

Geometrische Optik

Praktikumsplatz Nr.: 51, 55, 56

Geometrische Optik

Aufgaben:

Bestimmung der Brennweite von Linsen

Aufbau eines Mikroskops

Aufbau eines Fernrohres

1. Zweck der Versuche

Die Versuche sollen Sie mit Grundlagen der geometrischen Optik und den einfachsten optischen Instrumenten wie Mikroskop und Fernrohr vertraut machen. Die von Ihnen durchzuführenden quantitativen Messungen sind nicht als Präzisionsmessungen aufzufassen, sondern sollen Ihnen zeigen, dass sie auch mit einfachsten Mitteln gewisse Kenngrößen (Brennweite einer Linse) und Formeln (Vergrößerung von Mikroskop und Fernrohr) überprüfen bzw. verifizieren können.

ACHTUNG: Man informiere sich unbedingt vor Beginn des Praktikums über:

- * **Konkav- und Konvexspiegel**
- * **Brechung des Lichtes und Totalreflexion**
- * **Brechung des Lichtes im Prisma**
- * **Dispersion des Lichtes**
- * **Abbildung durch Linsen und Linsenfehler**
- * **Fermat'sches Prinzip**
- * **Optische Instrumente (Lupe, Mikroskop, Fernrohr)**
- * **Auflösungsvermögen optischer Instrumente**
- * **Fehlerabschätzung, Fehlerfortpflanzung**

Literatur:

Demtröder „Experimentalphysik 2“
Bergmann - Schäfer „Experimentalphysik III“
Skriptum: „Grundlagen der Physik II, Teil 2: Optik“

2. Technische Daten der Geräte und Versuchsaufbau

Zur Verfügung steht der Mikrobank - Grundkasten MECHANIK und OPTIK der Fa. Spindler und Hoyer, Göttingen. Im Anhang finden Sie ein Verzeichnis sämtlicher vorhandener mechanischer und optischer Elemente mit Abbildungen, sowie Informationen wie man die Elemente miteinander verbindet.

ACHTUNG: Vermeiden Sie unter allen Umständen das Berühren der Linsen oder Spiegeloberflächen !!!

3. Versuchsaufbauten und Durchführung der Versuche

Die in Klammer bei den einzelnen Bauteilen angegebenen Zahlen sind die Katalognummern im Anhang !

3.1 Bestimmung der Brennweite einer Linse

3.1.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau wird auf dem Grundgestell (Abbildung nächste Seite) aufgebaut und ist ebenfalls auf der nächsten Seite abgebildet: Er besteht aus:

Beleuchtungsquelle bestehend aus zentrierbarer Lampenfassung (065043) mit Lampe.

Lesen Sie die Betriebsspannung und die maximale Leistung in W der Lampe auf der Fassung ab. Die Spannungsversorgung der Lampe erfolgt vom Schaltkasten unter Verwendung einer der beiden 0 - 30V = Spannungsquellen.

ACHTUNG: Verwenden Sie die Strombegrenzung der Spannungsversorgung, damit die maximale Leistung der Lampe nicht überschritten wird !!!

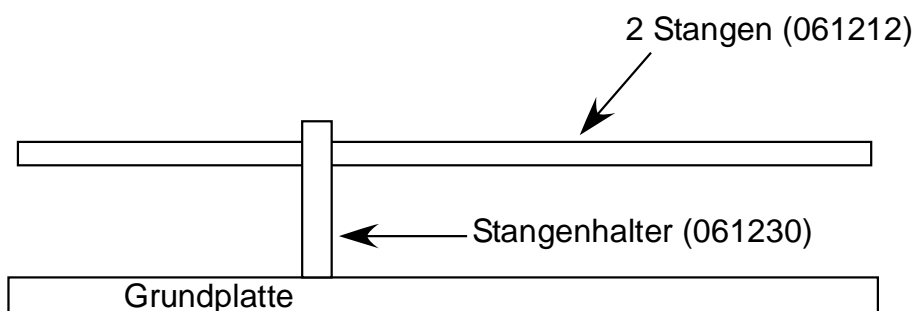
Kombinationskondensor (063010)

Geometrische Optik

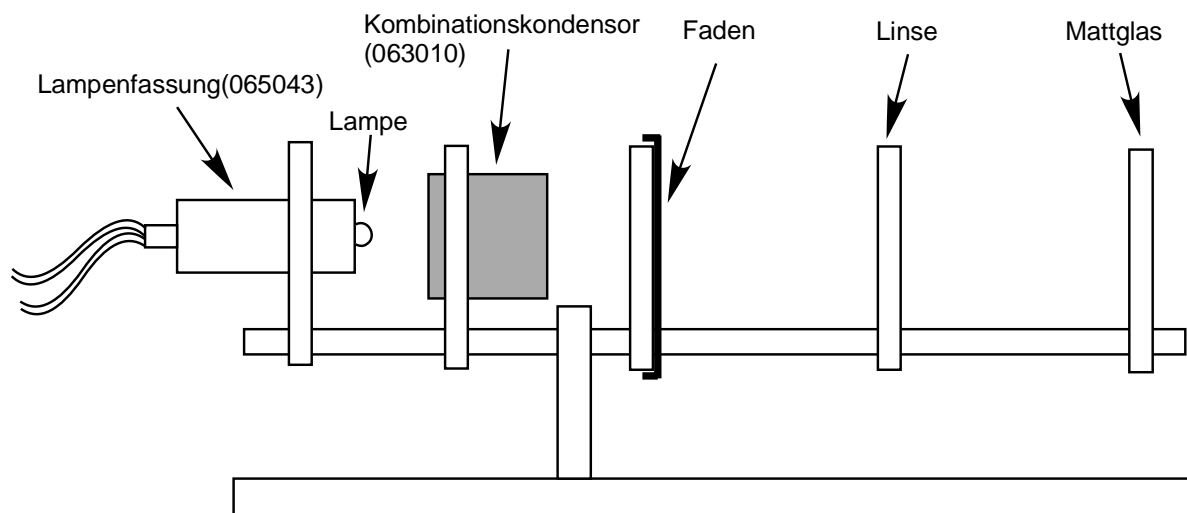
Als Gegenstand verwenden Sie einen Faden, der über eine Aufnahmeplatte (061010) gespannt ist.

Linse, deren Brennweite überprüft werden soll :
Sammellinse mit $f = 25 \text{ mm}$ (063021)

Als Schirm dient eine Mattglasscheibe (Oberflächenstreuungsscheibe) (063520)



Grundgestell



3.1.2 Versuchsanleitung

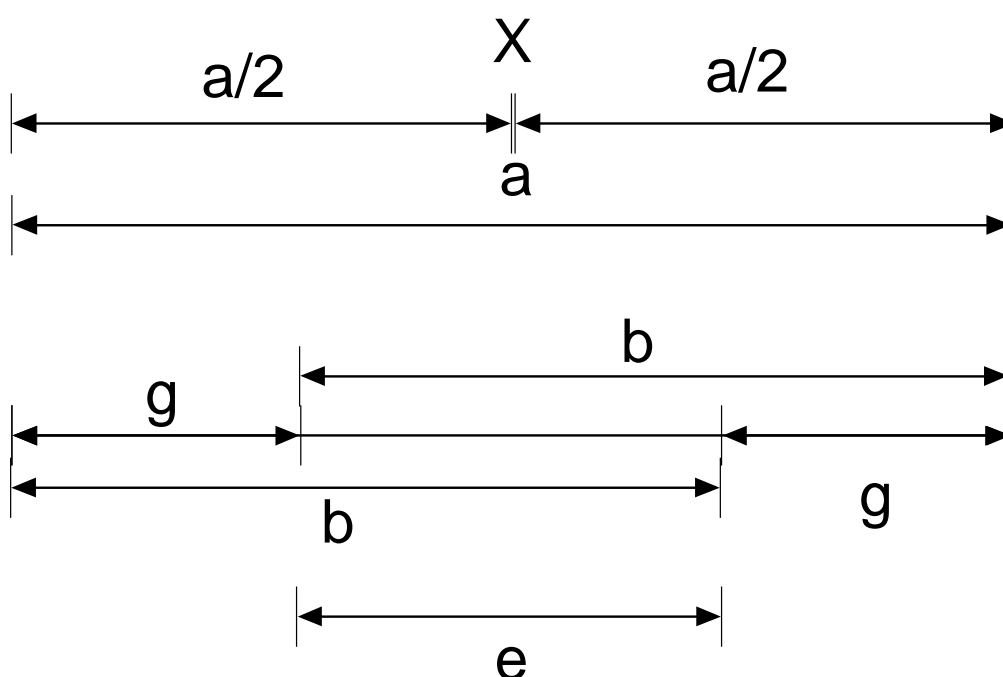
a) Messung der Brennweite mittels des Bessel - Verfahrens

Bei feststehendem Abstand a zwischen Gegenstand und Schirm gibt es stets 2 Linsenstellungen, die einmal ein vergrößertes, dann ein verkleinertes Bild des Gegenstandes erzeugen (WARUM ?). Diese beiden Linsenstellungen sind symmetrisch zur Mitte X des Abstandes a (Gegenstand-Schirm) (WARUM ?). Es sei nun e der Abstand zwischen den beiden Linsenstellungen und $g + b = a$. Wegen der zur Mitte X symmetrischen Lage der beiden Linsenorte liest man aus der *Abbildung* ab:

$$g + b = a \quad \text{und} \quad b - g = e$$

Daraus kann man b und g berechnen und nach Einsetzen in die Linsengleichung folgt

$$(*) \quad f = (a^2 - e^2)/(4a)$$



Was ist der Vorteil dieser Methode gegenüber der direkten Messung von g und b ?

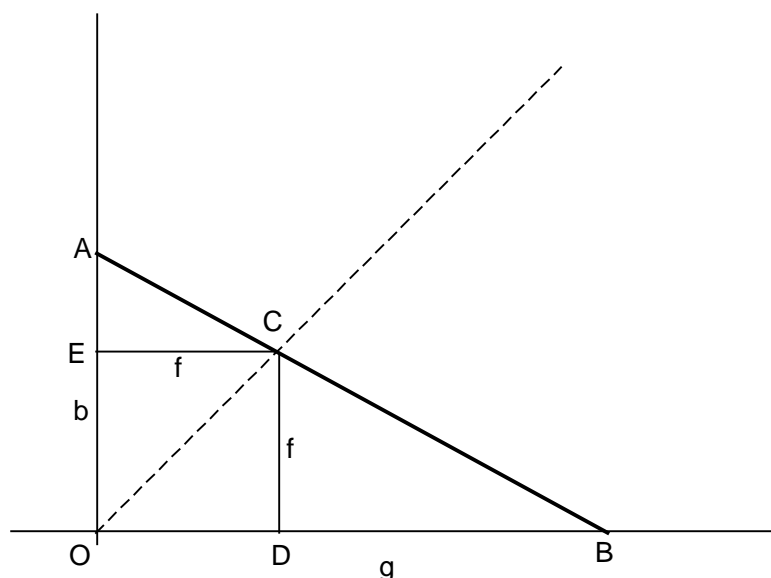
Führen Sie 5 Messungen (5 verschiedene Werte von a) durch. Erstellen Sie eine Tabelle der Einzelmessungen mit Abständen und Brennweiten; Berechnen Sie den Mittelwert für die Brennweite sowie die Standardabweichung der Einzelmessung und des Mittelwertes.

b) Fehlerfortpflanzung und Linsengleichung

Nehmen Sie an, die Genauigkeit ihrer Längenmessungen von a und e ist jeweils 1 mm (mittlerer Fehler). Mit Hilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes und Gleichung (*) bestimmen Sie nun den Fehler in der Berechnung der Brennweite, d.h. mittels der gegebenen Standardabweichungen von a und e (1 mm) ermitteln Sie die Standardabweichung von f .

c) Graphische Lösung der Linsengleichung (Prüfung der Linsengleichung auf mm-Papier).

Führen Sie für obige Messungen die folgende graphische Auswertung durch. Wir tragen auf der Abszisse eines rechtwinkligen Koordinatensystems unsere g - Werte, auf der Ordinate die b - Werte auf und verbinden je zwei zusammengehörige g - und b - Werte durch eine Gerade AB (Abb.). Ferner ziehen wir die unter 45° gegen die Achsen geneigte Gerade OC und zeichnen das Quadrat ODCE. Die Seite dieses Quadrats ist gleich der Brennweite f (WARUM ?). Demnach müssen sich in der Abbildung, wenn mehrere Wertepaare g und b vorliegen, sämtliche Geraden AB im Punkt C schneiden. Überprüfen Sie das für Ihre $b - g$ Werte (mm-Papier).



d) Graphische Lösung

Zeichnen Sie den Strahlengang maßstabsgetreu für eine der Messungen unter a) auf Millimeterpapier (Konstruktion des Bildes bei gegebenen g und f).

Fragen:

- 1) Was sind dicke Linsen und wie unterscheiden sie sich von ideal dünnen Linsen? Gilt weiterhin die Linsengleichung? Was sind Hauptebenen?
- 2) Welche Linsenfehler kennen Sie?
- 3) Was ist die Dispersion des Lichtes und was bewirkt Sie beim Durchgang von weißem Licht durch Linsen?

3.2 Aufbau eines Mikroskops

Bauen Sie mit den angegebenen Linsen ein Mikroskop auf.

3.2.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau erfolgt auf dem gleichen Grundgestell wie zuvor (Abschnitt 3.1.1) und besteht aus:

Beleuchtungsquelle bestehend aus zentrierbarer Lampenfassung (065043) mit Lampe

Achtung die Spannungsversorgung der Lampe erfolgt wie beim vorigen Experiment vom Schaltkasten unter Verwendung einer der beiden 0 - 30V = Spannungsquellen. Achten Sie auf die maximal erlaubte Belastung der Lampe !

Kombinationskondensor (063010)

Mattglasscheibe (Oberflächenstreuscheibe) (063520)

Als zu betrachtenden Gegenstand verwenden Sie die Strichplatte (10 mm in 200 Teile, 063511)

Objektivlinse : Achromat mit $f = 10\text{mm}$ (063120)

Okularlinse: Achromat mit $f=16\text{mm}$ (063121)

3.2.2 Versuchsanleitung

Führen Sie das folgende Experiment zur Bestimmung der Gesamtvergrößerung des Mikroskops für 2 stark unterschiedliche „Tubuslängen“ (Entfernung Objektivlinse -Okularlinse) durch.

a) Messung der Gesamtvergrößerung v des Mikroskops

Zur Messung halten Sie senkrecht, dicht neben das Mikroskop Ihren in mm geteilten Maßstab derart, dass er im Abstand $s = 25$ cm (normale Sehweite) vor Ihrem linken Auge liegt, wenn Sie mit dem rechten Auge in das Okular blicken, in welchem Sie den dazu parallelen Maßstab des Objektmikrometers (Strichplatte) erblicken. Sie stellen das Mikroskop so ein, dass Sie ein scharfes virtuelles Bild des Objektmikrometers in 25 cm Entfernung am gleichen Ort und in der gleichen Ebene erblicken, wo das andere Auge die 2. Skala unmittelbar sieht. Die Einstellung des Bildes in die richtige Ebene wird an der Parallaxenfreiheit erkannt, also indem man den Kopf leicht hin und her bewegt und das Mikroskop so einstellt, dass sich die beiden Skalen nicht mehr gegeneinander bewegen. Man wählt nun am Objektmikrometer eine möglichst große Länge und stellt die Länge auf der anderen Skala fest, die mit ihr zusammenfällt. Das Verhältnis der zweiten zur ersten Länge ist die Gesamtvergrößerung des Mikroskops.

Führen Sie diese Messung für 2 verschiedene Tubuslängen (Abstand Okular Objektiv) durch.

b) Berechnung der Gesamtvergrößerung v

Berechnen Sie die Gesamtvergrößerung v für Ihre Linsenkombination und die im Experiment verwendeten Tubuslängen unter der Annahme einer normalen (deutlichen) Sehweite von $s = 25$ cm. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der Rechnung.

HINWEIS: Die Formel (11.6) für die Vergrößerung im Demtröder Bd. 2 ist nur näherungsweise gültig. Ersetzen Sie $(d-f_2)$ durch $(d-f_2-f_1)$!!!

Fragen:

- 1) Wodurch ist ein Mikroskop charakterisiert?
- 2) Zeichne Sie den Strahlengang im Mikroskop!
- 3) Wodurch unterscheidet sich Ihr Mikroskop von einem in der Praxis verwendeten Mikroskop?
- 4) Aus der Formel für die Gesamtvergrößerung v folgt, dass Sie ein Mikroskop mit beliebig hoher Vergrößerung ohne Schwierigkeiten konstruieren können. Ist das wahr? Wozu brauchen wir dann Elektronenmikroskope?
- 6) Was ist die numerische Apertur beim Mikroskop und wofür ist sie von Bedeutung?

3.3 Aufbau eines Keplerschen Fernrohrs

3.3.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau für das Keplersche (astronomische) Fernrohr erfolgt auf dem gleichen Grundgestell wie zuvor (Abschnitt 3.1.1) und besteht aus:

Objektivlinse : Bikonvexlinse mit $f = 160 \text{ mm}$ (063223)

Okularlinse: Bikonvexlinse in Aufnahmeplatte mit $f = 50 \text{ mm}$ (063016)

3.3.2 Versuchsanleitung

Messen Sie den Abstand zwischen Objektiv und Okular; wenn das Fernrohr auf einen unendlich weit entfernten Gegenstand und wenn es auf einen endlich (3 - 5 m) weit entfernten Gegenstand scharf eingestellt ist; und vergleichen Sie die Abstände mit der Theorie (für unendlich weit entfernte Gegenstände).

Ermitteln Sie experimentell die Vergrößerung. Dazu vergleichen Sie die Netzhautbilder des Maßstabes; der sich in einer Entfernung von einigen Metern befindet. Das heißt analog zum Mikroskop beobachten Sie mit einem Auge den Maßstab durchs Fernrohr und mit dem anderen Auge direkt (Da Sie in dieser Entfernung den Maßstab mit freiem Auge nicht mehr ablesen können machen Sie Marken auf der Tafel mit einem Stück Kreide). Durch Vergleich der Skalen erhalten Sie unmittelbar die Vergrößerung des Fernrohres.

Berechnen Sie die Vergrößerung des Fernrohrs und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Experiment.

Fragen:

- 1) Was ist eine teleskopische Folge?
- 2) Zeichne den Strahlengang im Fernrohr!
- 3) Definition der Vergrößerung.
- 4) Wie wirkt ein Teleskop bei Betrachtung des Sternenhimmels? Die Sterne bleiben auch bei Betrachtung durch das Fernrohr punktförmige Lichtquellen.

ANHANG

Liste und Beschreibung der vorhandenen Bauteile



MIKROBANK

Ein Konstruktionssystem für optische Versuchs- Meß- und Prüfgeräte mit einer maximalen Öffnung von 31,5 mm im Brennweitenbereich bis zu 300 mm. Die optische Achse verläuft in der Mitte eines quadratischen Zylinders, der aus Aufnahmeplatten gebildet wird, die auf Stangen aufgereiht sind.

Das quadratische System bietet eine bequeme dreidimensionale Bauweise. Es wird mit zentrierter gefaßter Optik gearbeitet. Aufgrund der großen Toleranzgenauigkeit ist nur äußerst selten eine zusätzliche Justierung der Optiken nötig. Im 4-Stangensystem wird eine außerordentlich große Stabilität erreicht.

Vorteile: Exakte, dreidimensionale Bauweise, leichte Handhabung, ausgezeichnete mechanische Stabilität, schwingungsfrei, umfangreiches Zubehör. Für Rundoptik bis Ø 31,5.

Anwendungen: Meßgerätebau, optische Prüfeinrichtungen einschließlich Interferenzprüfungen, Anwendung in der Holographie.

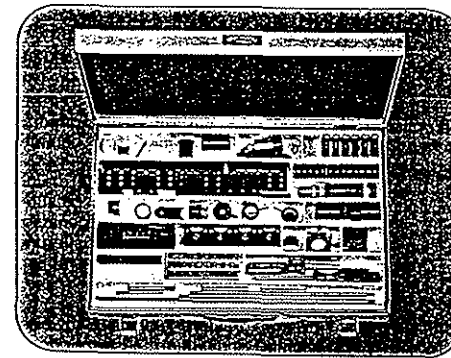
Durchbiegung unter Belastung

L (mm)	P (kg)	f _{max} µm
300	0,45	20
300	0,9	40
450	0,45	60
450	0,9	120

Die nunmehr seit über einem Jahrzehnt im Einsatz befindliche Mikrobank ist heute ein fester Bestandteil des optischen Instrumentenbaus, der Optoelektronik und der experimentellen Optik. Die Vielseitigkeit ihrer Anwendungsmöglichkeiten bietet nahezu keine Grenzen, da sie sowohl dreidimensionale als auch lineare Anordnungen von optischen und opto-elektronischen Bauelementen gestattet. Durch den Verlauf der optischen Achse in der Mitte eines quadratischen Vierstangensystems wird eine außerordentlich hohe Stabilität erreicht.

Die Optischen Elemente werden auf diese Weise nahezu biegemomentfrei gehalten und geführt. Grundbauelemente der Mikrobank sind Aufnahmeplatten (A), und Stangen (B), die über Stangenhalter (C) mit Bankwinkel (D) oder anderen Grundplatten verbunden werden. Verschraubt man die Aufnahmeplatte mit Eckverbindern (E) erhält man die Möglichkeit der kompakten dreidimensionalen Bauweise.

Ein systematisch geordnetes Sortiment gefaßter optischer und optoelektronischer Bauelemente, die in die Aufnahmeplatten eingesetzt werden können, machen aus der Mikrobank ein präzises optisches Bausystem nahezu unbegrenzter Anwendungsmöglichkeiten.



Mikrobank Grundkasten
Mechanik und Optik

06 2050
Gew. 5,5 kg

Dieser Grundkasten dient zur Einführung in das Bausystem der Mikrobank. Er bildet den Grundstock für den Bau optischer Systeme und Instrumente. Der Grundkasten enthält eine Auswahl der gebräuchlichsten Elemente, die es Ihnen ermöglicht, die wichtigsten optischen Instrumente in einfacher, aber qualitativ hochwertiger Ausführung zu konzipieren.

Nachstehend eine Auswahl von Aufbaumöglichkeiten:

- Mikroskope
- Schrägeinblick
- Fernrohrsysteme
- Ablesefernmrohre
- Kollimatoren
- Polarisatoren
- Projektionssysteme
- Stichmarkenprojektoren
- Strahlumlenkheiten
- Strahlungsteiler
- Interferometer
- Beleuchtungssysteme

Inhaltsübersicht - Mikrobank Grundkasten

• 4 Aufnahmeplatten	06 1010	1 Bikonvex-Linse 25/21,4 mm, gefaßt	06 3021
• 4 Aufnahmeplatten mit zwei Bohrungen	06 1040	1 Bikonvex-Linse 60/21,4 mm, gefaßt	06 3025
1 Satz Gewindestifte M 2,3×3 mm (150 Stück)	06 1011	1 Plankonvex-Linse 60/30 mm in Aufnahmeplatte	06 3037
1 Satz Gewindestifte M 2,3×6 mm (150 Stück)	06 1012	1 Plankonvex-Linse 40/21,4 mm, gefaßt	06 3043
• 2 Aufnahmeplatten, schwenkbar	06 1020	1 Plankonvex-Linse 80/21,4 mm, gefaßt	06 3046
• 2 Umlenkplatten	06 1060	1 Plankonvex-Linse 150/21,4 mm, gefaßt	06 3048
1 Schraubendreher 1,8 mm	06 1090	1 Bikonvex-Linse -20/21,4 mm, gefaßt	06 3058
1 Schraubendreher 4 mm	06 1091	1 Plankonvex-Linse -40/21,4 mm, gefaßt	06 3070
1 Schraubendreher 6 mm	06 1092	1 Konkavkonvex-Linse 50/21,4 mm, gefaßt	06 3076
6 Eckverbinder 40 mm	06 1110	1 Filter KG 1, gefaßt	06 3080
1 Satz Schrauben M 2,3×5 mm (200 Stück)	06 1111	1 Filter RG 2, gefaßt	06 3081
4 Stangen 75 mm	06 1209	1 Filter VG 9, gefaßt	06 3082
4 Stangen 150 mm	06 1210	1 Filter BG 12, gefaßt	06 3083
4 Stangen 300 mm	06 1211	1 Filter RG 830, gefaßt	06 3455
10 Stellringe	06 1220-901	1 Asph. Kondensorlinse 25/30 mm, in Aufnahmeplatte	06 3096
• 4 Stangenhalter	06 1230	1 Asph. Kondensorlinse 18/21,4 mm, gefaßt	06 3097
1 Spezial-Zylinderschrauben M 2,3×4 mm	06 1013	1 Achromat 10/5 mm, gefaßt	06 3120
10 Spezial-Zylinderschrauben M 2,3×9 mm	06 1014	1 Achromat 16/7 mm, gefaßt	06 3121
1 Satz Schrauben M 4×10 mm (30 Stück)	06 1231	1 Achromat 60/17 mm, gefaßt	06 3126
1 Satz Schrauben M 4×15 mm (20 Stück)	06 1232	1 Achromat 80/30 mm, in Aufnahmeplatte	06 3220
1 Satz Gewindestifte M 4×12 mm (6 Stück)	06 1233	1 Achromat 160/30 mm, in Aufnahmeplatte	06 3223
2 Bankplatten 40 mm	06 1310	1 Achromat 250/30 mm, in Aufnahmeplatte	06 3225
2 Bankplatten 140 mm	06 1311	2 Polarisationsfilter	06 3410
1 Bankwinkel 40 mm	06 1320	1 Strichplatte 10 mm in 200 Teile, gefaßt	06 3511
1 Bankwinkel 100 mm	06 1321	1 Strichkreuz 5×7,5 mm, gefaßt	06 3513
1 Bankwinkel 200 mm	06 1322	1 Mattglasscheibe 21,4 mm, gefaßt	06 3520
1 Stift mit Gewindebohrung M 4, 100 mm	02 4203	1 Spiegelträger	06 5002
2 Fassungsrohlinge	06 1610	1 Prismenträger	06 5003
2 Fassungsrohlinge mit Anschlagring	06 1615	• 1 Zentrieraufnahmeplatte	06 5010
1 Reduzierfassung für Mikroskop-Objektive	06 1620	1 Kippensatz	06 5041
1 Reduzierfassung mit Anschlagring für Objektive	06 1625	1 Fassung, zentrierbar	06 5043
2 Reduzierfassung mit Anschlagring für Okulare	06 1635	1 Lampe, 6V/6W	06 5044
1 Irisblende mit Tubus	06 1650	1 Planspiegel 20×30×2,5 mm	34 0060
1 Kombinations-Kondensor 16/21,4 mm	06 3010	1 Planplatte 20×30×2,5 mm	39 0099
1 Bikonvex-Linse 50/30 mm, in Aufnahmeplatte	06 3016	1 90°-Prisma 20×20 mm	33 9913
		1 Reflexionsprisma 60° Bauernfeind	33 0020
		1 Strahlenteilungswürfel 20×20 mm	33 5520
		1 Orthoskopisches Okular, 12,5×	03 8247
		1 Mikroskop-Okular, 10×	03 8303
		1 Mikroskop-Objektiv, 10:1	03 8702
		1 Aufbewahrungskasten M-G	06 1096

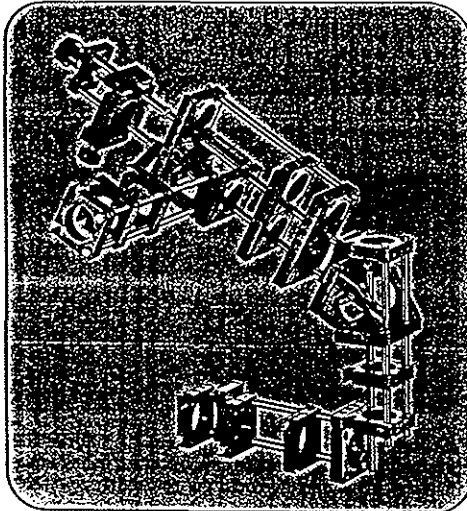
Aufbewahrungskasten M-G

Leer, zum übersichtlichen Einordnen von weiteren Teilen.

06 1096

MECHANISCHE BAUELEMENTE der MIKROBANK

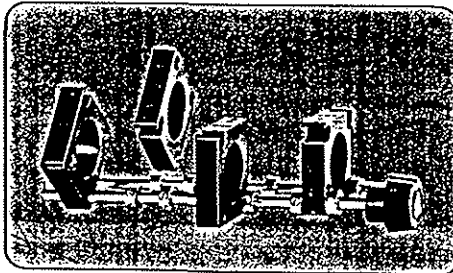
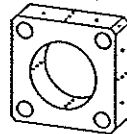
- Die im Kasten M enthaltene Stückzahl mechanischer Bauteile ist jeweils bei der Einzelelementbeschreibung in dem quadratischen Kästchen angegeben.



Aufnahmeplatte 4 06 1010

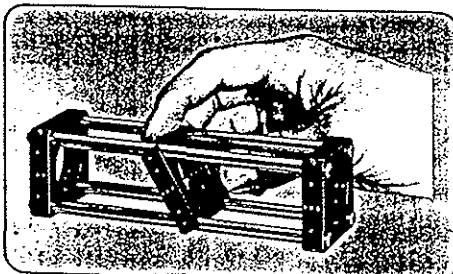
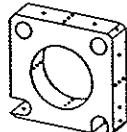
Die Aufnahmeplatten werden auf Stangen aufgereiht und erlauben es, zahlreiche gefaßte optische Bauelemente hintereinander anzuordnen. Sie können auf den Stangen verschoben und mit den Stellringen oder den Schrauben fixiert werden.

Alle Plattenelemente sind aus einer korrosionsfesten Aluminiumlegierung gefertigt, eloxiert und schwarz eingefärbt.

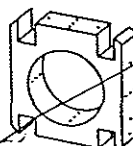


Aufnahmeplatte, schwenk- und einklückbar 2 06 1020

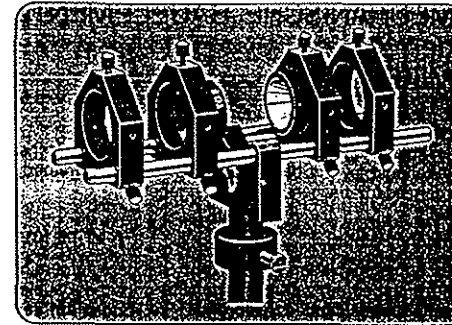
Mit Bohrung $\varnothing 25$ mm. Sie dient dem gleichen Zweck wie die einfache Aufnahmeplatte, kann jedoch nicht nur fest eingebaut werden, sondern auch zeitweilig aus dem Aufbau ausgeschwenkt und nachträglich in den Aufbau eingefügt oder aus ihm entfernt werden, ohne daß der Aufbau ganz oder teilweise zerlegt werden muß.



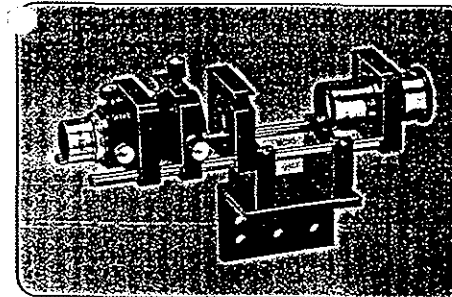
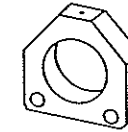
Aufnahmeplatte mit offenen Stangenbohrungen 2 06 1030



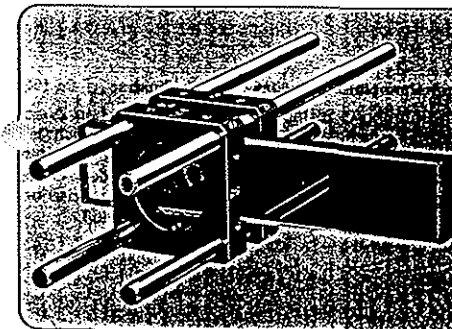
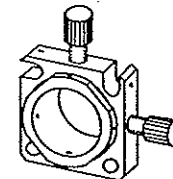
Aufbaubeispiele



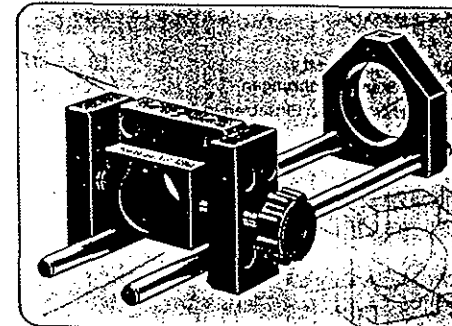
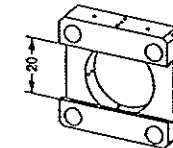
Aufnahmeplatte mit zwei Bohrungen 4 06 1040
Einfaches Aufnahmeelement für alle Bauelemente mit $\varnothing 25$ mm. Es können jedoch keine Eckverbinder montiert werden.



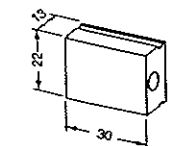
Zentrieraufnahmeplatte 1 06 5010
Sie erlaubt die Aufnahme sämtlicher Fassungen mit dem Außendurchmesser 25 mm. Der Zentriereinsatz kann durch zwei Schrauben verstellt werden. Der ganze Zentriereinsatz ist drehbar.



Aufnahmeplatte mit Schlittenführung 1 06 1050
Mit Bohrung $\varnothing 25$ mm. Sie ermöglicht es, gefaßte Glas- teilungen, Spaltblenden oder dergleichen in dem Querschlitten quer oder senkrecht zur optischen Achse des Aufbaues zu verschieben.



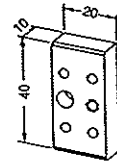
Querschlitzen 2 06 1051
Ungebohrt, zum Einpassen beliebiger optischer Bauelemente wie Glas- teilungen, Spaltblenden oder dergleichen in eigener Werkstatt. Er gestattet das Verschieben der Bauelemente in den Aufnahmeplatten mit Schlittenführung quer oder senkrecht zur optischen Achse. Verschlebeweg ± 5 mm.



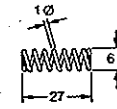
Aufbaubeispiele



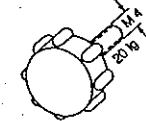
Lagerleiste ② 06 1052
Zur Aufnahme der Druckfeder und der Druckschraube für die Querschlitzenverstellung.



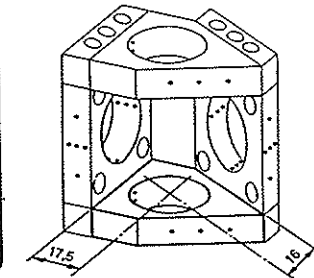
Druckfeder ② 06 1053
27 x 6 x 1 für die Querschlitzenverstellung



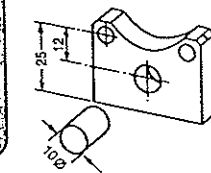
Druckschraube für die Querschlitzenverstellung ① 55 0003



Umlenkplatte ② 06 1060
Sie ermöglicht die Umlenkung der optischen Achse um 60°. Wie die Aufnahmeplatte ist sie mit einer Bohrung Ø 25 mm zur Aufnahme der Reduzierfassungen versehen. Die Aufnahmeplatten werden über die Eckverbinder an die Umlenkplatten angeschraubt.



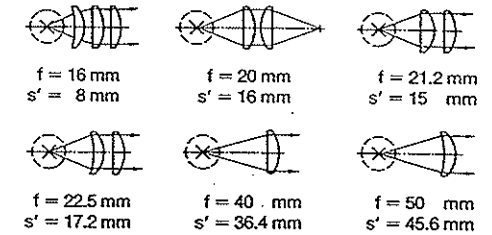
Stangenhalter ⑥ 06 1230
Er ermöglicht es, die auf Stangen aufgereihten Versuchsaufbauten auf die Grundplatte (Bankplatte/Bankwinkel) oder über Stifte auf Optische Bänke zu montieren. Er ist mit einer Bohrung zur Aufnahme der Meßschrauben versehen. Beigefügt ist ein Einsatz, der als Amboß oder Federaufnahme für die Feinverstellung dient.



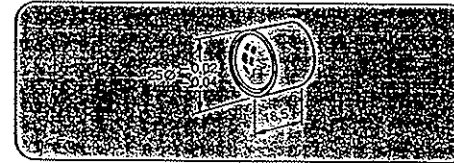
Aufbaubeispiele



Kombinations-Kondensor, f = 16 mm ⑩ 06 3010
aus Kronglas, Meniskuslinse hitzebeständig in Fassung C Ø 25 mm; Öffnung 21,4 mm; bestehend aus:
2 Plankonvexlinsen f = 40 mm Nr. 31 2214
1 Konkavkonvexlinse f = 50 mm Nr. 31 5505
Es ergeben sich folgende Kombinationsmöglichkeiten:

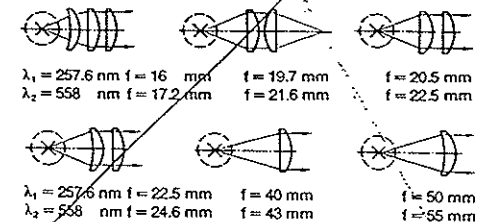


Ein Flachschlüssel für den Linsenwechsel wird mitgeliefert.

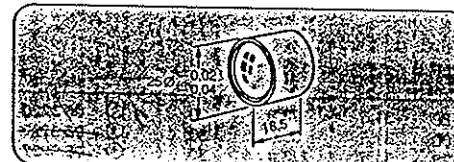


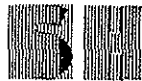
06 3011

UV-Kombinations-Kondensor, f = 16 mm
aus Spectrosil B; hitzebeständig und UV-durchlässig in Fassung C Ø 25 mm; Öffnung 21,4 mm; bestehend aus:
2 Plankonvexlinsen f = 40 mm Nr. 31 2266
1 Konkavkonvexlinse f = 50 mm Nr. 31 5506
Es ergeben sich folgende Kombinationsmöglichkeiten:



Ein Flachschlüssel für den Linsenwechsel wird mitgeliefert.





Strichgitter $n = 10/\text{mm}$
in Fassung C Ø 25 mm
Öffnung der Gitterfläche Ø 8 mm
Beugungsgitter für die Abbesche Abbildungstheorie

04 0173

Strichplatten in Fassung C Ø 25 mm
5 mm in 200 Teile
10 mm in 200 Teile

1 ① 06 3510
① 06 3511

Strichplatten in Fassung C Ø 25 mm
Kreuz $2 \times 3 \text{ mm}$; 5μ
Kreuz $5 \times 7.5 \text{ mm}$; 10μ
Öffnung Ø 17 mm

06 3512
1 ① 06 3513

Strichplatte in Fassung C Ø 25 mm
Kreuz, 12μ durchgehend
Öffnung Ø 17 mm

① 06 3514

Oberflächenstreuhscheibe (Mattglasscheibe) ① 06 3520
in Fassung C Ø 25 mm, Öffnung Ø 21.4 mm
Volumenstreuhscheibe (Opalglasscheibe) 06 3521
in Fassung C Ø 25 mm, Öffnung Ø 21.4 mm

Polarisationsfilter
In Fassung C, Öffnung Ø 21.4 mm
Gesamtdurchlässigkeit zweier Filter
in Hellstellung $\approx 20\%$
Gesamtdurchlässigkeit zweier Filter
in Dunkelstellung $\approx 0,005\%$

2 ② 06 3410

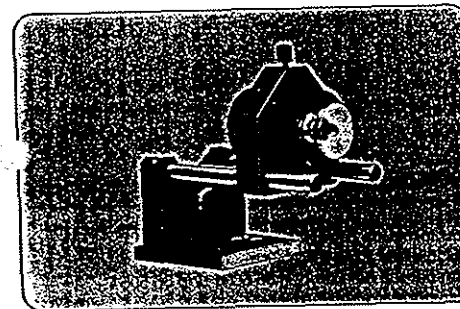
Viertelwellenplatte
In Fassung C, Öffnung Ø 21.4 mm
 $\lambda/4$ -Folie für 480...640 nm.
In Verbindung mit dem Polarisationsfilter 06 3410
zur Erzeugung von zirkular polarisiertem Licht.

06 3411

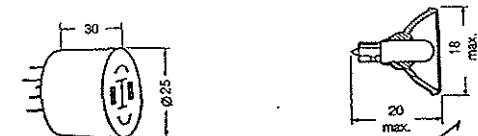
Küvette in Aufnahmeplatte
Öffnung Ø 25 mm
für Gasdurchsatz; mit Anschlußschläuchen;
zur Darstellung der Brownschen Molekularbewegung.

06 5011

LICHTQUELLEN UND ZUBEHÖR ZUR MIKROBANK



Einbaubeispiel in die Mikrobank

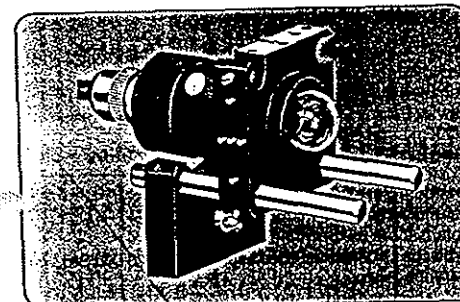


Fassungsbaustein F9
für Miniwattlampe 6 V / 1 W mit Sockel W2x4,6 d
Federklammern versilbert, Gesamtlänge 30 mm
Passend zu den Bausteinen der Opto-Elektronik,
siehe Katalog 122.

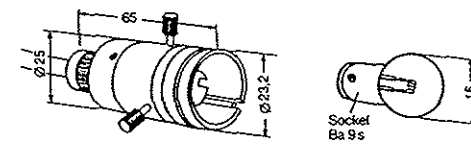
12 2403

Miniwatt-Lampe mit Reflektor 6 V / 1 W
für opto-elektronische Anwendungen
Lampenkolben mattiert, Brennspannung 6-7 V
Stromstärke 0,165 A, Leistung 1 W,
Glassockel W2x4,6 d

12 2205



Einbaubeispiel in die Mikrobank

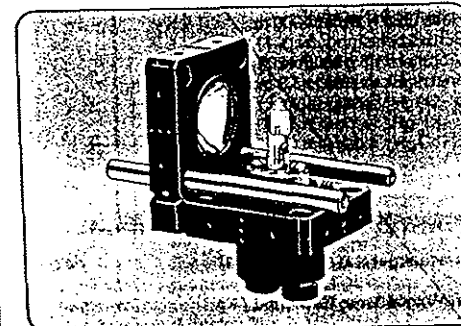


Zentrierbare Lampenfassung
für Lampe 06 5044, Außendurchmesser: 25 mm, Länge
ohne Kabel: 65 mm, Kabellänge: 500 mm, Bananen-
stecker, Stecksockel Ba 9s.

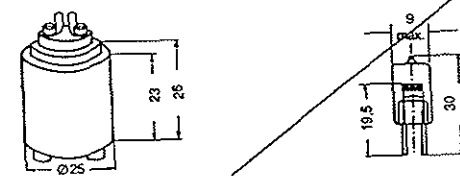
1 06 5043

Lampe 6 V/6 W
Leuchtfeld $1 \times 1,2 \text{ mm}$; Sockel Ba 9s.

1 06 5044



Einbaubeispiel in die Mikrobank

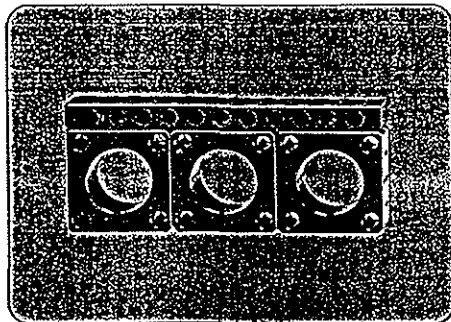


Fassung für Halogen-Glühlampe 10 W
zum Einsetzen in die Aufnahmeplatten der Mikrobank.
Elektr. Anschluß: Laborbuchsen Ø 4 mm.

06 5052

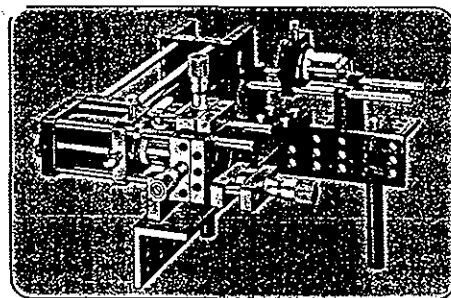
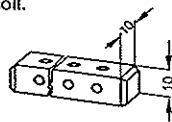
Halogen-Glühlampe 6 V/10 W
Sockel G 4, Leuchtkörper $1,7 \times 0,65 \text{ mm}$,
Lichtstrom 200 lm.
Brennstellung: senkrecht $\pm 90^\circ$

06 5051

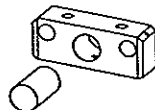


- Eckverbinder, 40 mm lang 6 06 1110
 Eckverbinder, 80 mm lang 4 06 1120
 Eckverbinder, 120 mm lang 2 06 1130

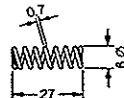
Mit den Eckverbindern können die Aufnahmeplatten rechtwinklig aneinandergeschlossen werden, wenn die optische Achse rechtwinklig umgelenkt oder eine Strahlenteilung vorgenommen werden soll. Überdies können mit den Eckverbindern die Aufnahmeplatten an die Umlenkplatten angeschlossen werden, wenn die optische Achse um einen Winkel von 60° umgelenkt werden soll.



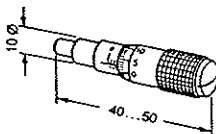
- Halter für Meßschraube 2 06 1158
 Mit dem beigefügten Einsatz auch als Gegenlager zu verwenden. Er kann an eine Aufnahmeplatte geschraubt oder auf Stangen befestigt werden. Der Einsatz dient als Amboß oder als Druckfeder-Aufnahme.



- Druckfeder, $60 \times 8 \times 0,7$ 4 06 1159
 Sie ist in der Federaufnahme des Halters für Meßschraube oder auf den Stangen zu verwenden.

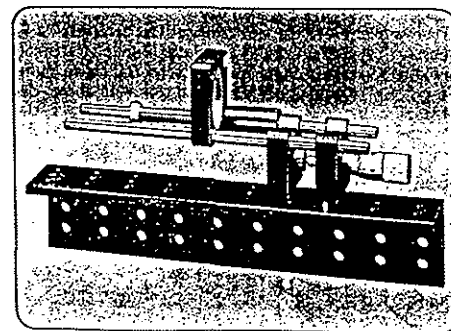


- Meßschraube 1 06 1157
 Meßbereich 10 mm, 0,01 mm Trommelteilung. Sie kann sowohl im Halter für Meßschraube als auch im Stangenhalter befestigt werden.

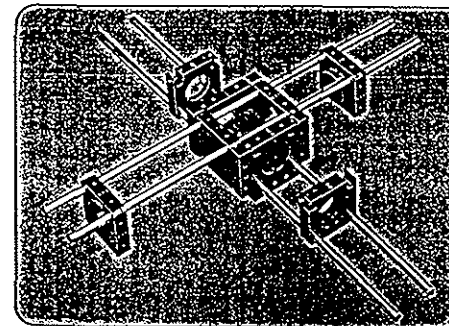


- Satz Stellringe (30 Stück) 3 06 1220
 Sie werden als Halte- oder Anschlagvorrichtung für die auf den Stangen aufgereihten mechanischen Bauelemente verwendet.

- Stellring desgl. wie 06 1220; 1 Stck. 10 06 1220-901

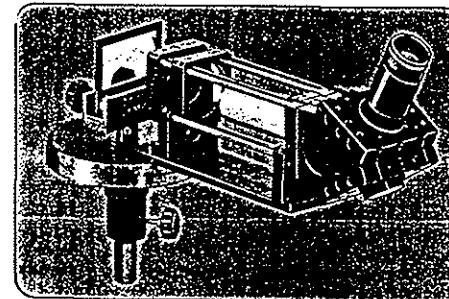
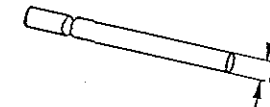


Aufbaubeispiele

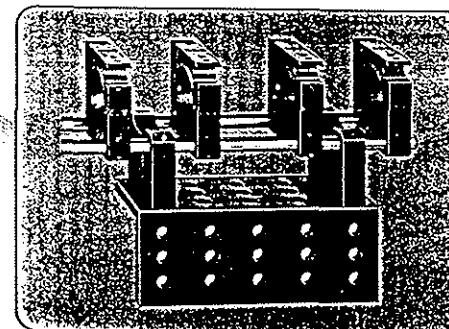
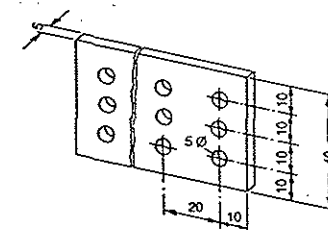


- Stange, 75 mm lang 4 06 1209
 Stange, 150 mm lang 4 06 1210
 Stange, 300 mm lang 4 06 1211
 Stange, 450 mm lang 4 06 1212

Die Stangen sind aus rostfreiem Stahl, induktiv gehärtet und geläpft. Sie stellen das Gerüst der Mikrobank dar. Auf ihnen werden die mechanischen Bauelemente aufgereiht. Linearität: 0,2 mm/m (linear abnehmend).

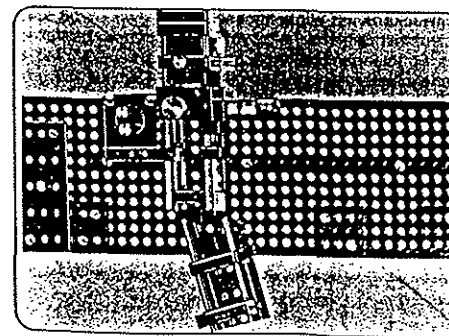
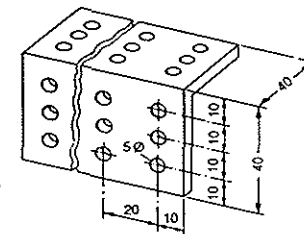


- Bankplatte, 40 mm lang, gelocht 2 06 1310
 Bankplatte, 140 mm lang, gelocht 2 06 1311



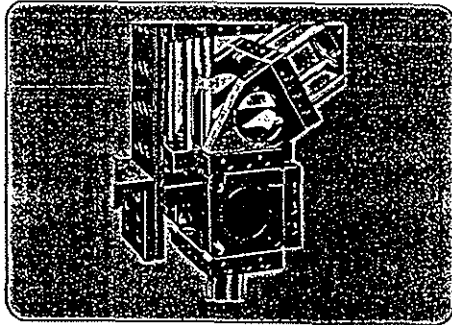
- Bankwinkel, 40 mm lang, gelocht 1 06 1320
 Bankwinkel, 100 mm lang, gelocht 1 06 1321
 Bankwinkel, 200 mm lang, gelocht 1 06 1322
 Bankwinkel, 300 mm lang, gelocht 1 06 1323

Für die auf Stangen aufgereihten Versuchsaufbauten werden die Bankplatten und Bankwinkel miteinander zu festen ebenen oder räumlichen Grundgerüsten verbunden.

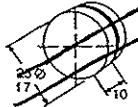


Aufbaubeispiele

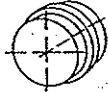
- Grundplatte, 120×460 mm 06 5038
 Mit Rasterbohrungen für die Stangenhalter und Bankplatten. Sie kann direkt auf einen Tisch gestellt oder mit Stiften versehen auf eine Optische Bank montiert werden. Beigefügt ist ein Spezialschraubendreher, 20 mm lang (06 5039).



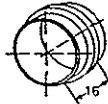
Fassungsrohr, 2 06 1610
 Ø 25 mm. Nach entsprechender Bearbeitung in eigener Werkstatt können beliebige optische Bauelemente wie Geradsichtsdispersions- oder Polarisations-Prismen, Umkehrprismen, Linsen, Spiegel, Filter, Testplatten, Fotowiderstände, Lampenfassungen oder dergl. darin gefaßt werden.



Fassungsrohr mit Anschlagring 2 06 1615
 Er bietet die gleichen Möglichkeiten wie der zuvor genannte Fassungsrohr, nur daß der Anschlagring es erlaubt, das optische Bauelement nach seiner Entfernung aus dem Aufbau stets wieder in die gleiche Position zu bringen.

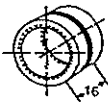


Reduzierfassung mit Anschlagring 2 06 1635
 Ø 25 mm, für Einsteck-Okulare. Zum Einsetzen von handelsüblichen Mikroskop-Okularen mit Außendurchmesser 23,2 mm in Aufnahmeplatten. Auch als Prismenträger verwendbar.

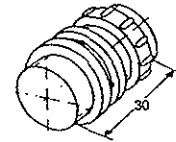


Reduzierfassung, 1 06 1620
 Ø 25 mm, für Mikroskop-Objektive, mit Normgewinde W 0,8" x 1/36" (Gewinde-Außendurchmesser 20,25 mm). Mit dieser Reduzierfassung können handelsübliche Mikroskop-Objektive in Aufnahmeplatten eingesetzt werden. Auch als Prismenträger verwendbar.

Reduzierfassung mit Anschlagring 1 06 1625
 desgl. wie 06 1620 jedoch mit Anschlagring



Prismenträger 1 06 5003
 Er besteht aus einem Gewindebolzen mit Fassungsring Ø 25 mm und Kontermutter. Er ermöglicht das Einsetzen von Umlenksprismen, Teilerwürfeln, 30°-Prismen oder dergleichen in den Strahlengang. Die optischen Bauelemente werden entweder auf die Stirnfläche des Gewindebolzens geklebt oder zwischen zwei Gewindebolzen geklemmt.



Aufbaubeispiele

Satz Gewindestifte M 2,3 x 3 1 06 1011
 (150 Stück) für Aufnahmeplatten
Satz Gewindestifte M 2,3 x 6 1 06 1012
 (150 Stück) für Aufnahmeplatten
Satz Gewindestifte M 4 x 12 1 06 1233
 (6 Stück) für Stift mit Gewindebohrung

Spezialzylinderschraube M 2,3 x 4 10 06 1013
Spezialzylinderschraube M 2,3 x 9 10 06 1014

Satz Schrauben M 2,3 x 5 1 06 1111
 (200 Stück) für Eckverbinder
Satz Schrauben M 4 x 10 1 06 1231
 (30 Stück) für Bankplatten
Satz Schrauben M 4 x 15 1 06 1232
 (20 Stück)

Satz Sechskant-Muttern M 2,3 1 06 1236
 (20 Stück)
Satz Sechskant-Muttern M 4 1 06 1235
 (20 Stück)

Spezialschraubendreher 06 5039
 20 mm lang; Schneidenbreite 1,8 mm



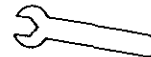
Schraubendreher, 1 06 1090
 Schneidenbreite 1,8 mm



Schraubendreher, 1 06 1091
 Schneidenbreite 4 mm
Schraubendreher, 1 06 1092
 Schneidenbreite 6 mm



Einmautschlüssel, 1 06 1085
 Schlüsselweite 7 mm

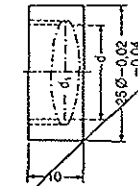


Flachschlüssel für Vorschraubring M 23,2 x 0,75 für Fassung CL 22,4 1 06 3010-017
 Kondensor 06 3010 und Strahlentafel 06 5049.



Fassung CL für Linsen mit Ø d_i

Fassung	Ø d _i (mm)	Ø d (mm)	Linsenranddicke min. max.		Bestell-Nr.
CL 6	5	1	4		06 3649
CL 10	9	1	4		06 3650
CL 12,5	11,5	1	4		06 3652
CL 18	17	1	4		06 3653
CL 19	17	1	4		06 3661
CL 22,4	21,4	1	6		06 3651

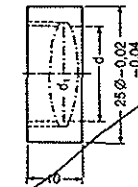


Vorschraubring M 23,2 x 0,75 1 06 3410-012
 Gewindering für Fassungen CL 22,4 mit Fassungsweite M 23,2 x 0,75 und für Kondensor 06 3010

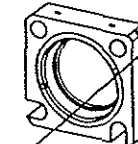


Fassung CA für Achromate mit Ø d_i

Fassung	Ø d _i (mm)	Ø d (mm)	Linsenranddicke min.	max.	Bestell-Nr.
CA 6	6	5	2	5	06 3654
CA 8	8	7	2	5	06 3655
CA 10	10	9	3	6	06 3656
CA 12,5	12,5	11,5	4	7	06 3657
CA 18	18	17	3	6	06 3658



Aufnahmeplatte als Fassung für Linsen, Ø 25,4 mm 06 3662
Aufnahmeplatte als Fassung für Linsen, Ø 31,5 mm 06 3660
Aufnahmeplatte als Fassung für Achromate, Ø 31,5 mm 06 3659
 Diese Fassungen entsprechen den Aufnahmeplatten 06 1020 und ermöglichen das Selbstfassen anderer bereits vorhandener Bauteile.



OPTISCHE BAUELEMENTE der MIKROBANK

- Die im Kasten O enthaltene Stückzahl optischer Bauteile ist jeweils bei der Einzelelementbeschreibung in dem Kreis angegeben.

Bikonvexlinsen, aus Kronglas in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
10	10	9.9	9	① 06 3019
12,5	12,5	11.4	11.5	① 06 3032
16	18	14.5	17	① 06 3033
20	22.4	17.0	21.4	② 06 3020
25	22.4	23.0	21.4	1 ② 06 3021
30	22.4	28.0	21.4	② 06 3022
40	22.4	38.0	21.4	② 06 3023
50	22.4	48.5	21.4	② 06 3024
60	22.4	58.8	21.4	1 ② 06 3025
80	22.4	79.0	21.4	② 06 3026
100	22.4	99.0	21.4	② 06 3027
150	22.4	148.7	21.4	① 06 3028
200	22.4	200.0	21.4	① 06 3029

Bikonvexlinsen, aus Spectrosil B in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% λ = 257,6 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
25	22.4	22.5	21.4	06 3030
80	22.4	79.1	21.4	06 3031

Bikonvexlinsen, aus IRGN 6 in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% λ = 1530 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
12,5	12,5	10.0	11.5	06 3034
20	12,5	18.4	11.5	06 3035

Bikonvexlinsen, aus BK 7, unsymmetrisch*) in Fassung C Ø 25 mm, breitbandentspiegelt

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
10	6	8.90	5	06 3092
20	10	18.80	9	06 3093
30	18	27.83	17	06 3094

Bikonvexlinsen, aus BK 7, unsymmetrisch*) in Aufnahmeplatte 06 3660, breitbandentspiegelt

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
100	31.5	97.72	30	06 3089
150	31.5	147.75	30	06 3090
200	31.5	198.75	30	06 3091

*) weitere Einzelheiten siehe Katalog 31

Bikonvexlinsen, aus Kronglas in Aufnahmeplatte 06 3660

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
40	31.5	38.5	30	06 3015
50	31.5	48.8	30	1 06 3016
70	31.5	68.6	30	06 3017
90	31.5	89.4	30	06 3018

Plankonvexlinsen, aus Kronglas in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
15	10	12.8	9	① 06 3039
20	12,5	17.5	11.5	② 06 3040
25	12,5	22.8	11.5	② 06 3041
30	18	27.1	17	② 06 3042
40	22.4	36.4	21.4	1 ② 06 3043
50	22.4	47.4	21.4	② 06 3044
60	22.4	58.1	21.4	② 06 3045
80	22.4	77.6	21.4	1 ② 06 3046
100	22.4	97.8	21.4	② 06 3047
150	22.4	147.6	21.4	1 ① 06 3048
200	22.4	197.7	21.4	① 06 3049

Plankonvexlinsen, aus Spectrosil B in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% λ = 257 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
40	22.4	35.5	21.4	06 3050

Plankonvexlinsen, aus Kronglas in Aufnahmeplatte 06 3660

f (mm) ± 5% λ = 588 nm	Linien- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
60	31.5	56.5	30	1 06 3037
100	31.5	96.8	30	06 3038



Asphärische Kondensorlinsen aus Kronglas in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
15	18	10	17	06 3095
18	22.4	12	21.4	06 3097

Asphärische Kondensorlinsen aus Kronglas in Aufnahmeplatte 06 3660

27	31.5	19	30	06 3096
----	------	----	----	---------

Konkavkonvexlinsen aus Kronglas in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
50	22.4	45.6	21.4	06 3076

Konkavkonvexlinsen aus Spectrosil B

f (mm) ± 5% $\lambda = 257,6 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
50	55	22.4	45.8	06 3077

Bikonkavlinsen aus Kronglas in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
-20	22.4	-20.2	21.4	06 3058
-30	22.4	-30.6	21.4	06 3059
-40	22.4	-40.2	21.4	06 3060
-50	22.4	-50.2	21.4	06 3061
-100	22.4	-100.0	21.4	06 3062
-150	22.4	-149.6	21.4	06 3063

Plankonkavlinsen aus Kronglas

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
-10	6	-11.0	5	06 3074
-16	10	-17.0	9	06 3075
-40	22.4	-40.8	21.4	06 3070
-50	22.4	-51.5	21.4	06 3071
-100	22.4	-101.0	21.4	06 3072
-150	22.4	-150.7	21.4	06 3073



Achromate, breitbandentspiegelt in Fassung C Ø 25 mm

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
10	6	9.0	5	06 3120
16	8	14.4	7	06 3121
20	10	18.6	9	06 3122
25	12.5	22.3	11.5	06 3123
30	12.5	27.5	11.5	06 3130
35	12.5	32.3	11.5	06 3131
40	18	35.7	17	06 3127
50	18	46.3	17	06 3125
60	18	56.6	17	06 3126
80	18	77.3	17	06 3128
100	18	97.0	17	06 3129

Achromate mit negativer Brennweite in Fassung C Ø 25 mm, breitbandentspiegelt

-20	8	-21.35	7	06 3198
-50	18	-52.4	17	06 3191

Achromate, breitbandentspiegelt in Aufnahmeplatte 03 3659

f (mm) ± 5% $\lambda = 588 \text{ nm}$	Linse- Ø (mm) h 11	Schnitt- weite s' (mm)	Öffnung Ø (mm)	Bestell-Nr.
80	31.5	73.8	30	06 3220
100	31.5	95.0	30	06 3221
120	31.5	113.4	30	06 3222
140	31.5	135.8	30	06 3228
160	31.5	155.4	30	06 3223
200	31.5	196.5	30	06 3224
250	31.5	247.2	30	06 3225
300	31.5	297.3	30	06 3226
400	31.5	397.6	30	06 3229
600	31.5	595.3	30	06 3230
1330	31.5	1326.3	30	06 3231

Achromate mit negativer Brennweite in Aufnahmeplatte 06 3659

-100	31.5	-103.8	30	06 3270
------	------	--------	----	---------