzfigur.

#### 5.10.4.

##### **Beugung des Lichtes an einem Doppelspalt – Fraunhofersche Interferenz (Bild 99)**

11, 14 (3), 15,  
17, 18, 19, 30,  
32, 38, 40,

St (2, M),  
Papprohr (300 mm  
lang, Innendurch-  
messer 42 mm).

Sehr lichtstarke Interferenzfiguren, die im völlig unverdunkelten Raum zu beobachten sind, erhält man mit folgender Anordnung. Der von der Experimentierleuchte konvergent durchstrahlte Spalt (0,2 mm) steht in der Brennebene der Kollimatorlinse ( $f = + 100$  mm). Die Linsen ( $f = + 250$  mm und  $f = + 50$  mm) bilden zusammen ein Fernrohr, das man durch eine Papphülse gegen Fremdlicht abschirmt. Genaue Scharfeinstellung erfolgt am besten durch leichtes Verschieben der Experimentierleuchte. Zwischen Kollimatorlinse und Objektiv bringt man den Doppelspalt und das Farbfilter.

#### 5.10.5.

##### **Bestimmung der Größenordnung der Wellenlänge von „Filterlicht“ durch Beugung am Doppelspalt (Bild 100)**

11, 14 (3), 15,  
17, 18, 19, 30,  
32, 38, 40,

St (2, M),  
Papprohr,  
Lineal, Transparent.

Der Versuchsaufbau erfolgt genau nach 5.10.4. Zur Ausmessung der Interferenzfigur bringt man in der Papphülse 50 mm vom Okular entfernt einen Schlitz an, in den man das durchsichtige Lineal einschiebt. Man kann dann gleichzeitig die scharfe Interferenzfigur und den Maßstab durch die Lupe sehen. Zur Bestimmung der Wellenlänge ermittelt man den Abstand der Interferenzstreifen über mehrere Ordnungen.

Beispiel: Mit Farbfilter Rot

Spaltabstand:  $k = 0,2$  mm

Abstand: Doppelspalt – Interferenzfigur =  
Brennweite der Objektivlinse =  
 $l = 250$  mm,

Ordnungszahl:  $n = 8$ ,

Streifenabstand:  $d = 5$  mm (über 8 Ordnungen),

$$\text{Aus} \quad \lambda = \frac{k d}{n l}$$

$$\text{folgt} \quad \lambda = 500 \text{ nm.}$$

5.10.6.

**Beugung des Lichtes an einem optischen Strichgitter –**

Subjektive Kollektivbeobachtung (Bild 101)

24, 33, 34,

zusätzlich  
für die gesamte  
Klasse: 1 Spektralröhre (He, Ne).

Auf dem Lehrereperimentiertisch wird eine Spektralröhre senkrecht aufgestellt. Im verdunkelten Raum kann jeder Schüler durch das im Handapparat untergebrachte Gitter nach Anvisieren der linienförmigen Lichtquelle die Beugungsfigur beobachten.

Bemerkung: Diese Anordnung eignet sich auch zur Beobachtung der Interferenzfiguren bei Beugung des Lichtes am Doppelspalt und am Spalt.

5.10.7.

**Beugung des Lichtes an einem optischen Strichgitter (Bild 102)**

11, 14 (3), 15,  
18, 20, 30, 33,  
34, 38, 40,

St (2, M),  
Mst (M).

Der konvergent durchstrahlte Spalt (0,2 mm) wird mit der Linse ( $f = + 100$  mm) vergrößert auf dem Schirm abgebildet. Dicht hinter die Linse bringt man das Beugungsgitter und ein Farbfilter in den Strahlengang. Auf dem Bildschirm ist die Interferenzfigur zu beobachten.

In einer Versuchsreihe kann die Abhängigkeit des Streifenabstandes  $d$  von der Entfernung  $l$  zwischen Gitter und Bildschirm untersucht werden.

Zahlenbeispiel: Mit Farbfilter Rot

Gitterkonstante  $k = 0,1$  mm

d/mm	1,5	3	4,5
l/mm	250	500	750

folgt  $d \sim l$ .

In einer weiteren Versuchsreihe kann die Abhängigkeit des Streifenabstandes  $d$  von der Gitterkonstanten gezeigt werden.

Zahlenbeispiel: Mit Farbfilter Rot

Abstand Gitter-Interferenzfigur  $l = 750$  mm

d/mm	4,5	9
k/mm	0,1	0,05

folgt  $d \sim \frac{1}{k}$ .

Die Abhängigkeit des Streifenabstandes von der Lichtwellenlänge zeigt man durch Einschalten verschiedener Farbfilter.

Schließlich kann die Abhängigkeit des Streifenabstandes vom Einfallswinkel der Lichtwellen durch Drehen des Gitters um die senkrechte Achse vorgeführt werden.

### 5.10.8.

#### **Bestimmung der Wellenlänge von „Filterlicht“ durch Beugung am optischen Strichgitter**

11, 14 (3), 15,  
18, 20, 30, 33,  
34, 38, 40,

St (2, M),  
Mst (M).

Der Versuchsaufbau erfolgt nach 5.10.7.

Als Entfernung l Gitter-Bildschirm wählt man etwa 750 mm. Zur genauen Ermittlung der Wellenlänge mißt man den Streifenabstand d zwischen 3 Maxima, dann ist die Ordnungszahl  $n = 2$ . Zahlenbeispiel:

Mit Farbfilter Rot,  $k = 0,1$  mm,  $d = 8,5$  mm,  $n = 2$ , folgt  $\lambda = 560$  nm.

Mit Farbfilter Blau,  $k = 0,1$  mm,  $d = 6,5$  mm,  $n = 2$ , folgt  $\lambda = 430$  nm.

Bemerkung: Die Bestimmung der Lichtwellenlänge kann auch mit einer Versuchsanordnung nach 5.10.5. erfolgen. An Stelle des Doppelspaltes wird das Gitter gesetzt.

### 5.10.9.

#### **Bestimmung der Lichtwellenlänge durch Beugung am Gitter – subjektive Methode (Bild 103, 104)**

11, 14 (3), 15,  
24, 33, 34, 35,  
38, 40,

St (2, M),  
Mst (M).

Der im Handapparat untergebrachte Doppelkeilspalt wird gut beleuchtet. Im Blendrahmen mit Schiebeschacht sind Gitter und Farbfilter untergebracht. Blickt man durch das Gitter gegen den Doppelkeilspalt, so sieht man ein Bild wie im Bild 104 dargestellt. Durch Verschieben des Gitters längs der optischen Achse kann man erreichen, daß die Maxima 1. Ordnung der beiden Keilspalte genau übereinander stehen (Bild 104). Dann beträgt der Streifenabstand genau die Hälfte des Keilabstandes, nämlich 5,5 mm. Mißt man noch die Entfernung Doppelkeilspalt-Gitter, so kann bei bekannter Gitterkonstanten die Lichtwellenlänge, oder bei, bekannt vorausgesetzter Lichtwellenlänge die Gitterkonstante berechnet werden.

### 5.10.10.

#### **Erzeugung eines Beugungsspektrums (Bild 105)**

11, 14 (3), 15,  
18, 20, 30, 33,  
34,

St (2, M).

Der Versuchsaufbau erfolgt wie in 5.10.7. Als Schirm Entfernung wählt man etwa 750 mm. Zur Erzeugung eines hinreichend breiten Beugungsspektrums dreht man den Blendrahmen mit dem Gitter stark gegen die optische Achse. Das kommt einer Verkleinerung der Gitterkonstanten gleich. Für  $60^\circ$ ,  $70,5^\circ$ ,  $75,5^\circ$  verdoppelt, verdreifacht, vervierfacht sich der Streifenabstand und die Spektren verbreitern sich.

#### 5.10.11.

##### **Beugung des Lichtes an einem behelfsmäßigen Reflexionsgitter (Bild 106)**

11, 14 (3), 15,  
19, 20, 30,

St (2, M),  
Stück Spiegelglas  
(50 x 50 mm),  
Randstück einer  
Langspielplatte  
(50 x 50 mm).

Etwa 250 mm vor die Experimentierleuchte mit Spalt (0,2 mm) setzt man die Linse ( $f = + 250$  mm) leicht gegen die optische Achse verdreht. Dicht dahinter steht der Blendrahmen mit dem Spiegelstück. Den Bildschirm setzt man neben den Leuchtpalt. Durch Verschieben der Linse wird ein scharfes Bild des Spaltes auf dem Bildschirm erzeugt. Ersetzt man dann den Spiegel durch das Randstück der Langspielplatten (Rillen senkrecht), so kann man auf dem Schirm die Beugungsfigur beobachten.

#### 5.10.12.

##### **Beugung des Lichtes an einem Kreuzgitter (Bild 107)**

11, 13, 14 (3), 15,  
18, 20, 33,  
34,

St (2, M).

Der Aufbau erfolgt wie beim Versuch 5.10.7. An Stelle der Spaltblende schiebt man die Lochblende in den Schacht der Experimentierleuchte. Als Kreuzgitter verwendet man die beiden Gitterkopien, die man mit der Strichrichtung senkrecht zueinander in den Blendrahmen bringt. Bemerkung: Als Beugungsgitter eignet sich auch Müllergaze, ein feines Sieb oder dünnes Gewebe in Leinenbindung.

11, 14 (3), 15,  
17, 18, 19, 30,  
31, 38, 40,

St (2, M),  
Papprohr.

#### 5.10.13.

##### **Beugung des Lichtes am Spalt (Bild 108)**

Aufbau und Durchführung des Versuches entspricht 5.10.4. Jedoch verwendet man an Stelle des Doppelspaltes den einfachen Spalt.

#### 5.10.14.

##### **Beugung des Lichtes an einer Halbebene (Bild 109)**

11, 14 (3), 15,  
17, 30, 38,  
40, St (2, M),  
Blendrahmen als  
Halbebene.

Aufbau und Durchführung des Versuches erfolgen analog zum Versuch 5.10.1. An Stelle des Hindernisses schiebt man von der Seite einen Blendrahmen in den Strahlengang und beobachtet die Beugung an einer Kante.

#### 5.10.15.

##### **Interferenz durch Beugung und Streuung Queteletsche Ringe (Bild 110)**

11, 14 (2), 15,  
38, 40,

St (2, M),  
Dia-Glas

Die Lichtquelle ohne Kondensator und den Blendrahmen mit Schiebeschacht ordnet man an den beiden Enden der 1 m langen optischen Bank an. Bringt man in den Schiebeschacht ein gut mit Lycopodium eingestäubtes Diaglas und blickt

(50 mm · 50 mm),  
Lykopoodium.

durch dieses gegen die Lichtquelle, so beobachtet man ein farbenprächtiges Ringsystem. In den Strahlengang kann noch ein Farbfilter gebracht werden.

### **5.11. Versuche zur Polarisation des Lichtes**

#### 5.11.1.

#### **Nachweis der Polarisierbarkeit des Lichtes**

(Bild 111)

11, 14 (3), 18,  
20, 24, 25 (2), 38,  
40,

St (M).

Mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) wird die Kondensoröffnung scharf auf dem Schirm abgebildet. Zwischen Kondensator und Linse steht der Handapparat mit den beiden Polarisationsfiltern. Bei gekreuzter Stellung der Polarisationsfilter verschwindet das Bild auf dem Schirm fast vollständig. Ein Farbfilter ändert nichts am Polarisationszustand.

#### 5.11.2.

#### **Nachweis der Polarisierbarkeit des Lichtes - Handapparat (Bild 112)**

14,  
24, 25 (2),  
38, 40.

Blickt man durch die im Handapparat untergebrachten Polarisationsfilter gegen eine diffus leuchtende Lichtquelle oder gegen das Tageslicht, so kann man durch Drehen der Polarisationsfilter auf Dunkelheit des Gesichtsfeldes einstellen. An den Markierungen der Polarisationsfilter kann der Winkel zwischen Polarisator und Analysator geschätzt werden. Ein Farbfilter ändert nichts am Polarisationszustand.

#### 5.11.3.

#### **Polarisation des Lichtes durch Reflexion (Bild 113)**

3,  
11, 14 (3), 18,  
20, 21, 24, 25,

St (2, M).

Auf das Tischchen legt man die Spiegelkombination (ebener Spiegel), so daß der Einfallswinkel etwa  $60^\circ$  beträgt. Die Fassung des Kondensators wird mit der Linse ( $f = + 100$  mm) scharf auf dem Schirm abgebildet. Das reflektierte Licht passiert ein Polarisationsfilter. Durch Drehen des Filters wird nachgewiesen, daß das reflektierte Licht teilweise polarisiert ist.

#### 5.11.4.

#### **Polarisation des Lichtes durch Brechung (Bild 114)**

11, 14 (3),  
18, 20, 21, 24, 25,  
St (M),

10 Objektträger,  
2 Paketgummis.

Mit der Sammellinse ( $f = + 100$  mm) wird die Kondensatorfassung scharf auf dem Bildschirm etwa in gleicher Größe abgebildet. Dicht hinter die Linse legt man auf das Tischchen den Glasplattensatz (10 Objektträger mit Paketgummis

zusammengehalten). Nachdem das Licht den Glasplättensatz durchsetzt hat passiert es noch ein Polarisationsfilter, dessen Polarisationsrichtung senkrecht zur Einfallsebene des Lichtes steht. Dreht man das Tischchen mit dem Glasplättensatz, so nimmt mit zunehmenden Einfallswinkel die Helligkeit des Lichtfleckes auf dem Schirm ab, um bei Erreichen des Polarisationswinkels fast völlig zu verschwinden.

5.11.5.

#### **Untersuchen des Polarisationszustandes von Streulicht (Bild 115)**

11, 14 (3), 17,  
21, 24, 25, 4,

St (2, M),  
Mastixlösung.

Auf dem Tischchen steht die wassergefüllte Küvette; dem Wasser sind wenige Tropfen Mastixlösung zugesetzt. Mit Hilfe der Sammellinse ( $f = + 50$  mm) wird ein stark konvergentes Lichtbündel durch die getrübe Flüssigkeit geschickt. Das senkrecht zur optischen Achse gestreute Licht wird durch ein Polarisationsfilter betrachtet und zeigt einen deutlichen Polarisationszustand.

5.11.6.

#### **Polarisationszustand des Himmelslichtes**

24, 25.

Betrachtet man den blauen Himmel durch ein Polarisationsfilter, so stellt man ebenfalls eine teilweise Polarisation des Himmelslichtes fest. Dabei kann die Abhängigkeit des Polarisationsgrades vom Standort der Sonne untersucht werden.

5.11.7.

#### **Farben im polarisierten Licht (Rotationsdispersion) (Bild 116)**

11, 14 (3),  
17, 20, 24, 25 (2),  
36, 37,

St (M).

Zwischen die Polarisationsfilter im Handapparat wird das Glimmer- oder das Zellglaspräparat gebracht und mit konvergentem Licht durchstrahlt. Mit der Linse ( $f = + 50$  mm) wird das Präparat vergrößert auf dem Schirm abgebildet. Dreht man den Analysator, so tritt mehrmalige Farbänderung auf. (Die Farberscheinung ist am kräftigsten, wenn die Polarisationsrichtung des Polarisators einen Winkel von  $45^\circ$  mit der optischen Achse des Präparates einschließt.)

5.11.8.

#### **Farben im polarisierten Licht (Rotationsdispersion) (Bild 117)**

11,  
24, 25 (2), 36, 37.

Zwischen die Polarisationsfilter im Handapparat wird entweder das Glimmer- oder das Zellglas-

präparat gebracht. Bei Betrachtung gegen das Tageslicht und Drehen des Analysators kann die Farberscheinung im polarisierten Licht beobachtet werden.

5.11.9.

**Drehung der Polarisationssebene durch optisch aktive Stoffe (Modell eines Saccharimeters)**

(Bild 118)

11, 14 (3), 15, 20,  
24, 25 (2),  
29, 40,

St (M),  
Zuckerlösung.

Der Bildschirm wird von der Experimentierleuchte unter Zwischenschalten eines Blaufilters gut beleuchtet. Zwischen den Polarisationsfiltern im Handapparat steht die Küvette, halb mit starker Zuckerlösung gefüllt. Blickt man durch den Handapparat gegen die Mattscheibe, so hat man ein geteiltes Beobachtungsfeld. Man stellt auf Dunkelheit über der Flüssigkeitsoberfläche ein, dann erscheint durch die Lösung das Gesichtsfeld aufgehellt. Durch Nachdrehen um einige Winkelgrade, kann auf Dunkelheit eingestellt werden.

5.11.10.

**Spannungsdoppelbrechung (Bild 119)**

11, 14 (4), 18, 20, 24,  
25 (2), 26, 27,  
28,

St (2. M).

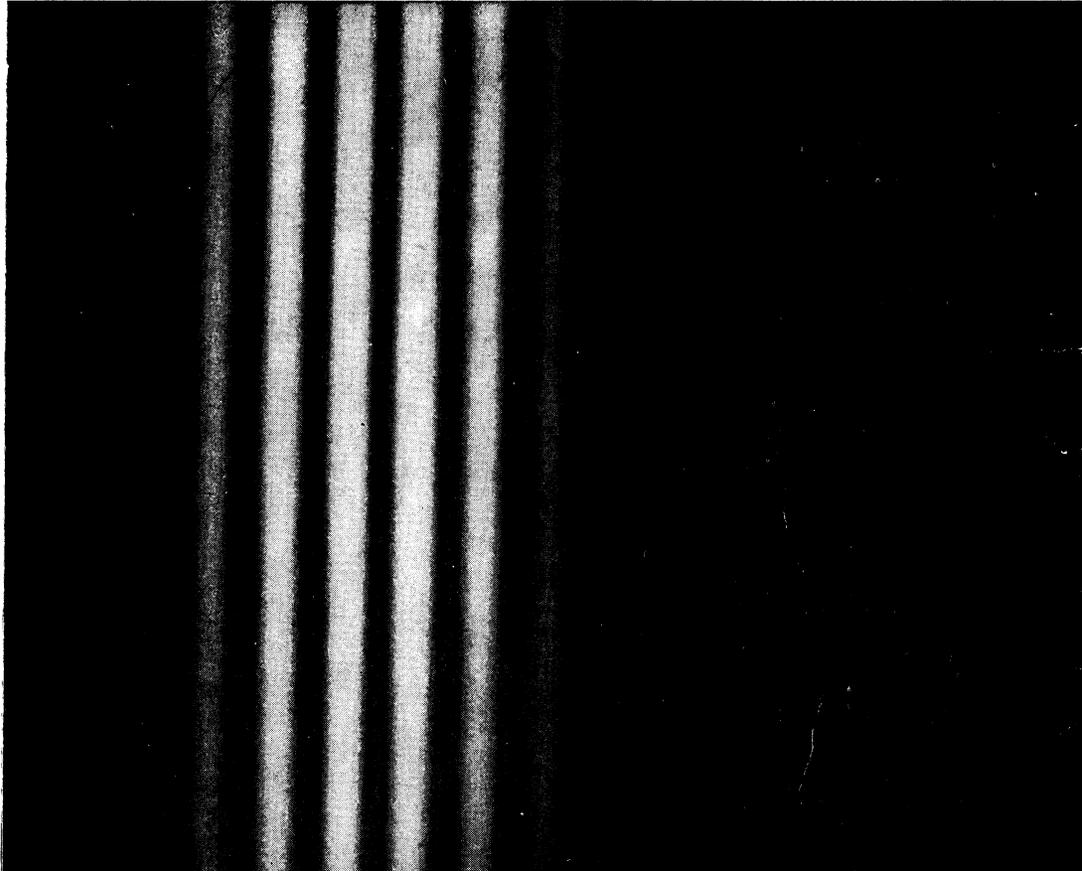
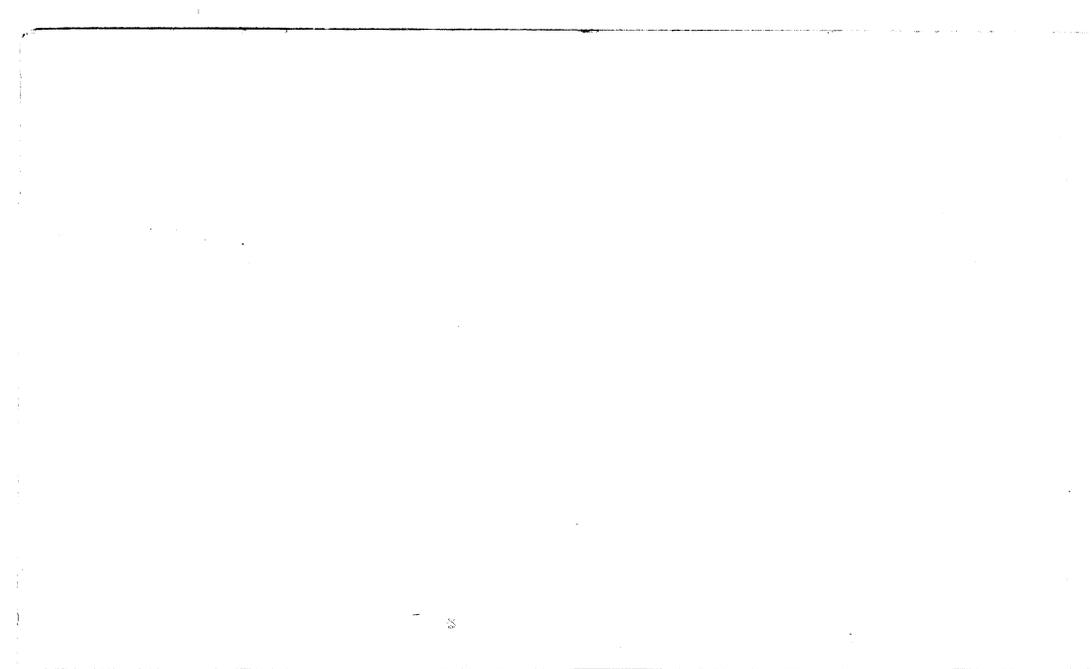
Zwischen den Polarisationsfiltern im Handapparat befindet sich der Spannungring mit einem Plastkörper. Er wird leicht konvergent von der Experimentierleuchte durchstrahlt und mit der Sammellinse ( $f = +100$  mm) vergrößert auf dem Schirm abgebildet. Man beobachtet das Spannungsbild bei gekreuzten Polarisationsfiltern. Von der Stellung des Polarisators ist es abhängig, ob die Spannungslinien symmetrisch im zu untersuchenden Körper verlaufen.

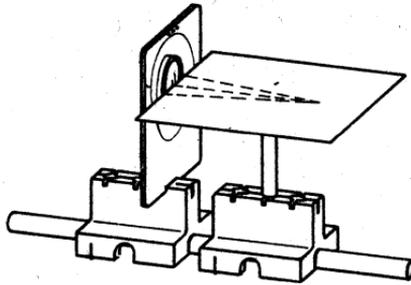
5.11.11.

**Spannungsdoppelbrechung (Bild 120)**

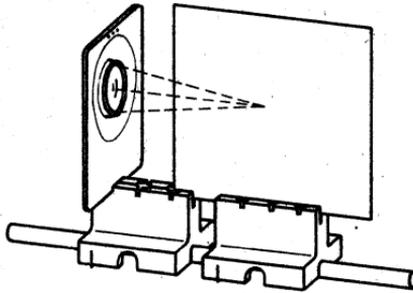
14,  
24, 25 (2), 26,  
27, 28

Zur subjektiven Beobachtung der Spannungsdoppelbrechung hält man den Handapparat mit den Polarisationsfiltern, dem Spannungring und einem Plastkörper gegen das Tageslicht. Man beobachtet die gleichen Erscheinungen wie in 5.11.10.

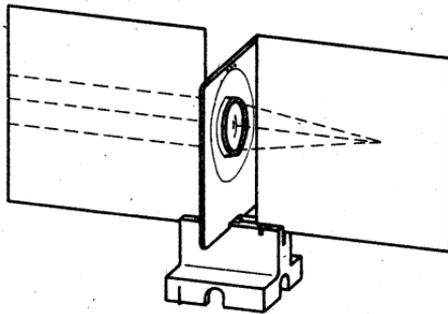




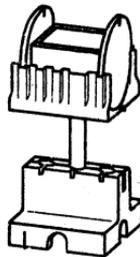
*Bild 1*



*Bild 2*



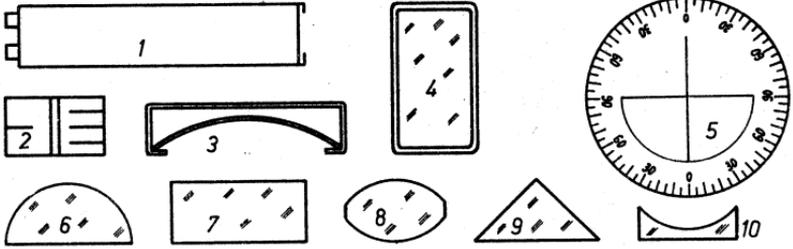
*Bild 3*



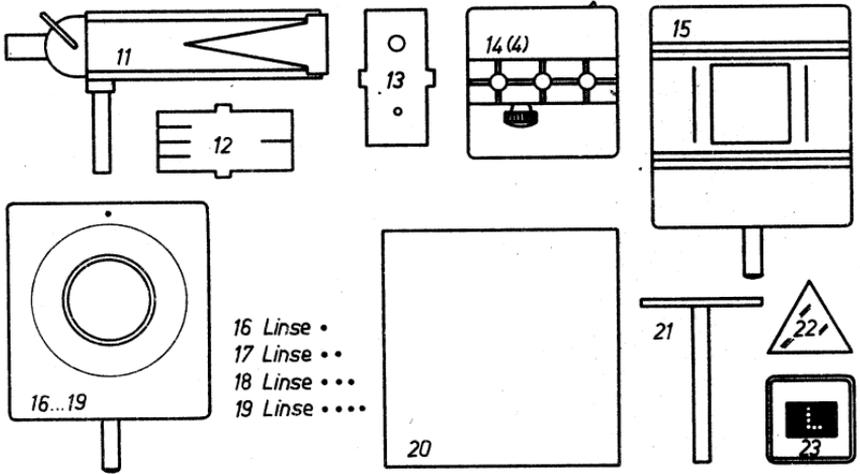
*Bild 4*

# SEG-OPTIK

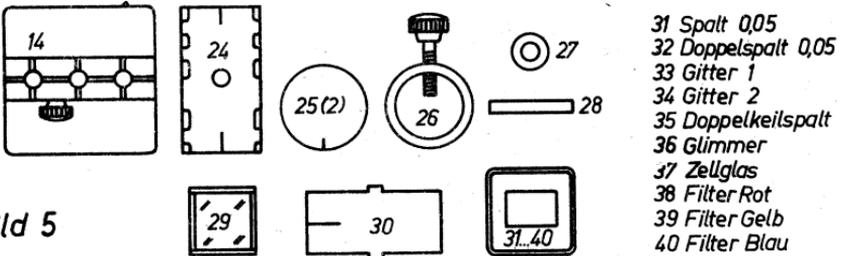
## 1. Teilgerät - Ebene geometrische Optik

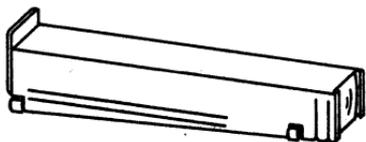


## 2. Grundgerät - Geometrische Optik



## 3. Zusatzgerät - Wellenoptik



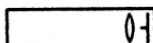
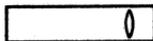


**Bild 6** Heftleuchte

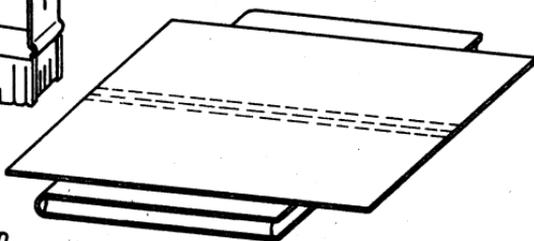
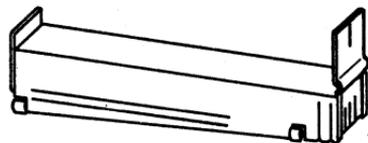
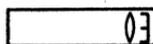
Symbol



0 Kondensator



+ } Spaltblenden



**Bild 7** Heftleuchte in Funktion



**Bild 8** Einspalt-Dreispaht-Blende

+ Einspalt-Blende

} Dreispalt-Blende



**Bild 9** Spiegelkombination

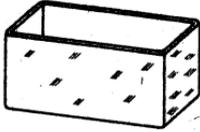


Konvexspiegel



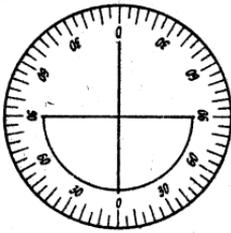
Konkavspiegel



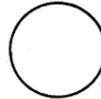
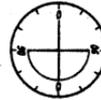


**Bild 10** Flachküvette

Symbol



**Bild 11** Plastscheibe rund



planparallel



rechtwinklig



halbrund



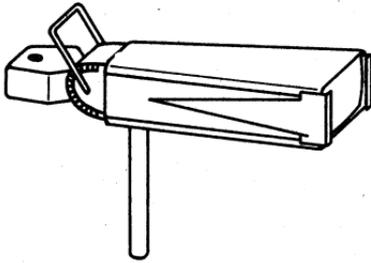
plankonkav



bikonvex

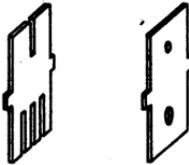
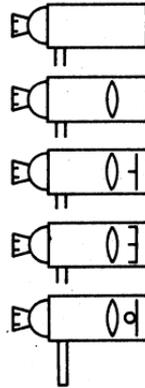


**Bild 12** Satz Flachglaskörper



**Bild 13** Experimentierleuchte

Symbol

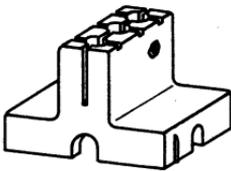


**Bild 14** Einspalt-Dreispalt-Blende,  
Loch-Blende

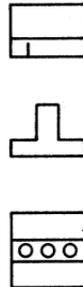
| Einspalt-Blende

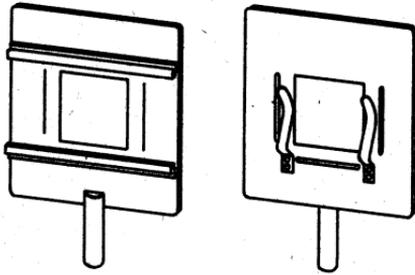
} Dreispalt-Blende

o Loch-Blende



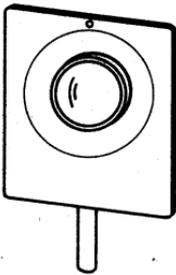
**Bild 15** T-Fuß



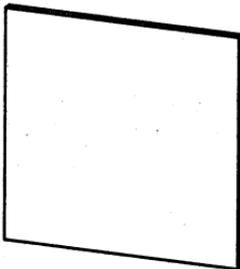
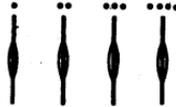
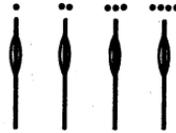


**Bild 16** Blendrahmen (Diahalter)

Symbol



**Bild 17** Blendrahmen mit Linse



**Bild 18** Bildschirm

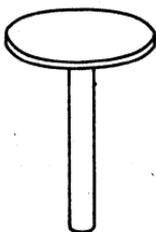




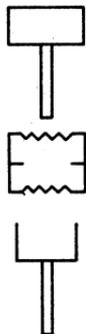
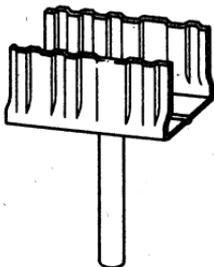
Symbol



**Bild 19** *Transparent - „L“*



**Bild 20** *Tischchen*

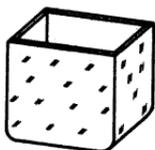


**Bild 21** *Handapparat*

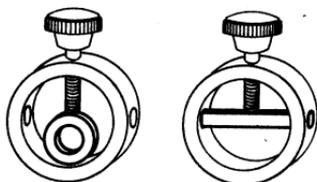


**Bild 22** *Spannring*

*Symbol*



**Bild 23** *Glasküvette*



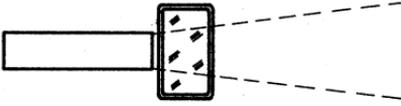
**Bild 24** *Spannring mit Plastkörper*



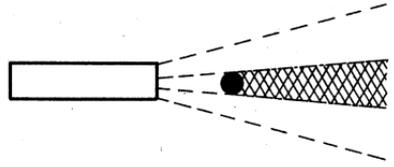
*mit Kreisring*



*mit Stab*



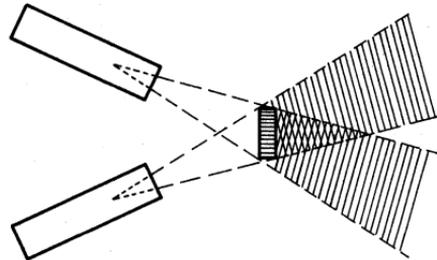
**Bild 25**



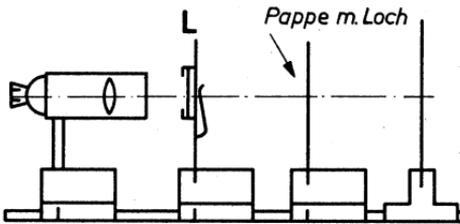
**Bild 26**



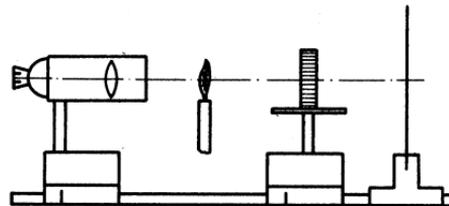
**Bild 27**



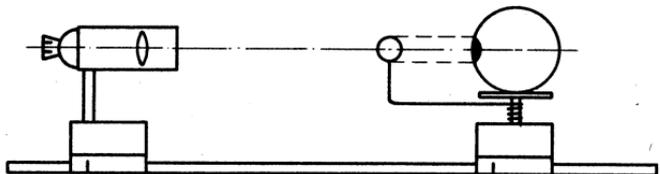
**Bild 28**



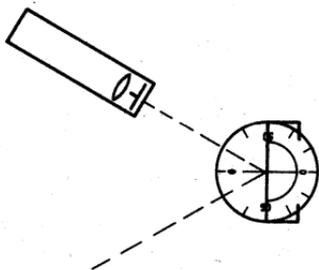
**Bild 29**



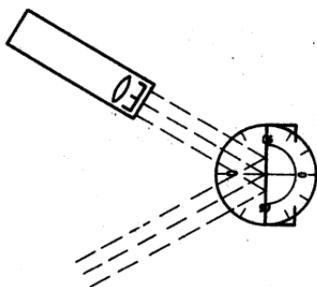
**Bild 30**



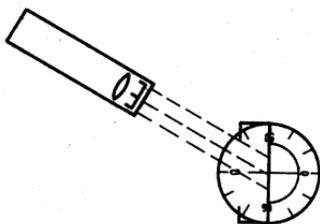
**Bild 31**



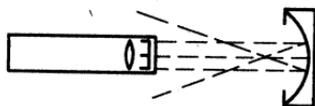
**Bild 32**



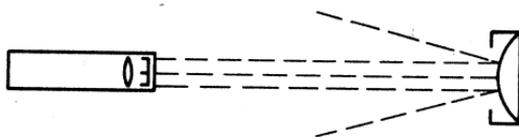
**Bild 33**



**Bild 34**



**Bild 35**



**Bild 36**

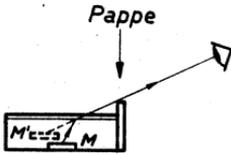


Bild 37

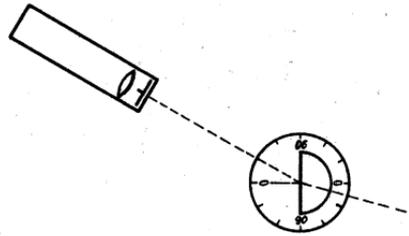


Bild 38

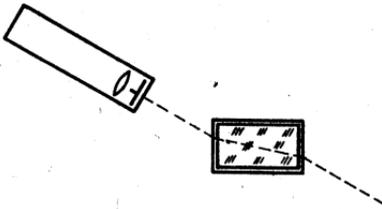


Bild 39

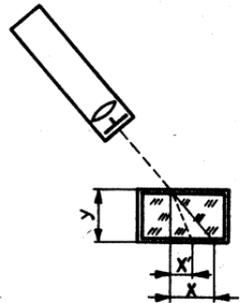


Bild 40

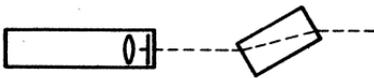


Bild 41

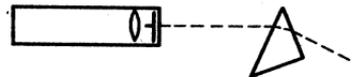


Bild 42

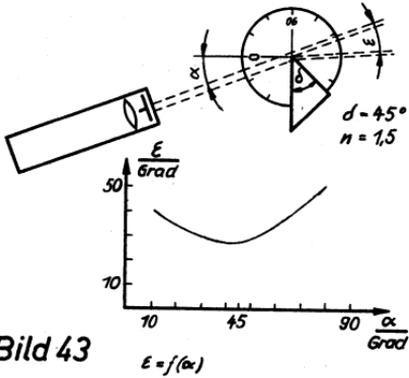


Bild 43

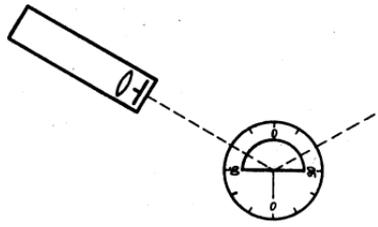


Bild 44

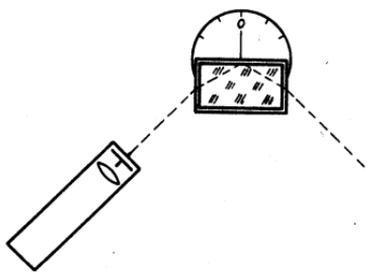


Bild 45

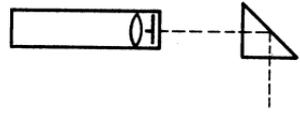


Bild 46

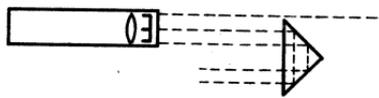


Bild 47

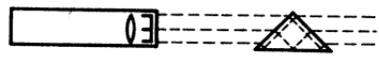
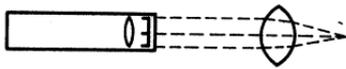
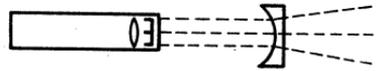


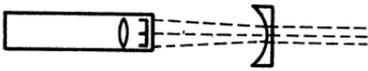
Bild 48



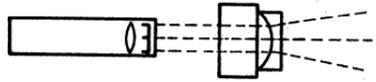
**Bild 49**



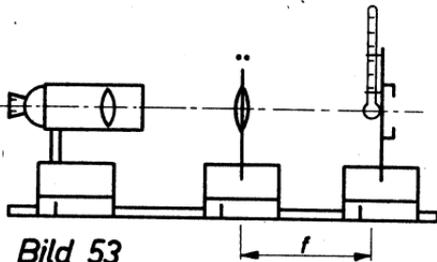
**Bild 50**



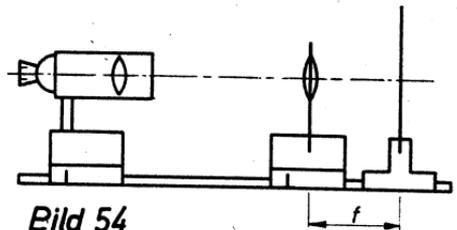
**Bild 51**



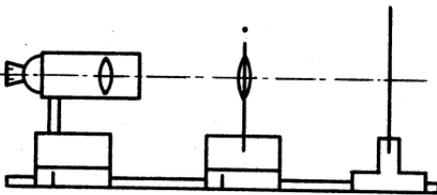
**Bild 52**



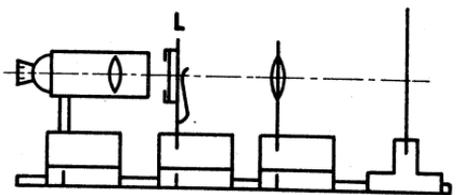
**Bild 53**



**Bild 54**



**Bild 55**



**Bild 56**

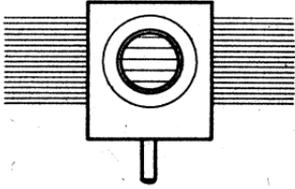


Bild 57

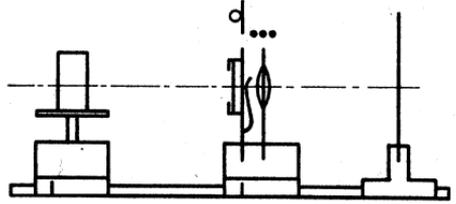


Bild 58

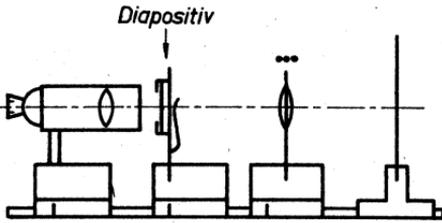


Bild 59

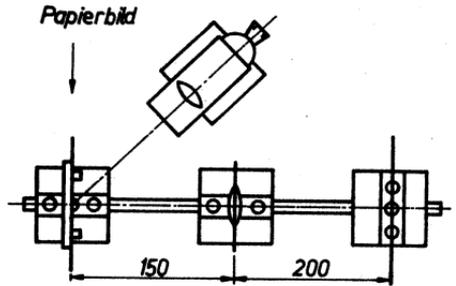


Bild 60

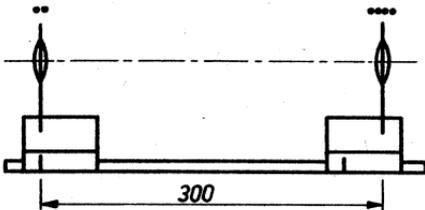


Bild 61

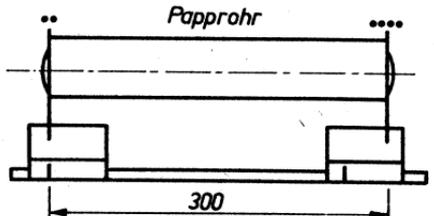


Bild 62

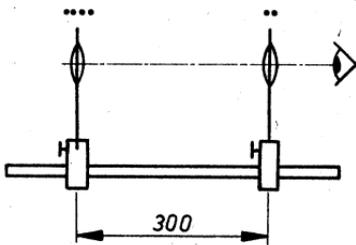


Bild 63

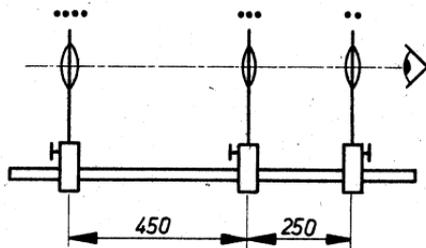


Bild 64

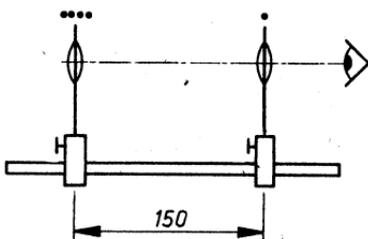


Bild 65

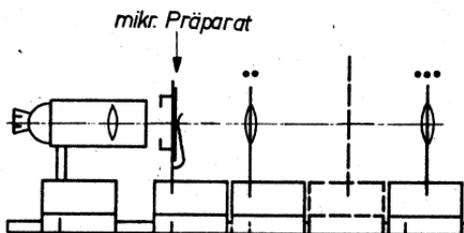


Bild 66

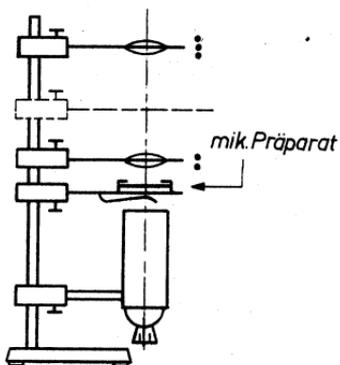


Bild 67

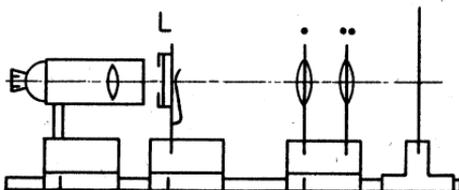


Bild 68

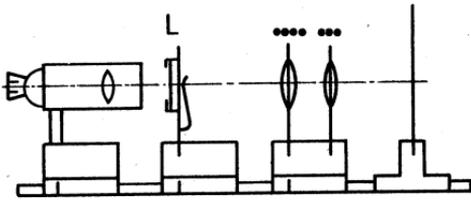


Bild 69

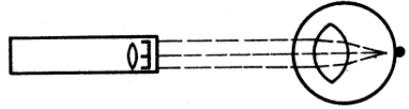


Bild 70

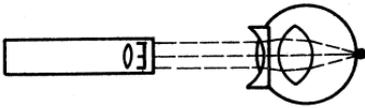


Bild 71

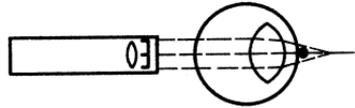


Bild 72

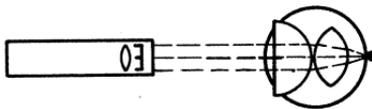


Bild 73

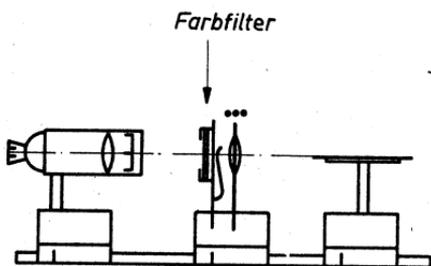


Bild 74

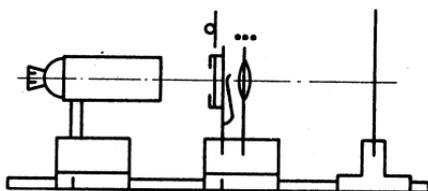


Bild 75

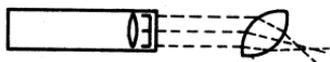


Bild 76

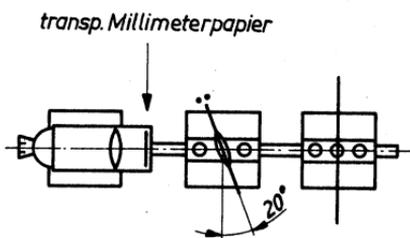


Bild 77

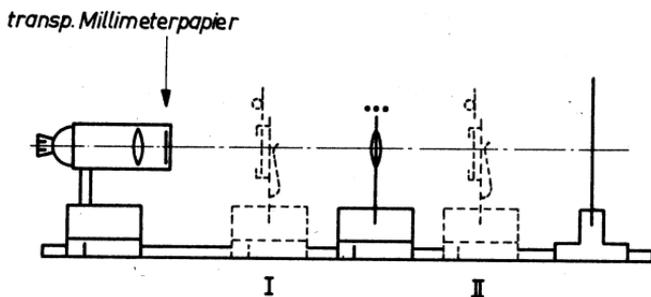


Bild 78

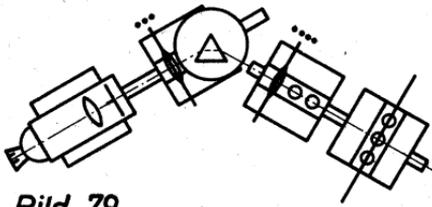


Bild 79

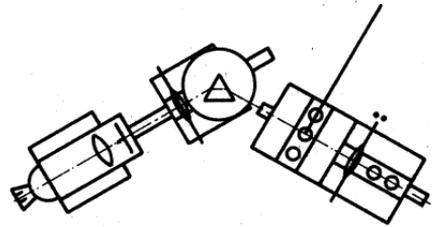


Bild 80

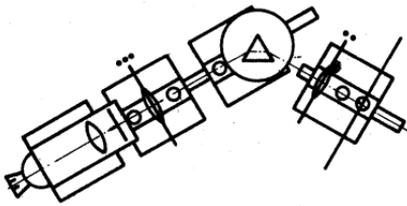


Bild 81

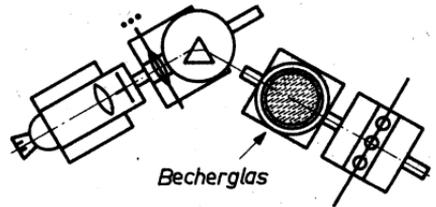


Bild 82

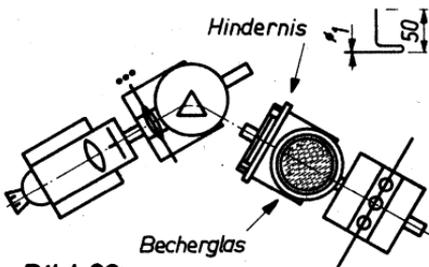


Bild 83

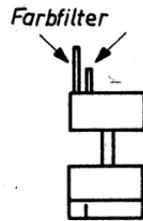


Bild 84

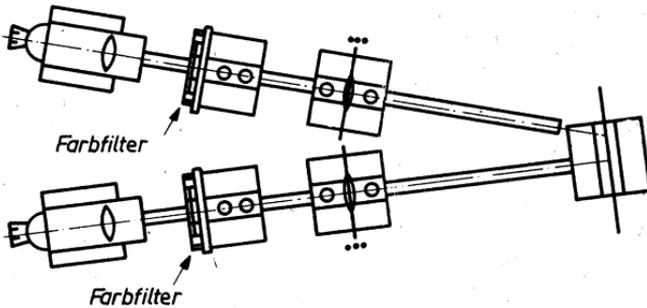


Bild 85

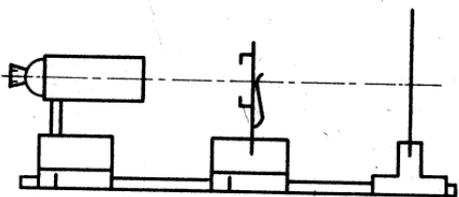


Bild 86

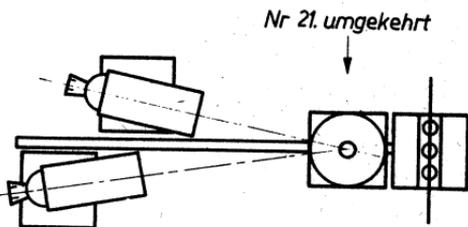


Bild 87

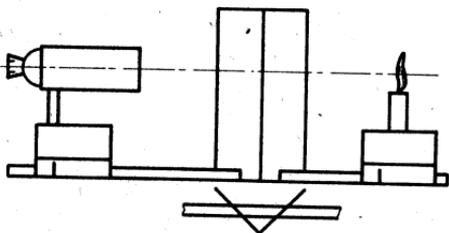


Bild 88

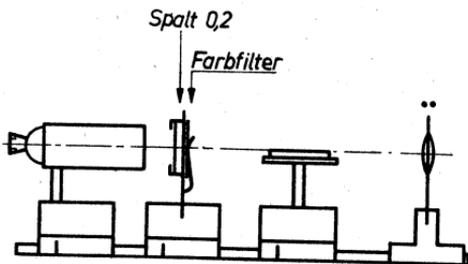


Bild 89

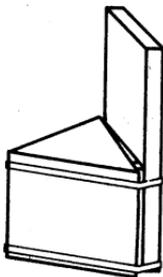


Bild 90

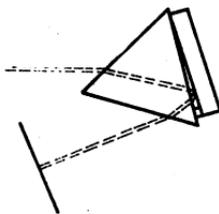
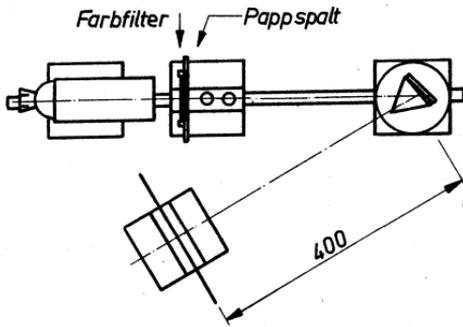
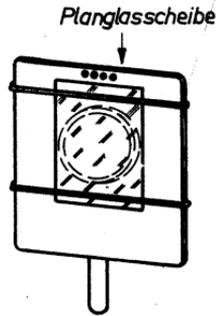


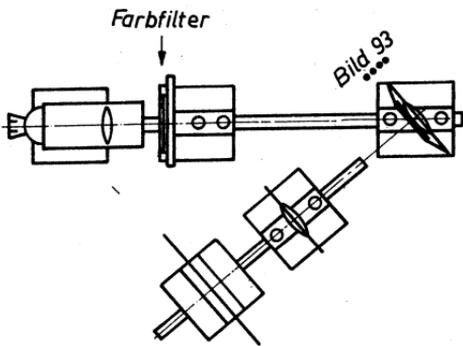
Bild 91



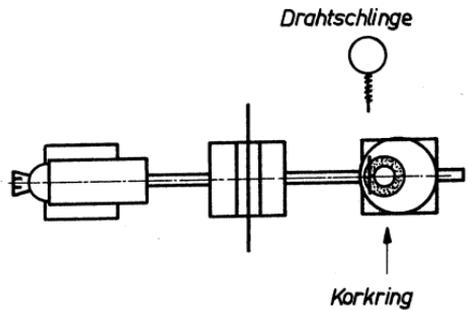
**Bild 92**



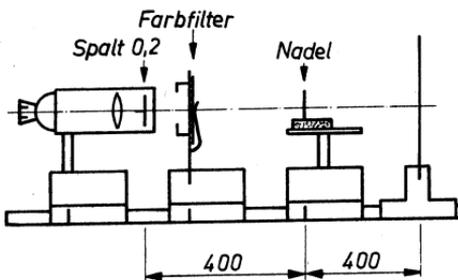
**Bild 93**



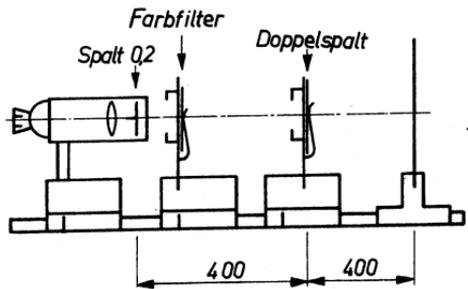
**Bild 94**



**Bild 95**



**Bild 96**



**Bild 97**

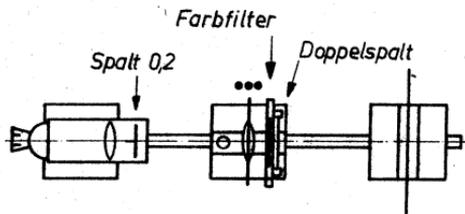


Bild 98

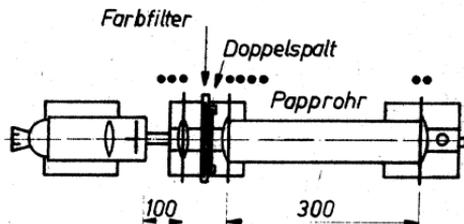


Bild 99

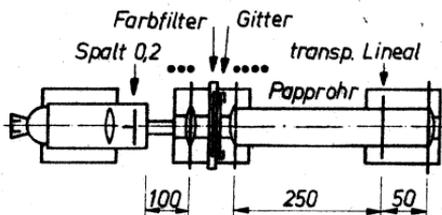


Bild 100

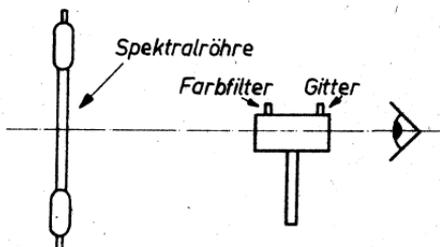


Bild 101

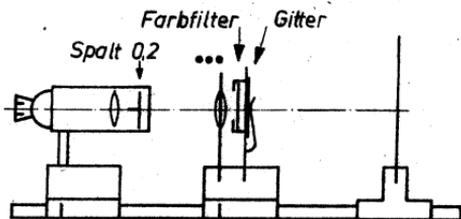


Bild 102

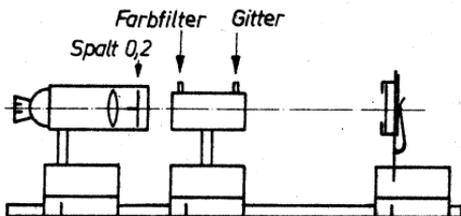


Bild 103

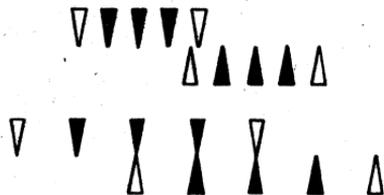


Bild 104

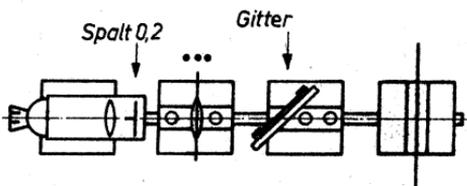


Bild 105

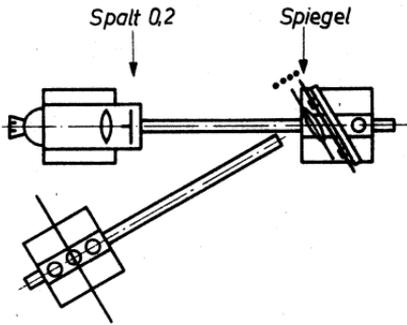


Bild 106

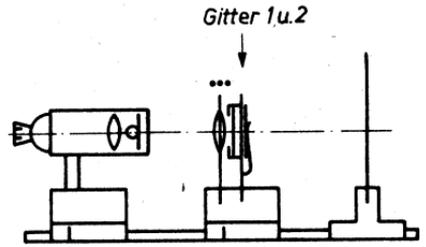


Bild 107

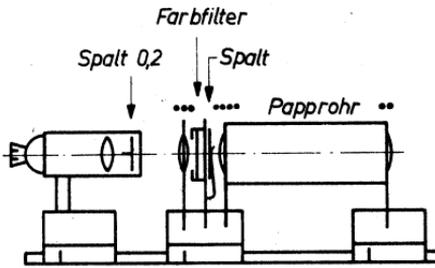


Bild 108

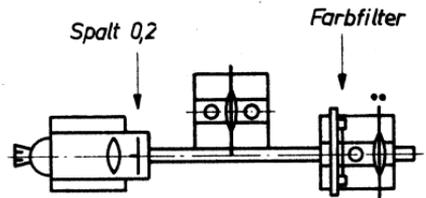


Bild 109

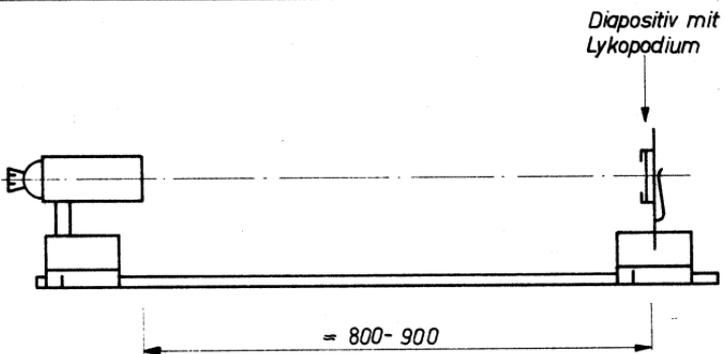


Bild 110

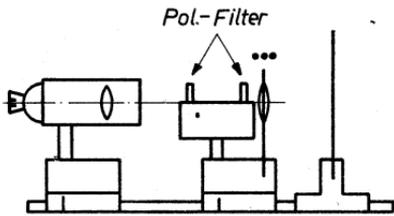


Bild 111

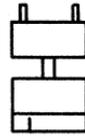


Bild 112

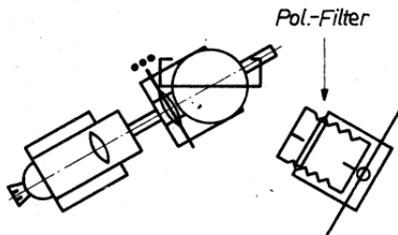


Bild 113

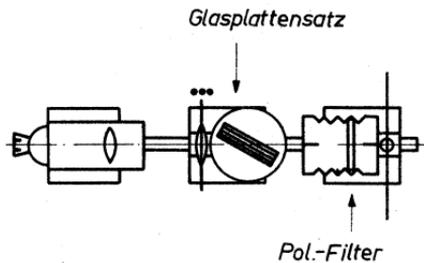


Bild 114

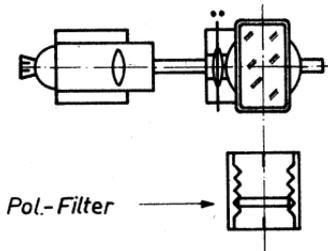


Bild 115

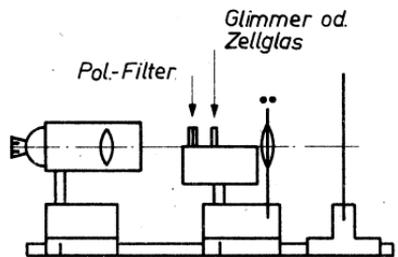


Bild 116

2 Pol.-Filter      Glimmer od. Zellglas

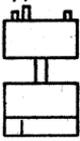


Bild 117

Farbfilter      Pol.-Filter

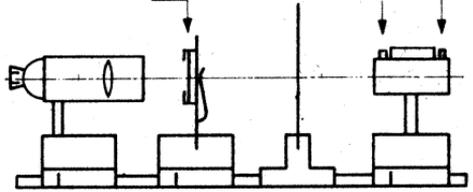


Bild 118

○ 2 Pol.-Filter

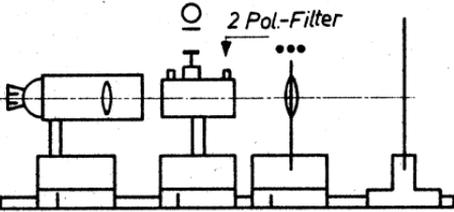


Bild 119

○ 2 Pol.-Filter

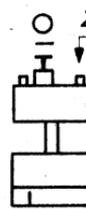


Bild 120