

The diagram illustrates the optical path of the Elmiskop I microscope. It features a vertical column of yellow lenses and green light cones. The light enters from the top, passes through a series of lenses and mirrors, and is focused onto a specimen. The diagram is set against a dark blue background, with a black rectangular area on the left side of the central column.


SIEMENS
MESSTECHNIK



ELMISKOP I

Das Titelbild zeigt Martensit und Restaustenit in einem Fe-Ni-Stahl
(Durchstrahlungsaufnahme)
Elektronenmikroskopische Vergrößerung 10 000 : 1
Gesamtvergrößerung 18 000 : 1
Strahlspannung 80 kV
Die Aufnahme wurde uns freundlicherweise von
Herrn Dr. Pitsch, Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf,
zur Verfügung gestellt

INHALT

BESCHREIBUNG

Der Strahlerzeuger	3
Die Objektschleuse	4
Der Objektisch	4
Das Abbildungssystem	4
Endbild und Aufnahme	6
Die elektrischen Bedienungselemente	7
Die Hebe- und Schwenkvorrichtung	8
Der Netzanschlußschrank	8
Die Vakuumanlage	9

WICHTIGE EINZELHEITEN

Die Strahlspannungen	10
Der Feinstrahlkondensor	10
Objektiv mit Stigmator	11
Die Zwischenlinse	11

LEISTUNG

Vergrößerung	14
Hell- und Dunkelfeldbilder	15
Stereoskopische Aufnahmen	18
Beugungsdiagramme kristalliner Objekte	19
K'einfeld-Beugungsdiagramme	21
Beugungsaufnahmen mit definierten Bragg-Reflexen	21
Beugungsaufnahmen bei streifender Bestrahlung	21
Simultanbeugung nach Riedmiller	22

TECHNISCHE DATEN 23

Empfehlungen hinsichtlich des Mikroskopraumes	24
Gewichte	24

ZUSATZEINRICHTUNGEN 24

Hauptmaße des Mikroskopstativs	} 3. Umschlagseite
Hauptmaße des Netzanschlußschrankes	

ELMISKOP I

SIEMENS-ELEKTRONEN-MIKROSKOP

NACH E. RUSKA UND B. v. BORRIES

STRAHLSPANNUNG 40 BIS 100 kV

SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT
WERNERWERK FÜR MESSTECHNIK

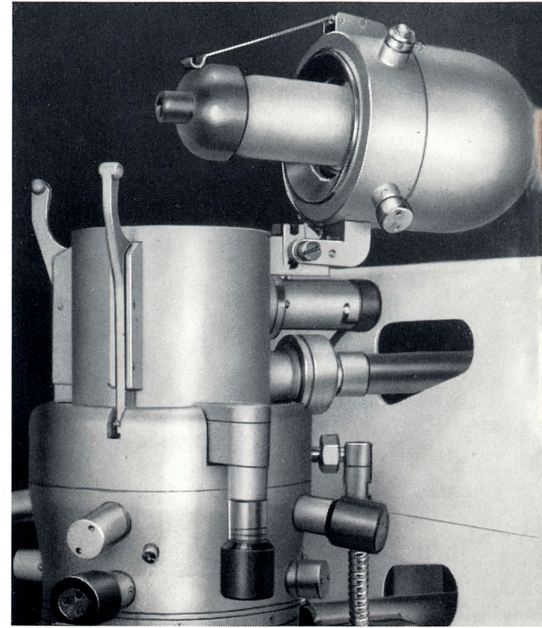
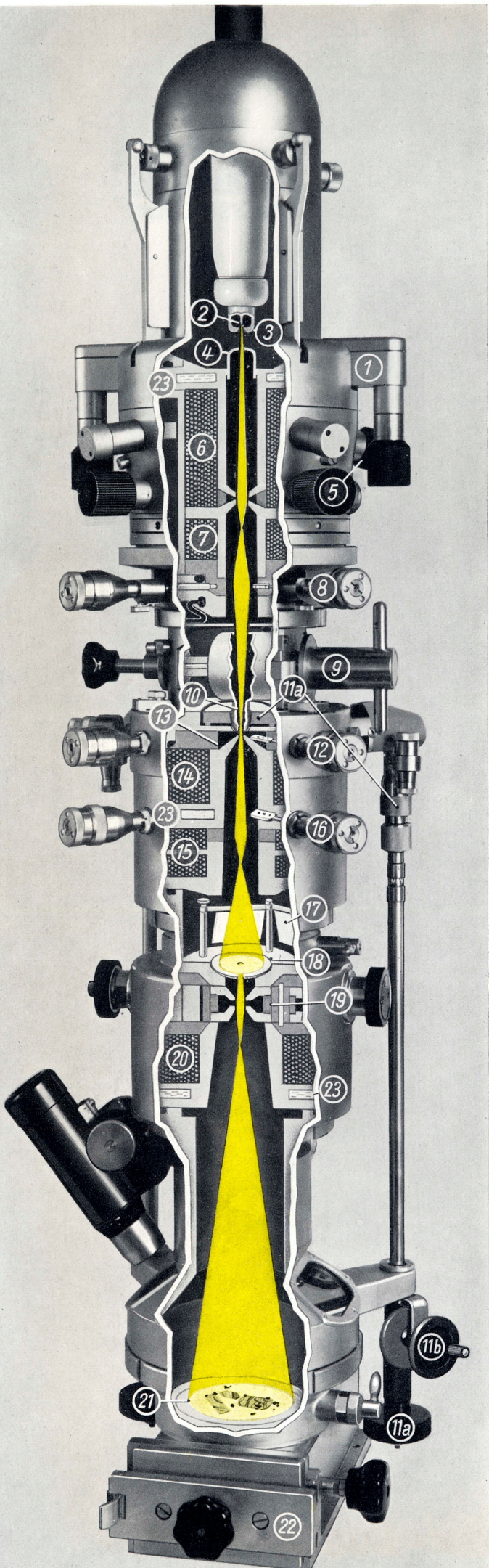


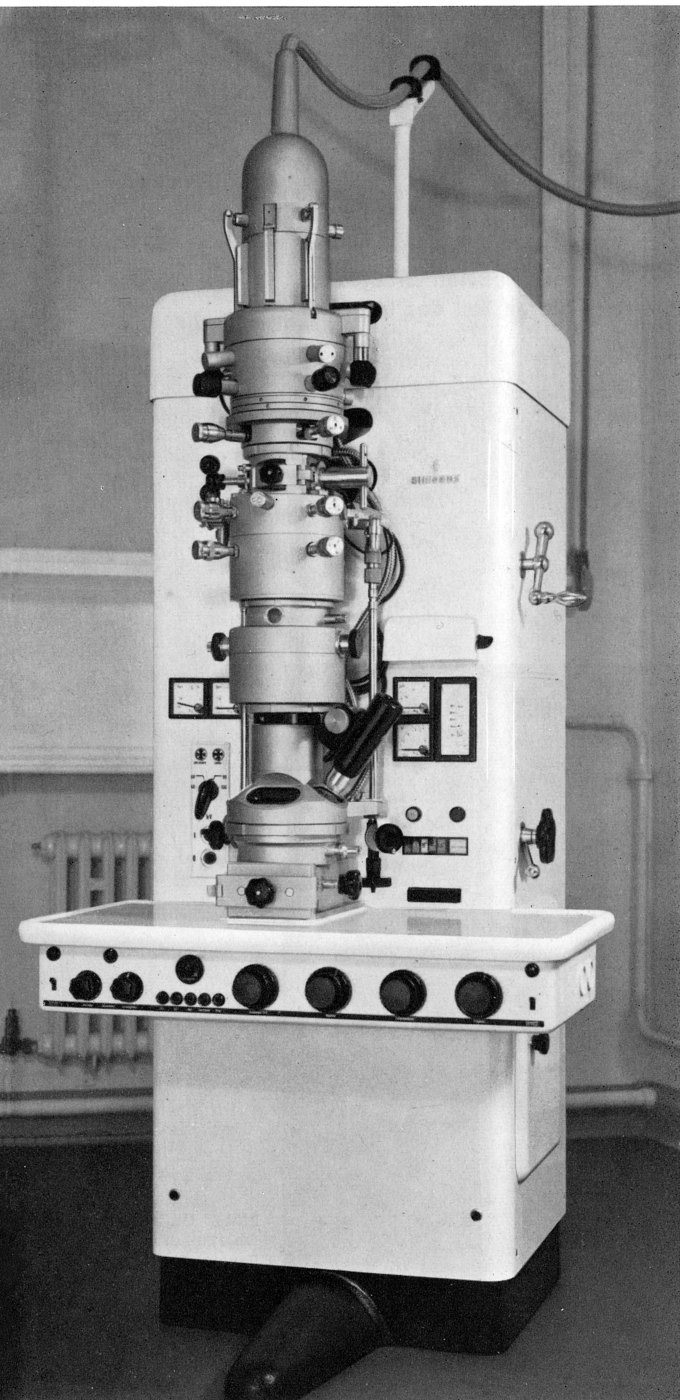
Bild 2 Der Strahlkopf lässt sich abkippen, Kathodenteil und Steuerblende werden dann sichtbar

Bild 1 Mikroskopröhre, aufgeschnitten

- ① Stelltriebe zum Justieren der Strahlquelle
- ② Glühkathode
- ③ Steuerblende
- ④ Anode
- ⑤ Schwenk- und Verschiebungstriebe
- ⑥ Kondensorwicklung 1
- ⑦ Kondensorwicklung 2
- ⑧ Kondensorblendentrieb
- ⑨ Schleusengriff
- ⑩ Objektpatrone
- ⑪a Objektisch und Feinverstellung
- ⑪b Schnelltrieb
- ⑫ Objektivblendentrieb
- ⑬ Sitz des Stigmators
- ⑭ Objektivwicklung
- ⑮ Zwischenlinsenwicklungen
- ⑯ Zwischenlinsenblendentrieb
- ⑰ Zwischenbildspiegel
- ⑱ Zwischenbildschirm
- ⑲ Polschuhrevolver und Triebe
- ⑳ Projektivwicklung
- ㉑ Endbildschirm
- ㉒ Aufnahmekammer
- ㉓ Wasserkühlung

Beschreibung

Bild 3 Das Stativ mit der Mikroskopröhre



Im ELMISKOP I sind Erfahrungen ausgewertet worden, die bis zum Anfang der Elektronenmikroskopie zurückreichen und Jahrzehnte hindurch ständig bereichert und erweitert wurden. Dazu hat vor allem auch der Gedankenaustausch mit den Forschern in aller Welt beigetragen, die, mit Siemens-Elektronen-Mikroskopen arbeitend, die Technik des Präparierens und Mikroskopierens ausgebaut und ihren verschiedenartigen Arbeitsgebieten angepaßt haben. Das ELMISKOP I ist daher ein hoch leistungsfähiges und universell ausgelegtes Arbeitsgerät, das sich sowohl für die Durchführung von Forschungsarbeiten als auch für die Aufgaben der Betriebskontrolle eignet. So weitgehend auch die Bedienung zugunsten eines raschen und sicheren Arbeitens vereinfacht worden ist, so wurde doch auf nichts der Bequemlichkeit wegen verzichtet, was der Güte und Vielseitigkeit der elektronenmikroskopischen Arbeiten zugute kommen könnte.

Schon die äußere Form drückt die konstruktiven Grundgedanken aus. Die senkrecht angeordnete Mikroskopröhre steht, übersichtlich und von allen Seiten zugänglich, auf einem Tisch, der vom Stativ frei getragen wird (Bild 3). Konstruktiv lediglich durch die Wirkungsweise und die elektronenoptischen Arbeitsverfahren bestimmt, läßt ihre Form schon die Gliederung und die Zuordnung der verschiedenen Bauteile und Einstellglieder erkennen (Bild 1).

Diese von uns von Anfang an gewählte konstruktive Grundkonzeption hat sich so bewährt, daß sie sich heute für Höchstleistungsgeräte allgemein durchgesetzt hat.

Der Strahlerzeuger

Die Strahlspannung wird durch ein abgeschirmtes Kabel berührungssicher über einen Stecker am oberen Ende der Mikroskopröhre in den Strahlkopf eingeführt. In diesem entsteht aus einer Glühkathode der nahezu parallele Strahl schneller Elektronen, der zur Objektuntersuchung erforderlich ist. Die Glühkathode besteht aus einem haarnadelförmig gebogenen Wolframdraht. Dieser ist auf einem Stecker so befestigt, daß seine Spitze zur Bohrung einer Steuerblende zentriert ist. Der Strahlkopf läßt sich zum Auswechseln der Glühkathode abkippen. Es werden dann (Bild 2) der Kathodenteil und die durchbohrte Steuerblende sichtbar. In Betriebsstellung liegt die Steuerblende mit 10 mm Abstand der durchbohrten Anode gegenüber. Bild 2 zeigt auch die Übersetzungshebel der Triebe, mit denen Glühkathode nebst Steuerblende zum Justieren des Elektronenstrahls gegenüber der Anode in zwei zueinander senkrechten Koordinaten bewegt werden können, und zwar während des Betriebes. Außerdem ist der Vakuumschalter zu erkennen, der über ein Relais das Einschalten der Hochspannung verhindert, solange die Röhre nicht evakuiert ist.

Der unter dem Strahlkopf liegende Teil des Mikroskoprohres enthält den Feinstrahlkondensor mit seinen beiden magnetischen Linsen, auf den im Teil „Wichtige Einzelheiten“ (Seite 10) näher eingegangen wird. In die zweite Kondensorlinse läßt sich ein Blendschieber mit drei Aperturblenden verschiedenen Durchmessers einführen. Mit zwei Trieben (Bild 1, Ziffer 8) können diese Aperturblenden während des Betriebs gegeneinander ausgetauscht und zur optischen Achse zentriert werden.

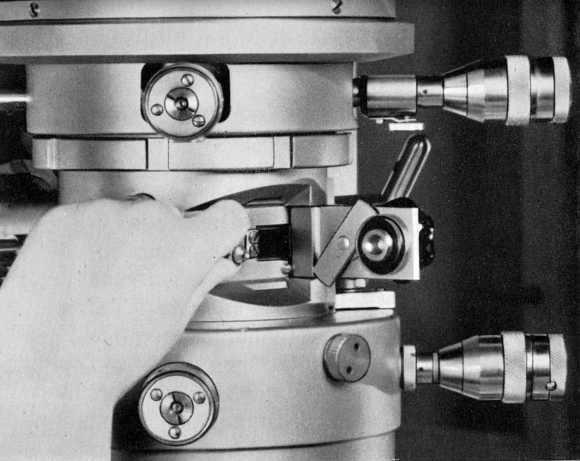


Bild 4 Die Objektpatrone wird in den Halter eingeschraubt

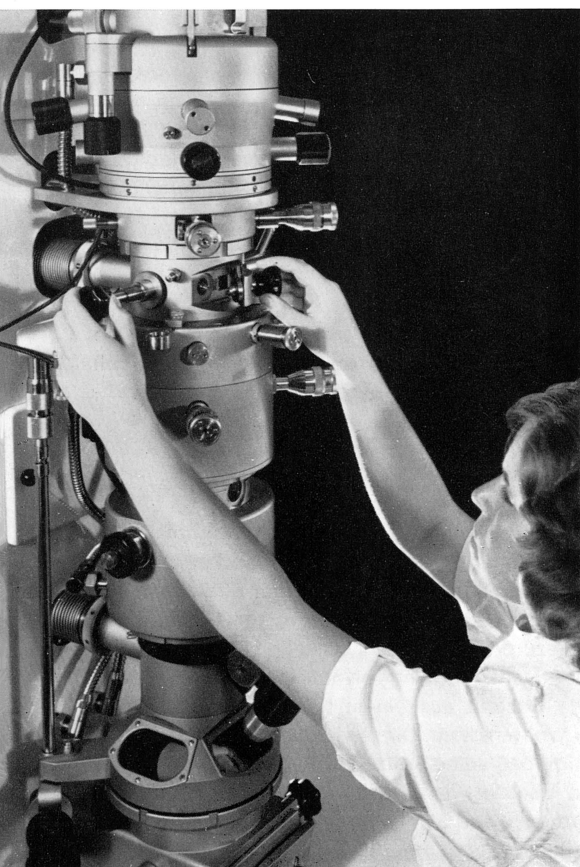
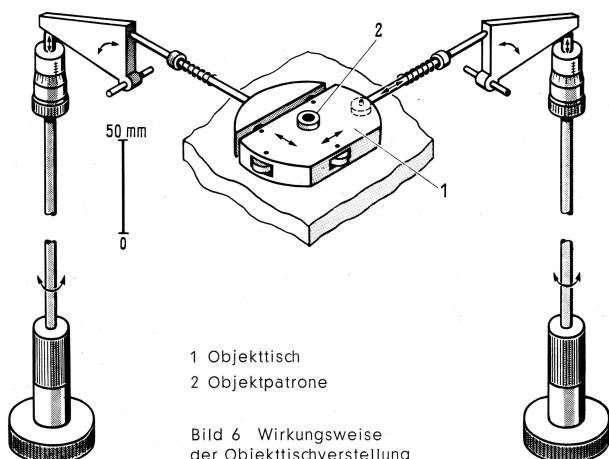


Bild 5 Das Drehen eines Triebes befördert die Patrone weiter



Die Objektschleuse

Die Objektpatronen werden über eine Schleuse mit einer fahrstuhlähnlichen Bewegungsvorrichtung in die konische Bohrung des Objektisches und damit in eine definierte Lage zur Objektivlinse gebracht. Ein Objektwechsel dauert weniger als eine Minute. Beim Ausschleusen empfindlicher Präparate kann der Druck mit einem Ventil langsam ausgeglichen werden. Eine mechanische Verriegelung verhindert bei versehentlichem Öffnen der Tür den Lufteintritt in das evakuierte Mikroskoprohr.

Die Konstruktion der Objektschleuse ermöglicht es grundsätzlich, den Objektabstand einer verlängerten Objektivbrennweite anzupassen.

Der Objektisch

Der am Gerät sitzende Beobachter kann den Objektisch (Bild 7) zum Auswählen des Bildausschnittes mit zwei Drehknöpfen in zwei zueinander senkrechten Richtungen um $\pm 0,8$ mm bewegen (Bild 6). Die Drehbewegungen werden so auf den Tisch übertragen, daß kein Totgang und keine Seitenabweichung auftreten. Zum Durchmustern eines größeren Objektbereiches sind zusätzlich Schnelltriebe angebracht (Bild 1, Ziffer 11b). Die Verschiebung kann an beleuchteten Meßtrommeln abgelesen werden. Ein Skalenteil der Meßtrommel (etwa 1,5 mm) entspricht etwa $1 \mu\text{m}$ Objektverschiebung.

Das Abbildungssystem

Unterhalb des Objektisches liegen die ersten beiden Abbildungslinsen, das Objektiv mit Stigmator und die Zwischenlinse.

Ihr Aufbau und ihre Wirkungsweise werden auf Seite 11 behandelt. Bild 7 zeigt diesen Teil des Mikroskops-

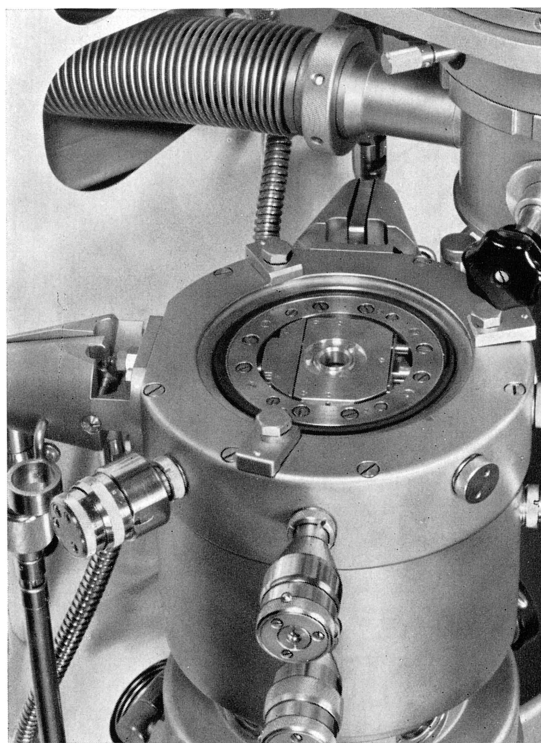
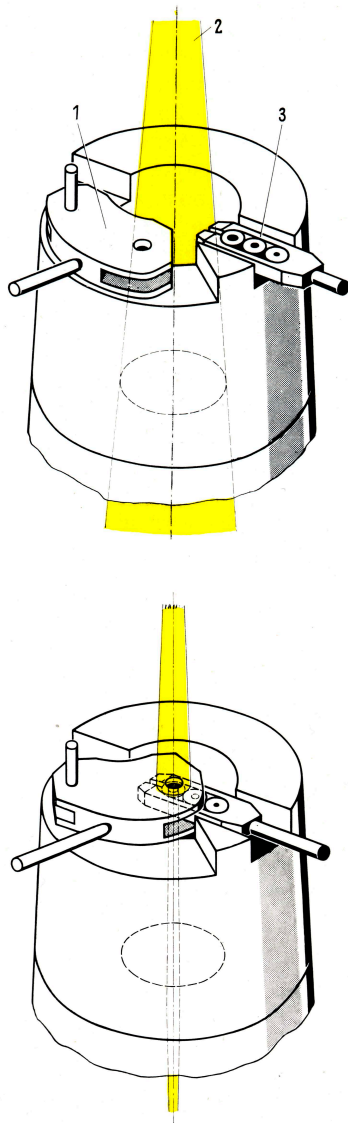


Bild 7 Objektiv mit Objektisch und Bewegungstrieben



- 1 Schwenkblende
- 2 Beugungsbündel geht frei durch Polschuhbohrung
- 3 Blendenschieber

Bild 8 Wirkungsweise der Abblende- und Blendeneinstellung an der Zwischenlinse

rohres mit dem Trieb für den Stigmator und den beiden Triebpaaren für die Blendenschieber. Mit diesen lassen sich je drei Aperturblenden im Feldspalt des Objektivs und vor dem Feldspalt der Zwischenlinse gegeneinander austauschen und zur optischen Achse zentrieren (Bild 8). Bei Beugungsaufnahmen kann aber auch der Weg für das volle Strahlenbündel freigemacht werden. Das von Objektiv und Zwischenlinse vor dem Projektiv entworfene Zwischenbild wird auf einem Bildschirm sichtbar (Bilder 9 und 10). Die dritte Abbildungslinse, das Projektiv, liegt unterhalb des Zwischenbildschirms. Über der Projektivspulenwicklung befindet sich die Polschuh-Revolver-

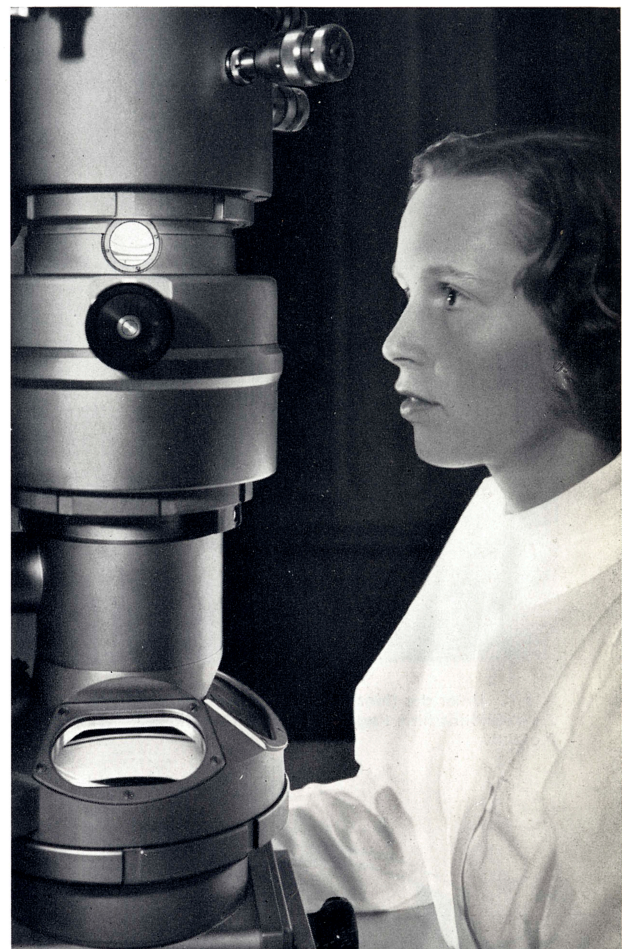


Bild 10 Das Zwischenbild kann von vorn oder von der linken Seite der Mikroskopröhre her durch runde Bleiglasfenster beobachtet werden

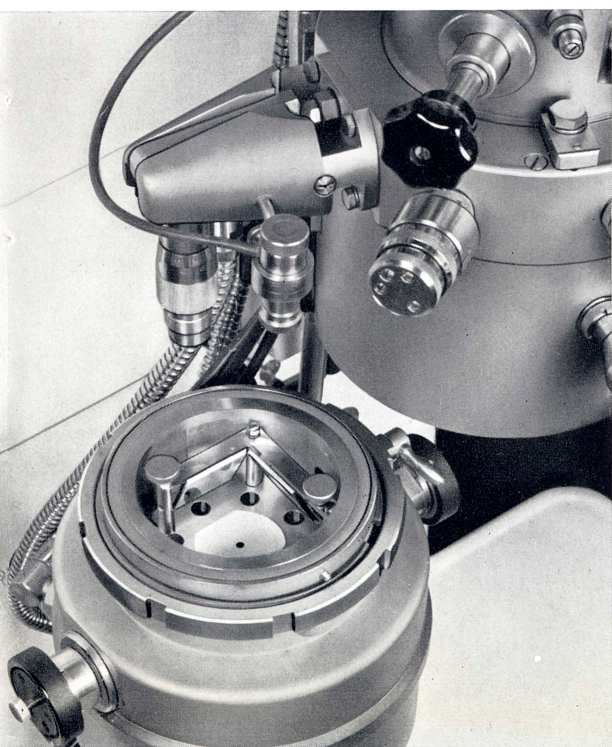


Bild 9 Der Zwischenbildschirm ist zentral durchbohrt, trägt eine Kreismarkierung und kann aus dem Strahlengang geklappt werden. Er wird über die beiden schräggestellten Spiegel betrachtet

trommel (Bild 11) mit vier verschiedenen Polschuhsystemen. Damit lassen sich vier Vergrößerungsbereiche des Projektivs einstellen. Die Bohrung eines dieser Polschuhsysteme ist so groß, daß bei Beugungsaufnahmen der vom Objekt ausgehende Strahl freien Durchlaß findet. Die Polschuhtrummel kann während der Bildbeobachtung in den zwei zum Strahl senkrechten Koordinaten justiert werden. Dadurch läßt sich das Bildfeld des Projektivs zur optischen Achse zentrieren.

Endbild und Aufnahme

Das Endbild erscheint auf einem Leuchtschirm. Es kann von vorn und von den beiden Seiten der Mikroskopröhre durch große Fenster betrachtet werden (Bild 13), so daß also drei Beobachter, am Tisch sitzend, das Bild diskutieren können. Zum genauen Beobachten beim Scharfstellen und beim Wählen des Bildausschnitts wird die zehnfach vergrößernde Fernrohrlupe vor das vordere Fenster geschwenkt (Bild 14). Der Leuchtschirm läßt sich zum Beobachten mit der Fernrohrlupe so weit kippen, daß seine Ebene senkrecht zur Lupe liegt. Für die Aufnahmen wird er völlig hochgeklappt.

Die **Normalausführung des ELMISKOP I** ist mit einer Aufnahmekammer für Plattenkassetten ausgerüstet. Eine Plattenwechseleinrichtung für zwölf Kassetten (6,5 cm × 9 cm) bietet die Möglichkeit, diese Platten ohne Beeinträchtigung des Vakuums nacheinander zu belichten. Zum Einsetzen und Entnehmen der Kassetten ist es notwendig, das Mikroskoprohr zu belüften.

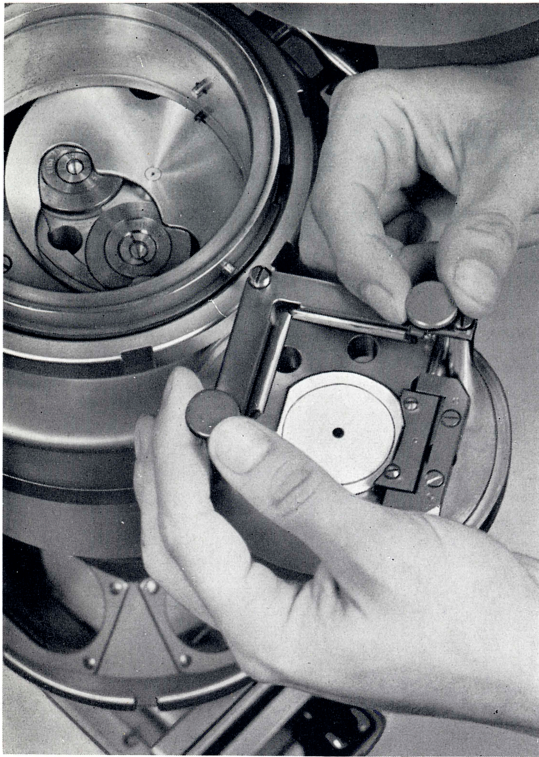
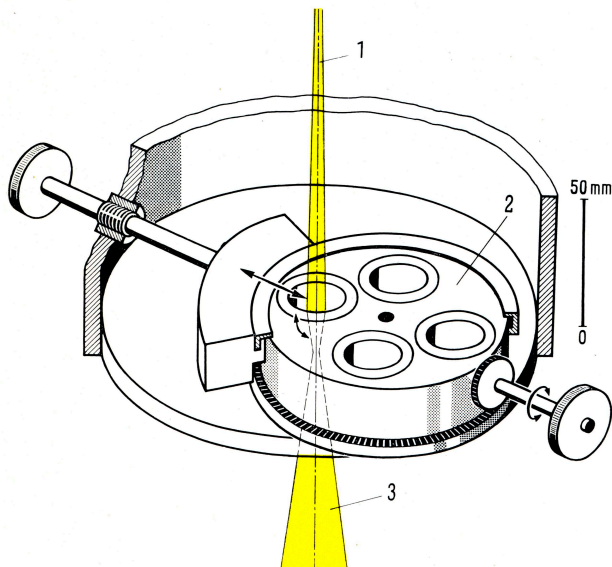


Bild 11 Unter der (hier herausgenommenen) Jochplatte mit dem Zwischenbildschirm liegt die Polschuh-Revolvertrommel im Projektiv



- 1 Mikroskopachse
- 2 Polschuh-Revolvertrommel mit vier Polschuhsystemen
- 3 Strahlenbündel

Bild 12 Wirkungsweise der Drehung und Verschiebung der Polschuh-Revolvertrommel

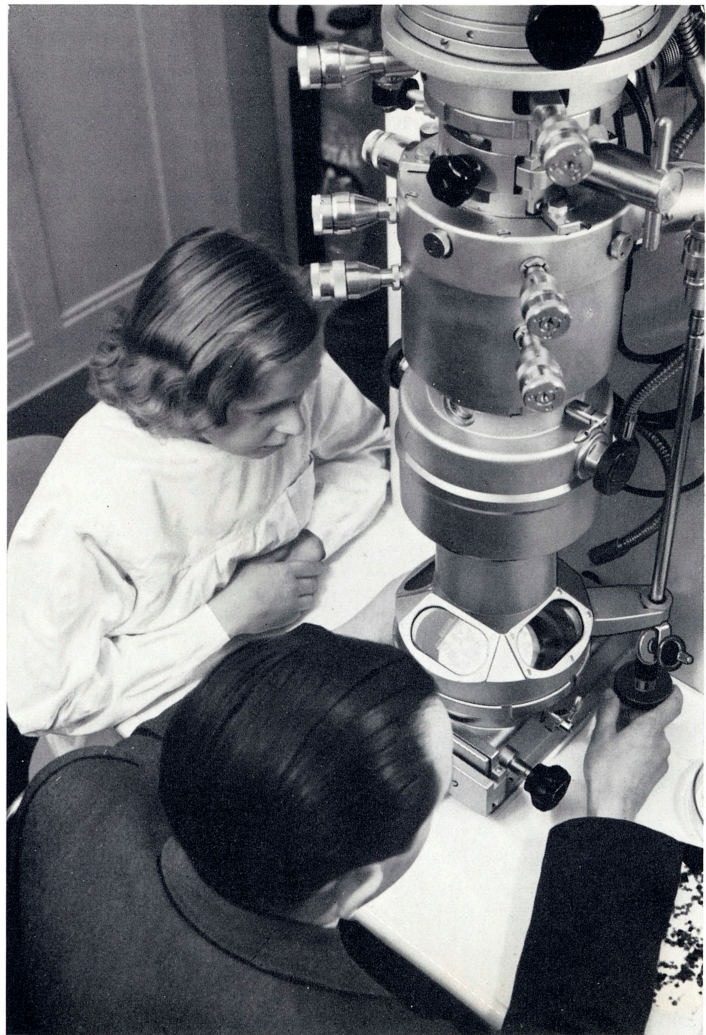


Bild 13 Das Endbild kann durch drei Fenster betrachtet werden



Bild 14 Zum genauen Beobachten kann eine Fernrohrlupe vor das Bild geschwenkt werden. Die wesentlichen elektrischen Bedienungselemente liegen griffgerecht in der Tischzarge



Bild 15 Zwölf Platten lassen sich in die Plattenkammer einlegen



Bild 16 Die Plattenkammer wird in das ELMISKOP I eingesetzt

Auf Wunsch kann das **ELMISKOP I in Sonderausführung** auch eine Aufnahmekammer mit Schleuse erhalten. Bei dieser Ausführung wird das über der Aufnahmekammer liegende Rohrteil durch ein Ventil abgeschlossen, so daß zur Entnahme einzelner Kassetten oder bei Neubeschickung nur die Aufnahmekammer belüftet wird. Dadurch beträgt die Pumpzeit zum Wiedererreichen des Arbeitsvakuumms anstatt zwei Minuten bei Normalausführung nur noch etwa eine Minute. Außerdem kann die gewählte elektronenoptische Einstellung beibehalten werden.

Die elektrischen Bedienungselemente

Die elektrischen Bedienungselemente sind auf die Tischzarge (Bilder 14 und 17) und die Vorderwand des Stativschanks, links und rechts der Mikroskopröhre, verteilt. Die Tischplatte ist zum Arbeiten freigeblieben. In der Tischzarge sitzen: ein Kippschalter für die Diffusionspumpenheizung, die beiden Einstellknöpfe für Kathodenheizung und Strahlstrom, fünf Zug-Druckschalter für den ersten und zweiten Kondensor, für das Objektiv, die Zwischenlinse und das Projektiv. Diese Schalter werden zum Wechseln der Bestrahlungsart oder der Vergrößerung und zum Übergehen von mikroskopischen auf Beugungsaufnahmen sowie zum Justieren des Strahles betätigt. Es folgen die fünf Linsenstromeinsteller für den ersten und zweiten Kondensor, für das Objektiv, die Zwischenlinse und das Projektiv. Sie haben je zwei oder drei koaxiale Triebe zum stufenweisen Feineinstellen des Stromes. Die Linsenstromeinsteller für den ersten und zweiten Kondensor liegen auf einer gemeinsamen Achse. Der Zwischenlinsenstrom wird je nach dem Abbildungsverfahren zusammen mit dem Strom des Objektivs oder getrennt eingestellt. Außerdem sind in der Tischzarge ein Drucktaster für die Hochvakuumprüfung und drei Schalter für die Tisch-, Geräte- und Raumbelichtung untergebracht. Links von der Mikroskopröhre befindet sich auf der Stativvorderwand der Wahlschalter für die vier Strahlspannungen 40, 60, 80 und 100 kV (Bild 17), darunter die Ein- und Aus-Taster und darüber zwei Schauzeichen, an denen man sieht, ob die Diffusionspumpenheizung arbeitet und ob die Spannung für die Linsenströme am Gerät liegt. Eine grüne Lampe leuchtet auf, wenn die Primärseite des Hochspannungstransformators abgeschaltet ist und eine rote, wenn die Hochspannung eingeschaltet ist. Oberhalb der Schauzeichen sind die beiden Anzeigeinstrumente für das Vor- und Hochvakuum angebracht.

Rechts der Mikroskopröhre liegen unterhalb der Kappe für die Tischbeleuchtung drei Anzeigeinstrumente für Kathodenheizspannung, Strahlstrom und Vergrößerung. Darunter sind zwei Signallampen zum Melden des Vorvakuumms angebracht. Der jeweilige Schaltzustand der Vakuumanlage wird in einem Ausschnitt in der Stativvorderwand unterhalb der beiden Signallampen angezeigt. Außerdem befindet sich auf dieser Seite noch eine 30polige Steckerleiste zum Anschluß von Zusatzgeräten.

Die Hebe- und Schwenkvorrichtung

Eine Kurbel auf der rechten Seite des Stativschanks dient mit Hilfe einer Kegelradübersetzung (Bild 17 und 19) dazu, Teile der Mikroskopröhre anzuheben und zur Seite zu schwenken. Strahlkopf und Feinstrahlkondensor werden immer angehoben. Je nachdem, wo die Röhre durch Lösen der Schrauben oder Überwurfmuttern aufgetrennt wird, lassen sich weitere Teile mitnehmen, z. B. die Objektschleuse (Bild 17), das Objektiv und das Projektiv. Es ergeben sich dann Einblicke in die Röhre, wie sie die Bilder 7, 9 und 11 zeigen, und die Innenteile sind gut zugänglich. Auch zum Lokalisieren von Undichtigkeiten durch partielles Prüfen des Vakuums kann man sich dieser Vorrichtung bedienen.

Der Netzanschlußschrank

Die Stromversorgungs-Einrichtung für das ELMISKOP I ist in einem Netzanschlußschrank zusammengefaßt, von dem das Hochspannungskabel und eine Reihe von Leitungen für die Versorgungsspannungen zum Mikroskop führen. Das Hochspannungskabel ist so lang, daß der Netzanschlußschrank auch in einem Nebenraum aufgestellt werden kann.

Im unteren Teil des Netzanschlußschrankes (Bild 18, links) ist in einem geschlossenen Ölbehälter die gesamte Hochspannungsanlage einschließlich eines Entlade- und Erdungsschalters untergebracht. Die hohe negative Strahlspannung wird in einer Spannungsverdoppelungsschaltung mit Selengleichrichtern erzeugt und elektronisch stabilisiert. Entsprechend den Anforderungen des hohen Auflösungsvermögens

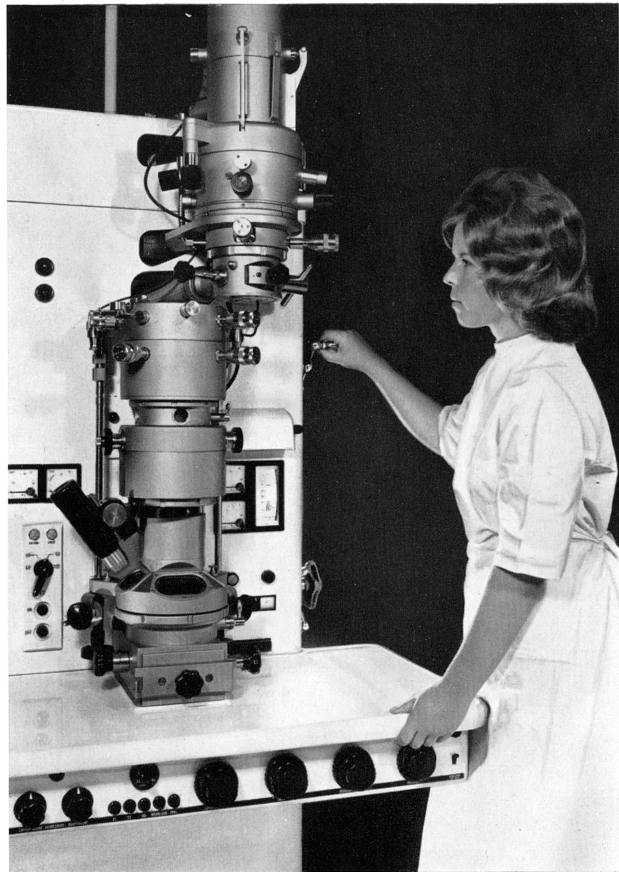


Bild 17 Die einzelnen Teile der Mikroskopröhre können leicht abgehoben und ausgeschwenkt werden

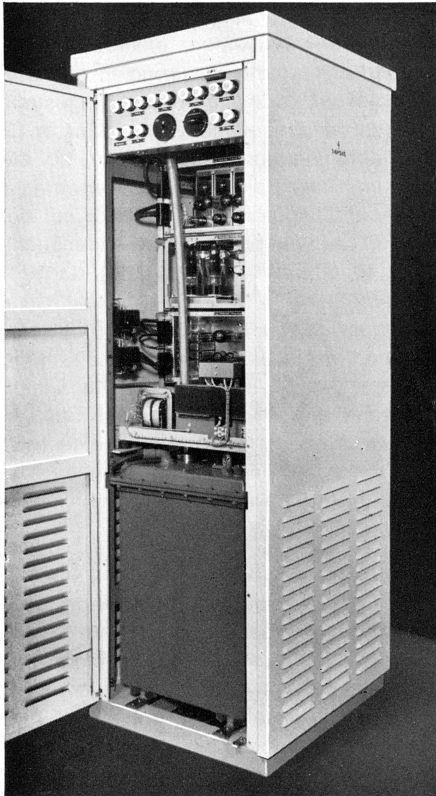
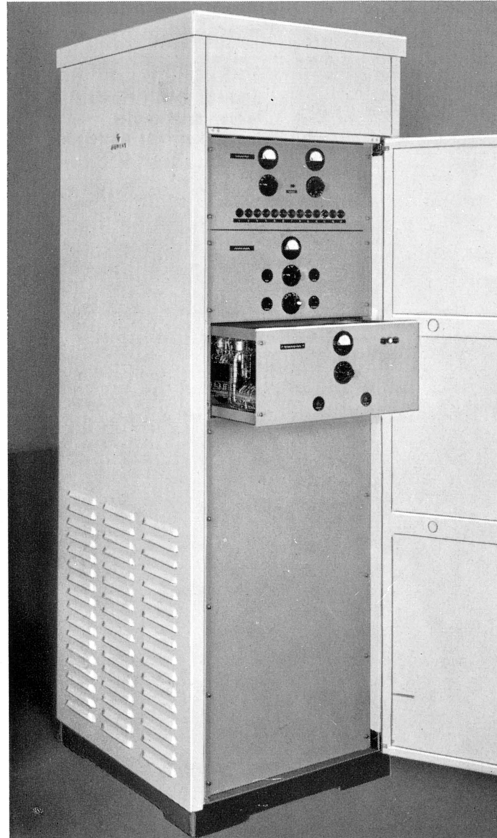


Bild 18 Netzanschlußschrank, Seitentüren geöffnet



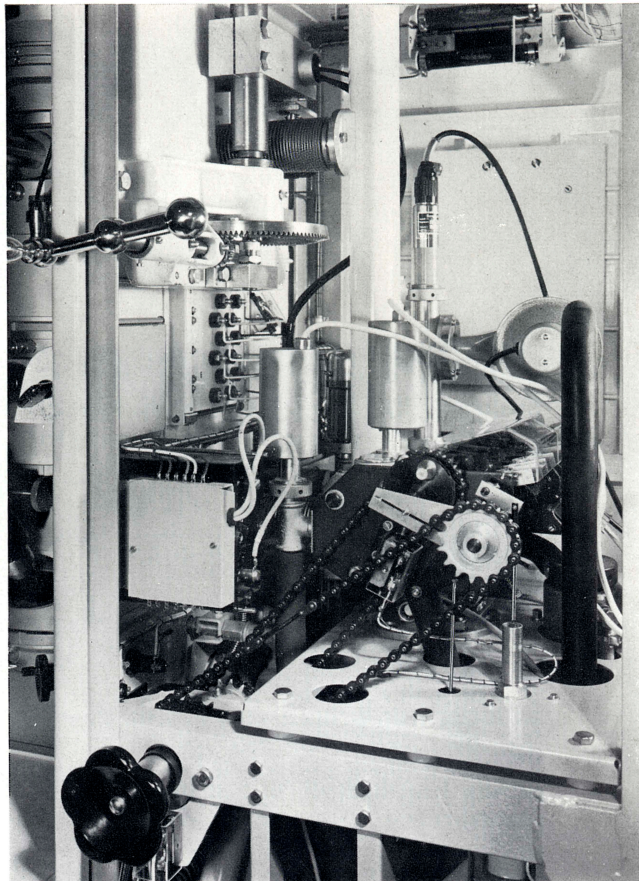


Bild 19 Vakuumventilblock und Überwachungselemente im Stativ des ELMISKOP I

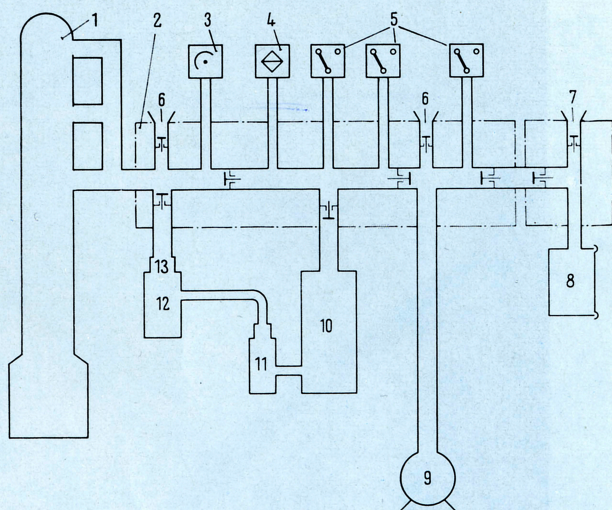


Bild 20 Prinzipschema der Vakuumanlage (alle Ventile offen dargestellt)

ist die Konstanz der Hochspannung während der Scharstell- und Aufnahmezeit besser als $2 \cdot 10^{-5}$. Von je einem Heiztransformator werden versorgt: die Kathode der Mikroskopröhre, eine Hochspannungstriode und eine Diode. Die Hochspannungstriode regelt die Strahlspannung, während die Diode zum Einstellen des Strahlstromes benötigt wird. Ein Regelverstärker für den Hochspannungsgleichrichter und die Einrichtung zum Erzeugen der konstanten Linsenströme liegen, übersichtlich in Schübe eingebaut, im oberen Teil des Netzanschlußschrankes (Bild 18, rechts). Die Konstanz des Objektivlin senstromes ist besser als $1 \cdot 10^{-5}$, die Konstanz der übrigen Linsenströme besser als $5 \cdot 10^{-5}$.

Die Vakuumanlage

Zum Erzeugen des Vakuums wirken drei Pumpen zusammen, wie das Prinzipschema Bild 20 zeigt. Eine einstufige, rotierende Ölpumpe (Gasballastpumpe) erzeugt das Vorvakuum für die nachfolgenden Pumpen, mit denen sie über einen Vorvakuumbehälter verbunden ist. Das Hochvakuum wird durch Reihenschaltung einer Quecksilberdampfstrahlpumpe und einer Öldiffusionspumpe erzeugt. Beide Pumpen sind dreistufig und wassergekühlt. Es wird keine flüssige Luft zum Ausfrieren von Dämpfen des Pumpentreibmittels benötigt. Eine wassergekühlte Kondensationsperre verhindert das Eintreten von Dämpfen des Treibmittels in das Mikroskop. Die Vakuumanlage ist unten in den Stativschrank eingebaut. Dieser enthält außerdem einen an die Vorpumpe angeschlossenen Exsikkator zum Trocknen von Platten und Filmen. Die Überwachungselemente der Vakuumanlage befinden sich auf beiden Seiten der Mikroskopröhre im Blickfeld des am Gerät Sitzenden, und zwar zwei Signallampen, ein Anzeiger für die fünf Stellungen der Vakuumventile „belüften“ (760), „vorevakuieren“ (1), „evakuieren“ (10^{-4}), „absperren“ (—) und „anheizen“ (1 bis 10^{-4}) sowie zwei Meßinstrumente zum Messen des Vorvakuums und des Hochvakuums. Die Vakuumventile sind in einem Ventilblock zusammengefaßt und werden über ein Handrad zwangsläufig in der richtigen Reihenfolge geschaltet. Der Ventilblock steht über drei Vakuumleitungen mit der Mikroskopröhre in Verbindung, die zum Strahlkopf, zur Objektschleuse und zum Projektivtubus führen (Bild 20). Zum Schutz gegen Fehlbedienung und Netzspannungsausfall ist der Ventilblock mit einer Einrichtung versehen, die bei Gefährdung der Vakuumanlage die entsprechenden Ventile automatisch schließt.

- 1 Mikroskopröhre
- 2 Ventilblock
- 3 Hochvakuummeßröhre
- 4 Vorvakuummeßröhre
- 5 Vakuumschalter
- 6 Trockenfilter
- 7 Staubfilter
- 8 Exsikkator
- 9 Vorvakuumpumpe
- 10 Vorvakuumbehälter
- 11 Hg-Dampfstrahlpumpe
- 12 Öl-Fraktions-Diffusionspumpe
- 13 Dampfsperre

Wichtige Einzelheiten

Die Strahlspannungen

Das ELMISKOP I kann mit den vier Strahlspannungen 40, 60, 80 und 100 kV betrieben werden. Die Strahlspannung kann daher entsprechend der Massendicke der mikroskopischen Objekte gewählt werden. Mit steigender Strahlspannung nehmen Helligkeit des Leuchtschirms und Schwärzung der Fotoschichten zu. Außerdem führt das Abnehmen der Elektronenstreuung im Objekt dazu, daß auch dunklere Stellen des Bildes genügend aufgehellt werden. Andererseits kann man beim Abbilden dünner und spezifisch leichter Objekte zu etwas besserer Kontrastwirkung kommen, wenn man die Möglichkeit hat, eine niedrigere Strahlspannung zu wählen. Der weite Strahlspannungsbereich ist außerdem zum Erzielen günstiger Bedingungen für Beugungsuntersuchungen notwendig.

Der Feinstrahlkondensor

Der Feinstrahlkondensor besteht aus zwei untereinander liegenden, eisengekapselten Magnetspulen. Jede hat ihr Polschuhsystem, und jede kann für sich erregt werden (Bild 22). Mit der ersten dieser magnetischen Linsen, die eine zentriert eingesetzte Aperturblende hat, läßt sich der engste Strahlquerschnitt, der durch die fokussierende Wirkung von Kathode und Steuerblende hervorgerufen wird, noch auf $\frac{1}{50}$ verkleinern. Die zweite Linse bildet den verkleinerten Strahlquerschnitt 1 : 2 vergrößert auf dem Objekt ab. Diese Linse hat einen Schieber für drei verschiedenen große Aperturblenden. Mit diesem kann die Bestrahlungsapertur im Betrieb stufenweise verändert werden. Elektronenstrahler und Feinstrahlkondensor können mit zwei Drehknöpfen in der zum Strahl senkrechten Ebene verschoben und mit zwei weiteren Trieben um das Objekt als Mittelpunkt geschwenkt werden. Damit läßt sich der Elektronenstrahl rasch zur Objektivachse ausrichten.

Der Feinstrahlkondensor macht es möglich, nicht nur große Objektflächen, sondern auch kleinste Teilbereiche des Objektes zu durchstrahlen, und zwar hinunter bis zu 2 μm Durchmesser. Dadurch wird die Belastung des Objektes geringer. Die Temperaturerhöhung des feinbestrahlten Objektbereiches bei 2 μm Strahldurchmesser beträgt nur den zwanzigsten Teil der bei voll bestrahltem Objektblendenbereich entstehenden, z. B. 25 °C anstatt 500 °C Übertemperatur.

Um den feinbestrahlten Objektbereich in punktförmiger (stigmatischer) Form zu erhalten, ist ein einfacher magnetischer Stigmator eingebaut. Seine aktiven Teile sind zwei Eisenstücke, die auf einem unmagnetischen Ring diametral zur Polschuhachse liegen und im magnetischen Feld des Polschuhspaltes angeordnet sind. Dieser Korrekturring wird mit einem

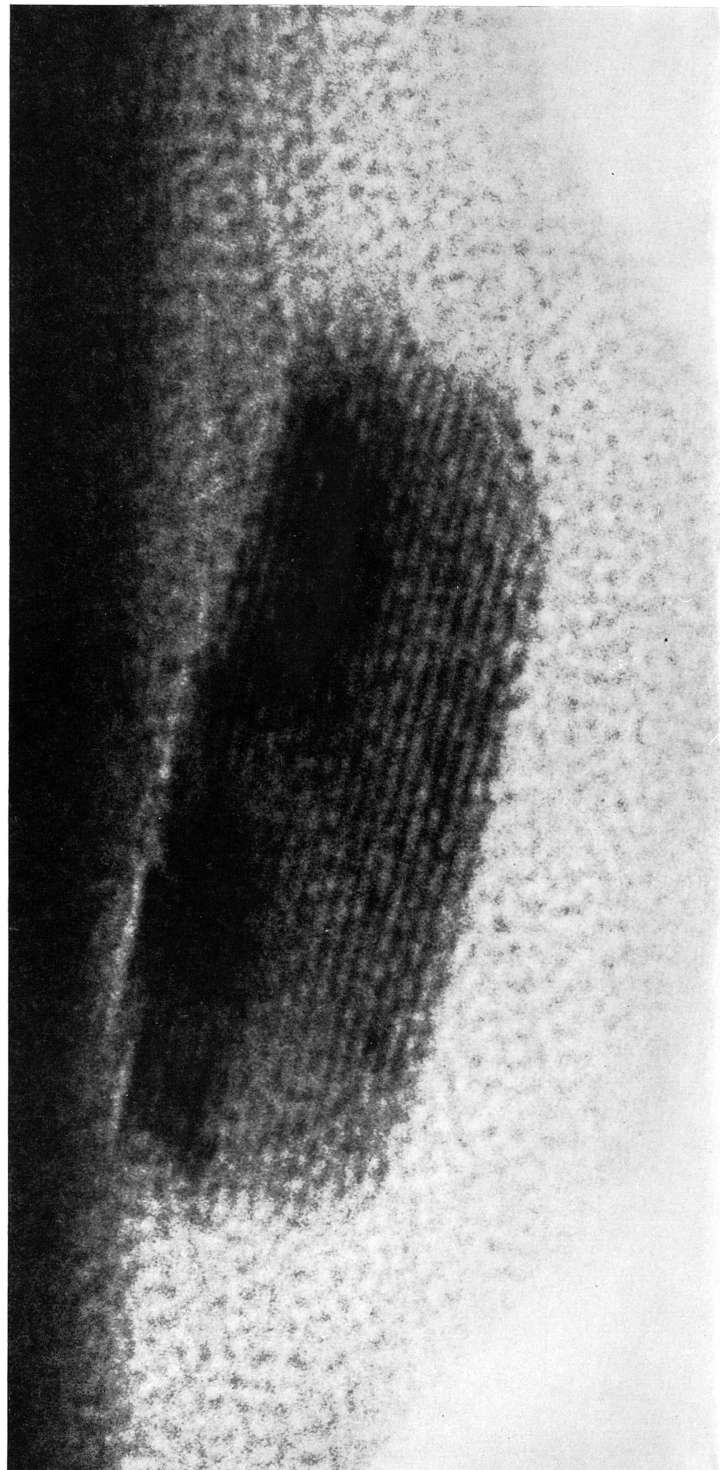


Bild 21 Objekt: Molybdänoxid Mo_2O_3 , Netzebenenabstand $d = 6,9 \text{ \AA}$
Elektronenoptische Vergrößerung 160 000 : 1
Gesamtvergrößerung 3 000 000 : 1
Strahlspannung 100 kV

Die Aufnahme wurde uns freundlicherweise von Herrn Dr. Menter, Tube Investments Research Laboratories, Hinxton Hall, Cambridge, zur Verfügung gestellt

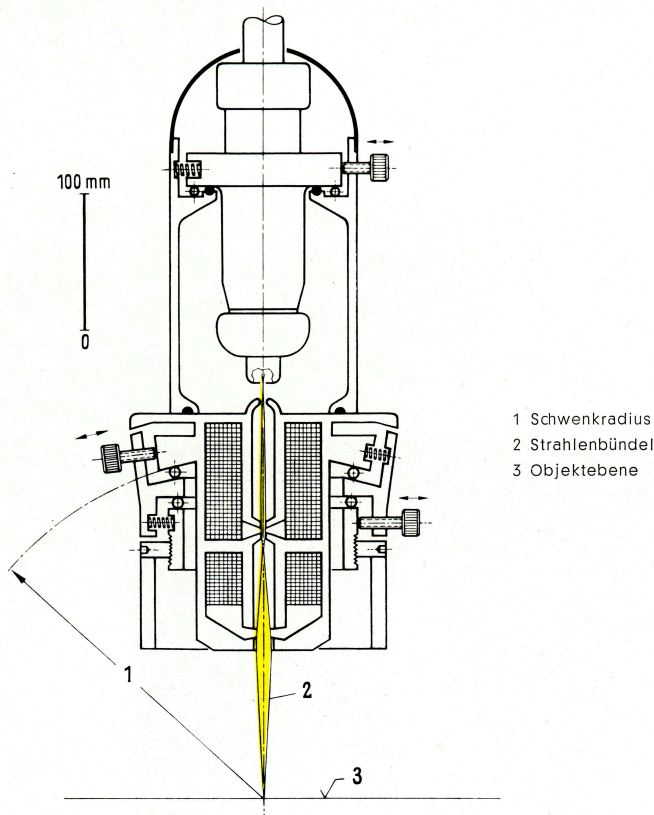


Bild 22 Grundsätzlicher Aufbau des Feinstrahlkondensors.
Schnitt durch Strahlkopf und Feinstrahlkondensor

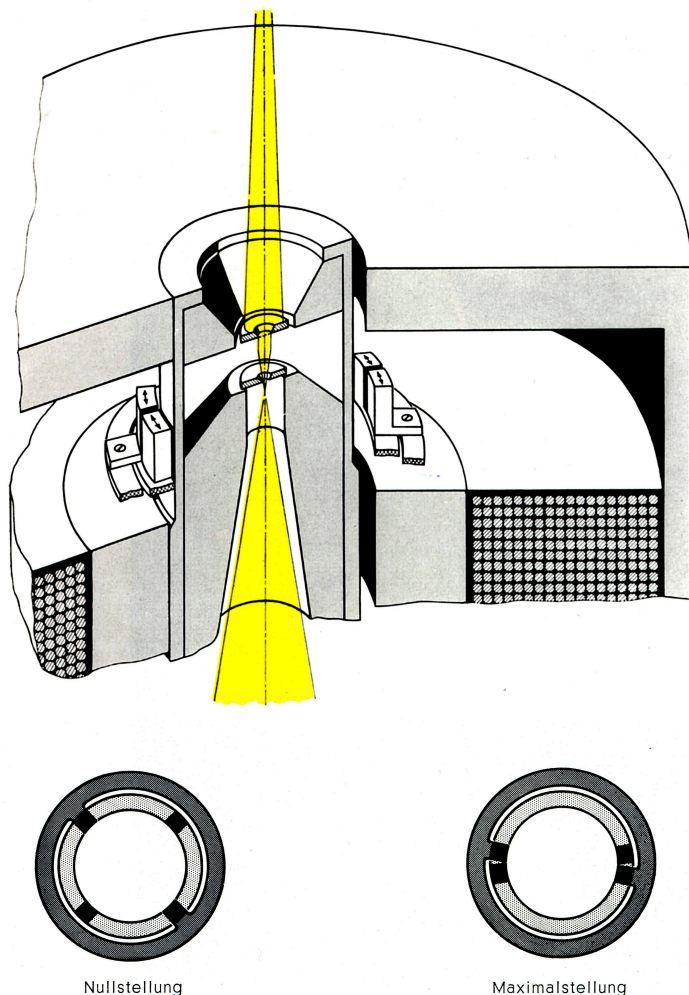


Bild 23 Grundsätzlicher Aufbau des magnetischen Stigmators.
Je zwei der aktiven Eisenstücke sind auf einem unmagnetischen Ring angeordnet

Trieb durch eine schraubende Bewegung coaxial zur Polschuhachse bewegt. Damit wird sowohl die Stärke als auch die Richtung einer Unrundheit des Polschuhlinsenfeldes weitgehend kompensiert.

Objektiv mit Stigmator

Objektiv und Zwischenlinse bilden konstruktiv eine Einheit, die aus zwei eisengekapselten, wassergekühlten Magnetspulen besteht. Ihre Innenbohrung enthält die beiden konischen Polschuhsysteme. Die Ströme dieser beiden Linsen können wahlweise gekoppelt oder getrennt eingestellt werden.

Voraussetzung einer hohen Auflösung ist punktförmige (stigmatische) Abbildung im achsennahen Objektbereich. Deshalb ist das Objektiv mit einem magnetischen Stigmator (Bild 23) versehen. Seine aktiven Teile sind vier Eisenstücke, von denen je zwei auf einem unmagnetischen Ring diametral zur Objektivachse liegen und im magnetischen Feld des Objektivpolschuhspaltes angeordnet sind. Diese Korrekturringe sind mit zwei gekoppelten Trieben verdrehbar, der eine Trieb dreht die beiden Ringe gleichzeitig in der gewünschten Richtung, der andere dreht sie relativ zueinander bis zur gewünschten Stärkewirkung. Man kann daher die Einwirkungen, die Stärke und Richtung einer Unrundheit des Linsenfeldes auf die Elektronenbahnen ausüben, unabhängig voneinander kompensieren und dadurch einer astigmatischen Abbildung entgegenwirken. Die hohe Auflösung, die das ELMISKOP I ergibt, zeigen die Testbilder 28. Das hohe Auflösungsvermögen wird jedoch nicht allein mit dem Stigmator erreicht. Die Beseitigung des Restastigmatismus des Linsenfeldes ist nur eine der Bedingungen, zu denen auch weitgehende Konstanz der Brennweite und gleiche Geschwindigkeit der emittierten Elektronen gehören. Dies wird einerseits erreicht durch die Konstanz der Linsenströme, andererseits durch die Verwendung einer Glühkathode und die hohe Konstanz der Strahlspannung. Um eine Auflösung von $10 \text{ \AA}$ zu erreichen, ist z. B. eine Spannungskonstanz von $3,5 \cdot 10^{-5}$ nötig.

Die Zwischenlinse

Die Zwischenlinse kann in verschiedener Weise geschaltet und damit die Wirkungsweise des ELMISKOP I variiert werden, wie die auf den folgenden Seiten abgebildeten Strahlengänge zeigen. Wird die Durchflutung der Zwischenlinse zusammen mit der des Objektivs eingestellt, so ergibt sich eine feste Zwischenbildvergrößerung von $510:1$; wird sie ausgeschaltet, eine solche von $80:1$. Die Durchflutung der Zwischenlinse kann auch unabhängig von der des Objektivs eingestellt werden, um z. B. die hintere Brennebene des Objektivs in der Gegenstandsebene des Projektivs abzubilden, wie es zum Erzeugen von Beugungsdiagrammen auf dem Endbildschirm nötig ist. Durch Ausblenden eines Teiles des Bildes vor der Zwischenlinse (erstes Zwischenbild) kann das beugende Objektgebiet definiert und eng begrenzt werden. Darüber hinaus kann mit unabhängig einstellter Zwischenlinse bei normaler Abbildung die Vergrößerung des Endbildes bei konstantem Endbilddurchmesser stetig verändert werden.

Bild 24
Einstufige Vergrößerung
mit Objektiv etwa 200:1;
bei schwacher Bestrahlung
ohne Kondensor

Bild 25
Zweistufige Vergrößerung mit Objektiv
und Zwischenlinse etwa 2500:1;
bei mittlerer Bestrahlung
mit oberem Kondensor

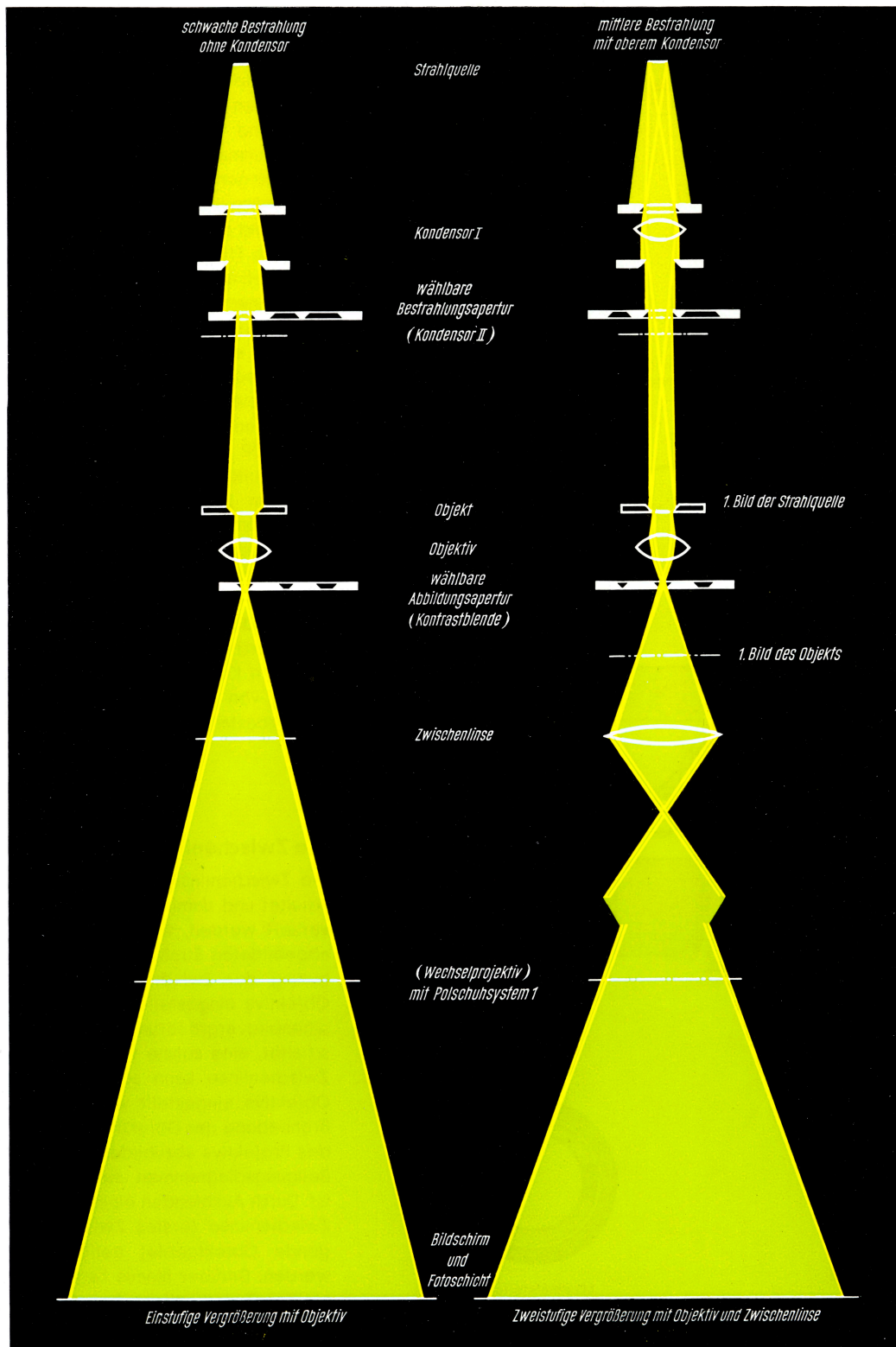
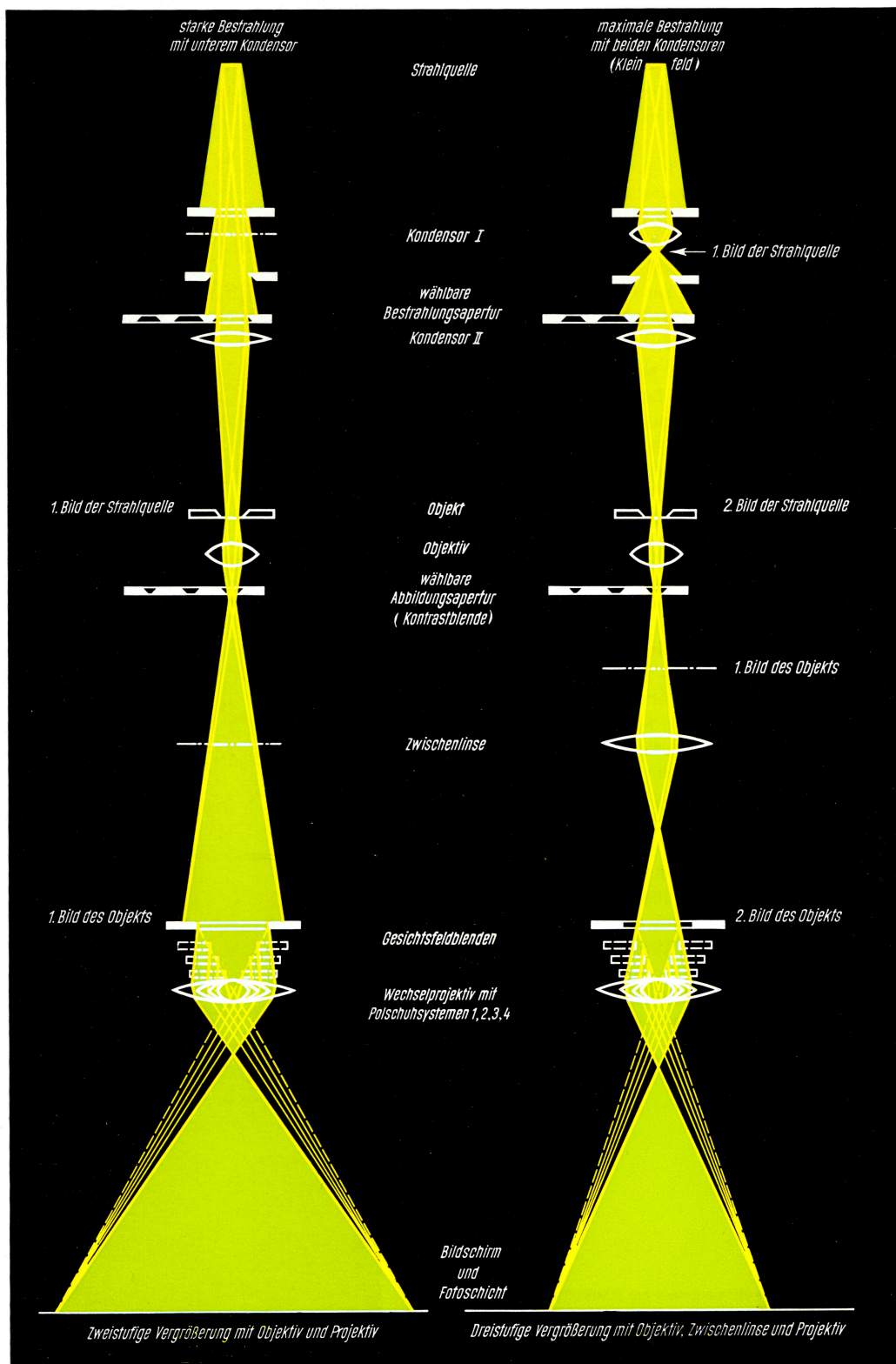


Bild 26
Zweistufige Vergrößerung
mit Objektiv und Projektiv bis 20 000 : 1;
bei starker Bestrahlung
mit unterem Kondensor

Bild 27
Dreistufige Vergrößerung mit Objektiv,
Zwischenlinse und Projektiv bis 160 000 : 1;
bei maximaler Bestrahlung eines kleinen
Objektes mit beiden Kondensoren



Leistung

Vergrößerung

Die elektronenoptisch wirksamen Teile des Abbildungssystems, Objektiv, Zwischenlinse und Projektiv mit Polschuh-Revolvertrommel, können für die Vergrößerung bei Durchstrahlungsaufnahmen in vier verschiedenen Arten kombiniert werden, wie die Strahlengänge (Bilder 24 bis 27) zeigen.

Es ist also grundsätzlich ein-, zwei- und dreistufige Vergrößerung möglich. In den beiden Kombinationen, die das Projektiv ausnutzen (Bilder 26 und 27), ergeben sich wegen der Wählbarkeit der Projektivpol-schuhe je fünf Normvergrößerungen, so daß insgesamt 12 Stufen von 200 : 1 bis 160 000 : 1 zur Verfügung stehen (siehe Tafel „Abbildungsmaßstab“ auf Seite 23).

Die angegebenen Vergrößerungen lassen sich bei allen vier Strahlspannungen einstellen. Bei den Strahlspannungen 60 kV und 40 kV liegt die mögliche Maximal-Vergrößerung oberhalb 200 000 : 1. Die Vergrößerung kann oberhalb 1000 : 1 mit dem Erregerstrom der Zwischenlinse kontinuierlich geändert und an einem Instrument rechts von der Mikroskopröhre abgelesen werden. Der Abbildungsmaßstab reicht also von der lichtoptischen bis zur höchsten förderlichen elektronenoptischen Vergrößerung.

Bei der mit dem ELMISKOP I erreichbaren elektronenoptischen Vergrößerung von 200 000 : 1 können die Leuchtschirmbilder mit der Fernrohrlupe in 2 000 000facher Vergrößerung betrachtet werden. Die hohe elektronenoptische Vergrößerung und die Fernrohrlupe machen es also möglich, schon beim Durchmustern der Objekte das Auflösungsvermögen des Mikroskops voll auszunutzen, um für die Aufnahmen die Ausschnitte zu wählen, von denen am meisten erwartet werden kann. Andererseits gibt die weitgehende Überdeckung mit dem Vergrößerungsbereich des Lichtmikroskops einen Anschluß an Bekanntes, der manche Untersuchungen erleichtert.

Zum Übergehen von einem Vergrößerungsbereich auf einen anderen braucht lediglich ein Umschalter oder der Trieb der Polschuh-Revolvertrommel gedreht zu werden.

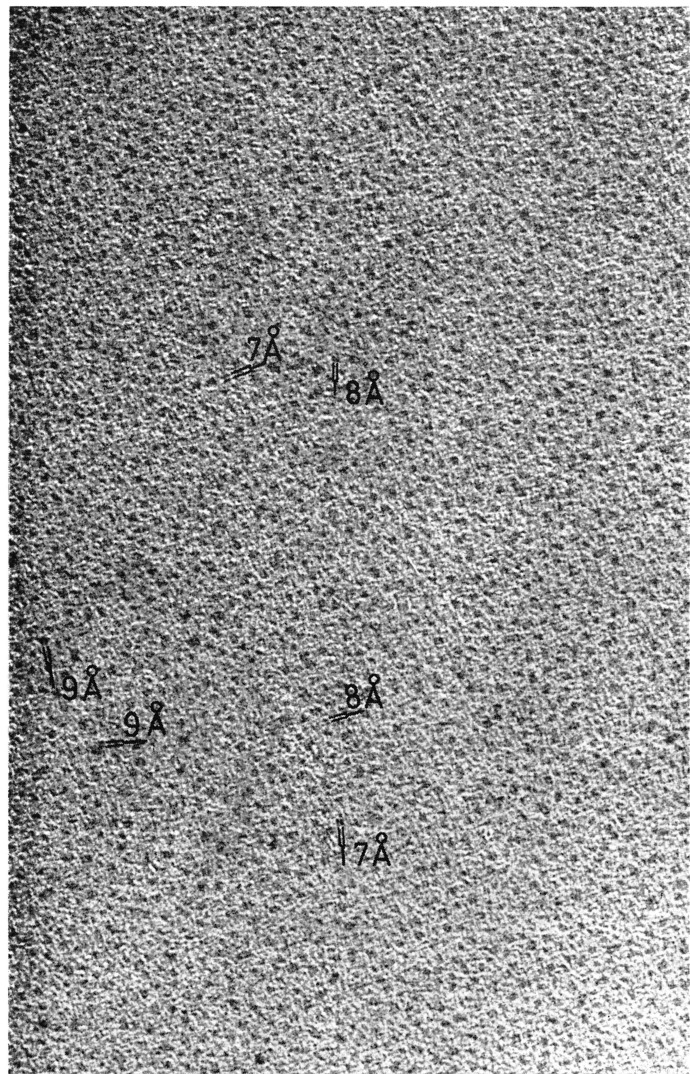
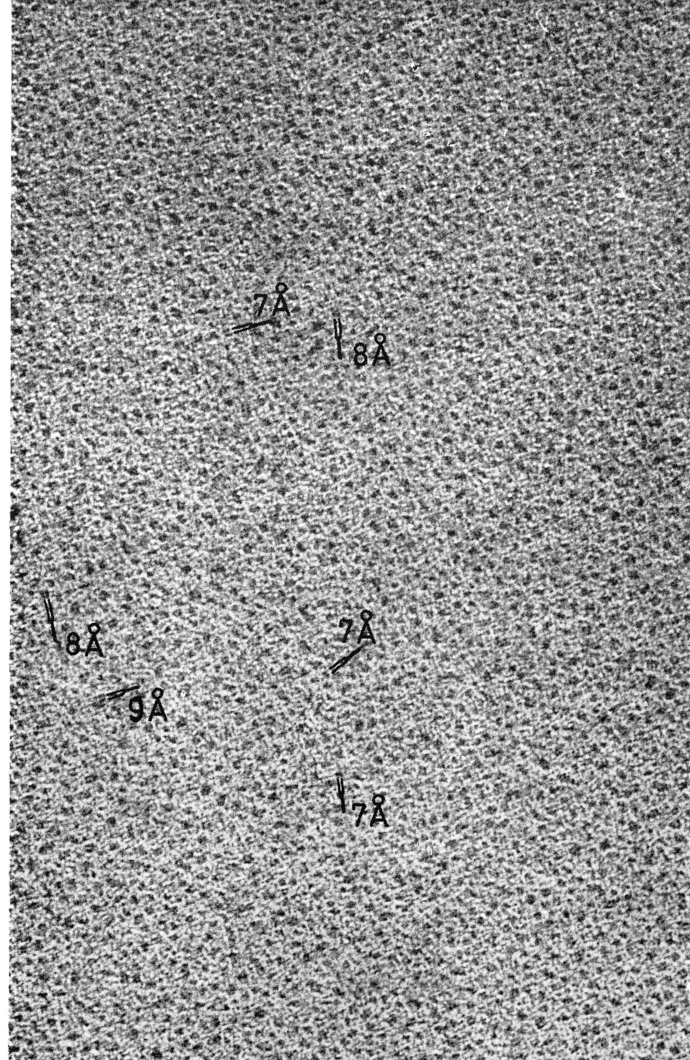


Bild 28 Auflösungstest am ELMISKOP I, Fabriknummer 425
Objekt: Platin-Iridium-Aufdampfschicht
Elektronenoptische Vergrößerung 100 000 : 1
Gesamtvergrößerung 800 000 : 1
Strahlspannung 80 kV

Hell- und Dunkelfeldbilder

Mit dem ELMISKOP I lassen sich nach dem Durchstrahlungsverfahren Hell- und Dunkelfeldbilder von dünnsten Objekten herstellen (Bild 29). Der Übergang wird durch Verschieben der Objektivaperturblende oder durch Kippen des Strahles erzielt. Bild 30 zeigt, wie sich die Kontrastwerte bei den beiden Bildarten verändern.

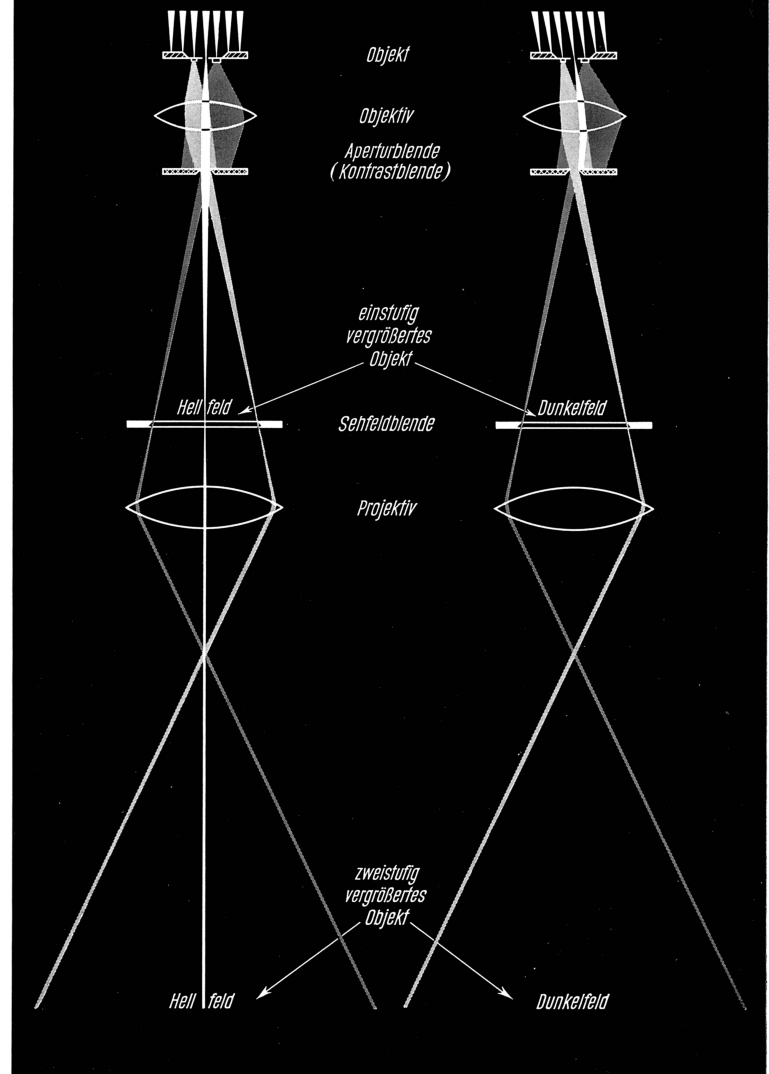
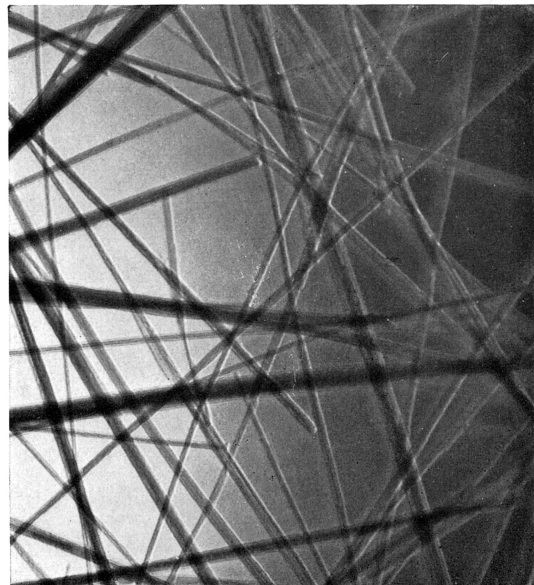


Bild 29 Elektronenoptische Abbildung bei (links) achsenparalleler (Hellfeldbild) und (rechts) leicht geneigter Bestrahlung des Objekts (Dunkelfeldbild)

Bild 30 Aufnahme an der Grenze von Hell- und Dunkelfeld
Objekt: Asbestfasern
Elektronenoptische Vergrößerung 6000 : 1
Gesamtvergrößerung 15 000 : 1
Strahlspannung 80 kV



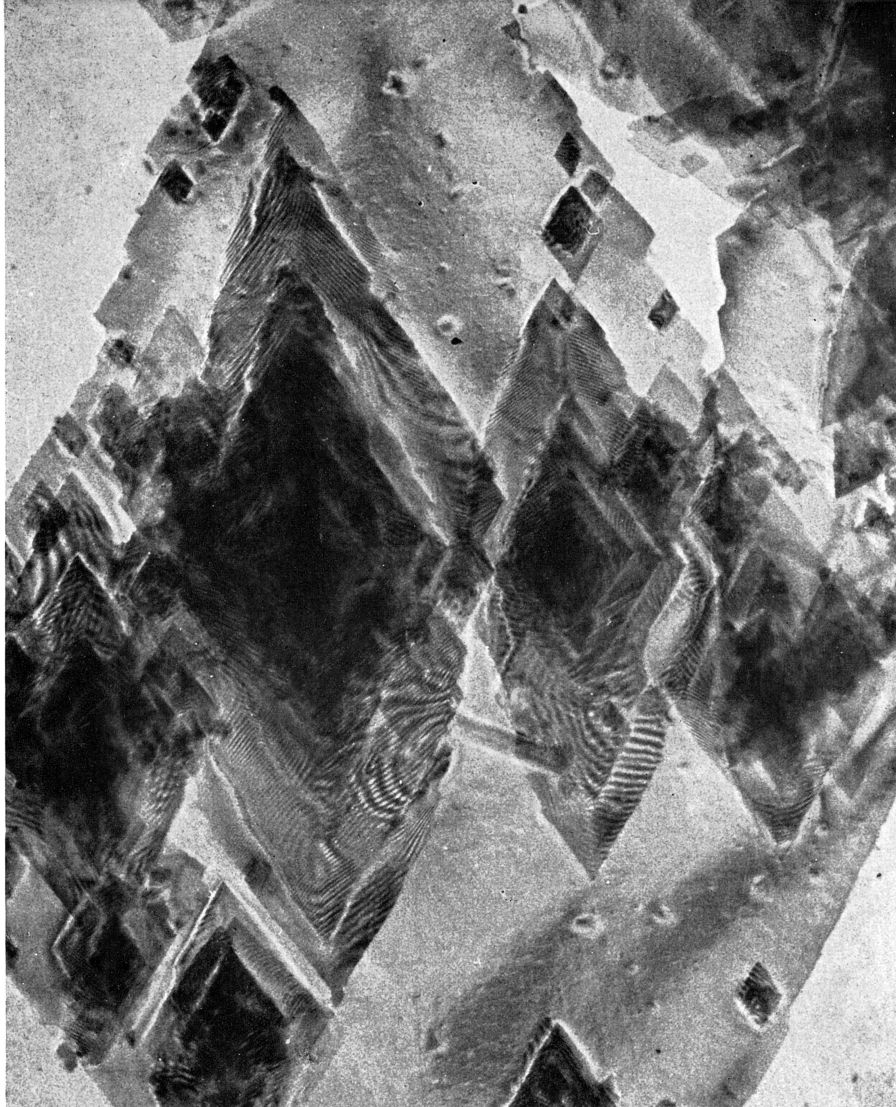


Bild 31
Durchstrahlungsaufnahme
Objekt: Polyäthylen-Kristalle
Elektronenoptische Vergrößerung
3700 : 1
Gesamtvergrößerung 21 250 : 1
Strahlspannung 80 kV
Die Aufnahme wurde uns
freundlicherweise von
Herrn A. W. Agar, AEON
Laboratories, Egham,
zur Verfügung gestellt

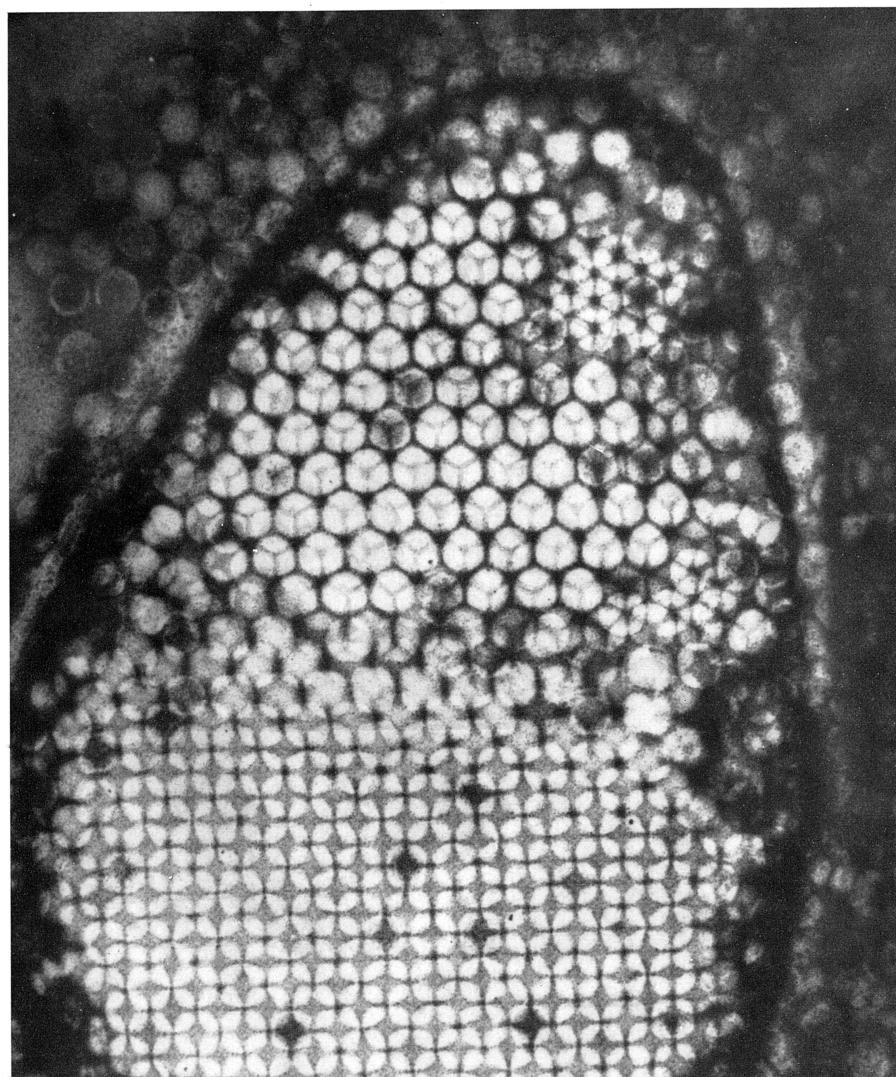


Bild 32
Durchstrahlungsaufnahme
Objekt: Southern bean mosaic virus
auskristallisiert aus einer Suspension
in 2 %iger Phosphorwolframsäure
Elektronenoptische Vergrößerung
40 000 : 1
Gesamtvergrößerung 220 000 : 1
Strahlspannung 80 kV
Das Präparat wurde uns freund-
licherweise von Herrn
Dr. W. Stoeckenius, Rockefeller-
Institut, New York, zur Verfügung
gestellt

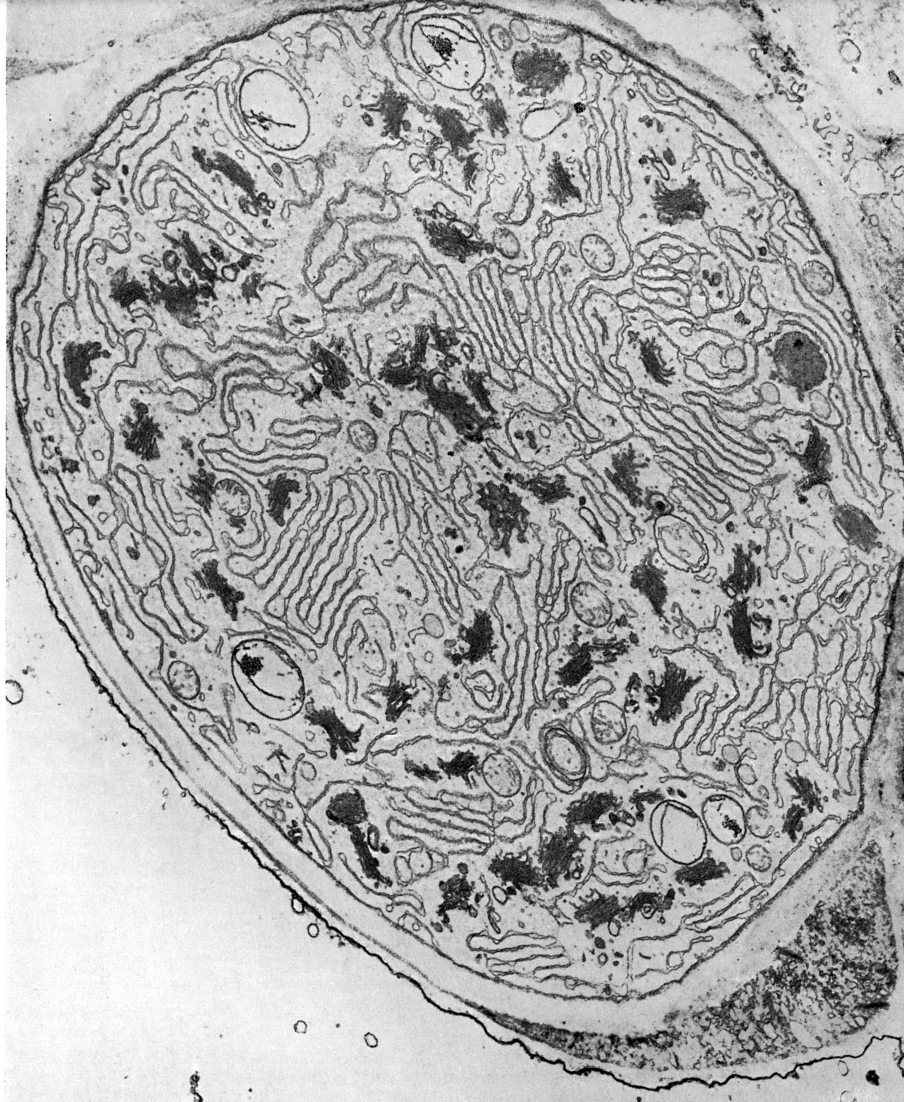


Bild 33
 Durchstrahlungsaufnahme
 Objekt: *Elodea canadensis*,
 Randzelle aus den squamulae
 intravaginales
 (Fixierung: Kaliumpermanganat)
 Elektronenoptische Vergrößerung
 2500 : 1
 Gesamtvergrößerung 5840 : 1
 Die Aufnahme wurde uns
 freundlicherweise von
 Herrn Prof. Dr. Menke,
 Botanisches Institut der Universität Köln,
 zur Verfügung gestellt

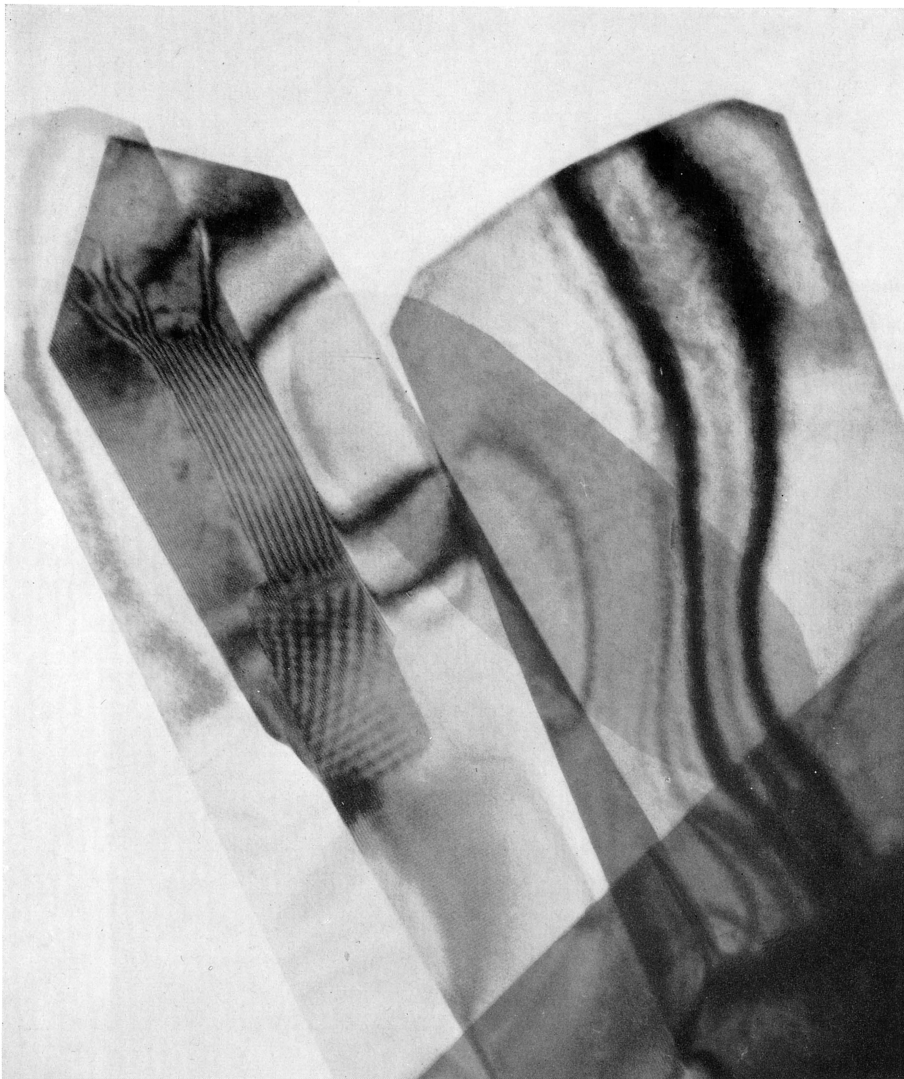


Bild 34
 Durchstrahlungsaufnahme
 Objekt: Moirélinien an Molybdän-
 oxydkristallen
 Elektronenoptische Vergrößerung
 60 000 : 1
 Gesamtvergrößerung 180 000 : 1
 Strahlspannung 80 kV

Stereoskopische Aufnahmen

Zum Aufnehmen stereoskopischer Bildpaare wird zwischen beiden Aufnahmen die Objektlage unter Vakuum um den Stereowinkel geändert (Bild 36). Es wird dazu eine eigens für diesen Zweck bestimmte Patrone verwendet. Das Kippen wird mit dem Stereotrieb bewirkt, der unterhalb der Objektschleuse in die Mikroskopröhre eingeschraubt werden kann und mit Einstellmarken versehen ist (Bild 35). Der maximale Stereowinkel beträgt $\pm 5^\circ$.

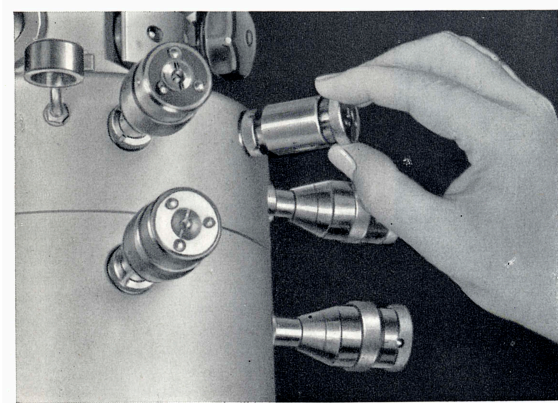


Bild 35 Mit dem Stereotrieb wird die Patrone unter Vakuum um den Stereowinkel gekippt

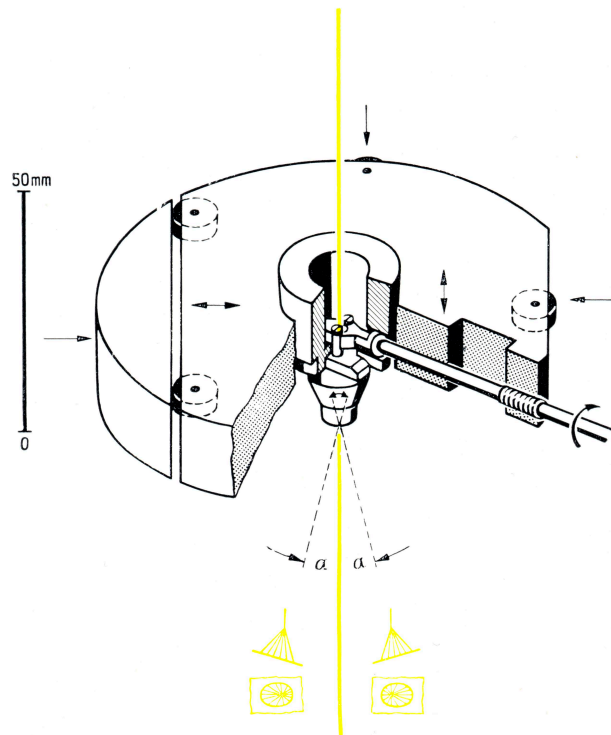
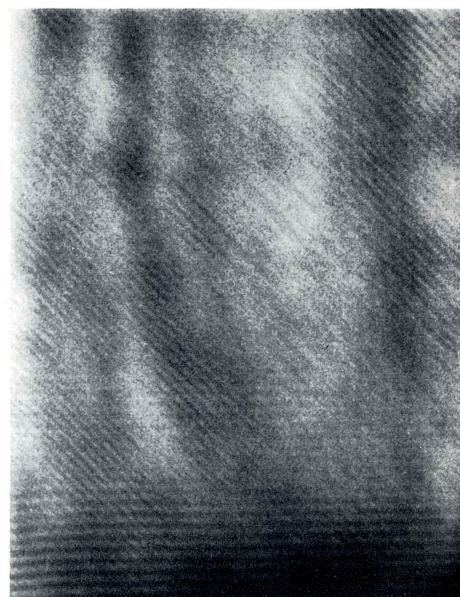
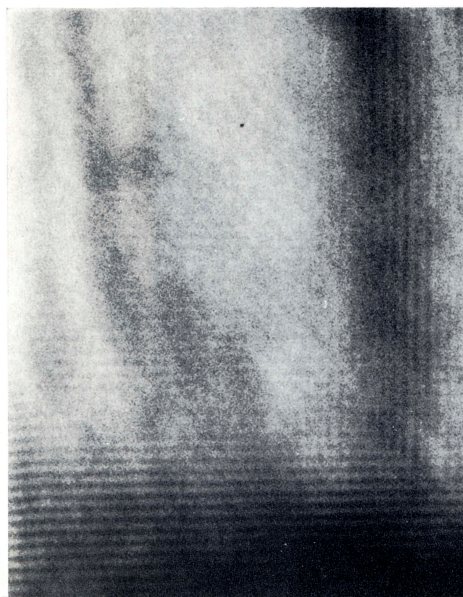


Bild 36 Wirkungsweise der Patronenbewegung bei Stereoaufnahmen

Bild 37 Objekt: Moirélinien an gekreuzten Einkristallen von Molybdänoxid
Durch Kippen der Stereopatrone um einen Winkel von 8° hat sich das Moirébild der rechten Aufnahme gegenüber dem der linken Aufnahme verändert.
Elektronenoptische Vergrößerung 80 000 : 1
Gesamtvergrößerung 480 000 : 1
Strahlspannung 100 kV



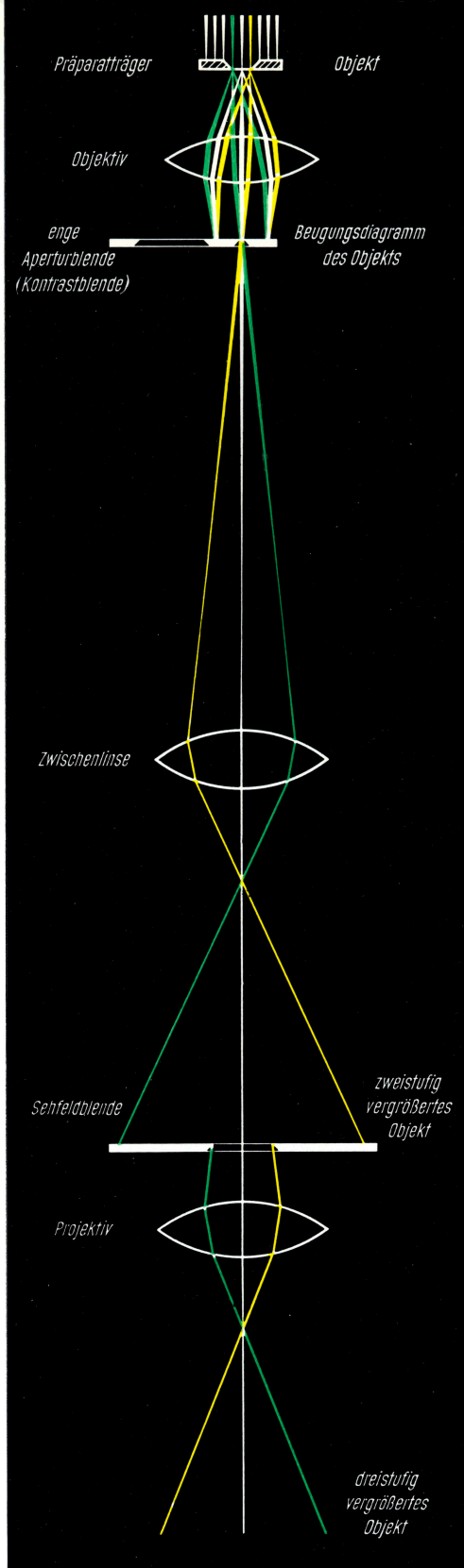


Bild 38 Dreistufige Vergrößerung eines kristallinen Objekts

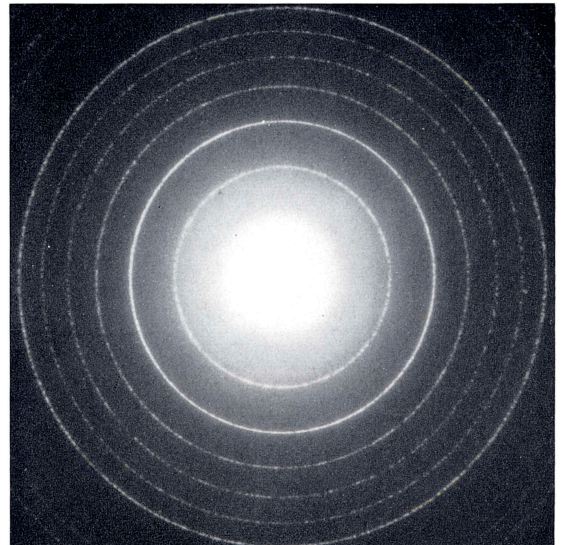
Beugungsdiagramme kristalliner Objekte

Während des Mikroskopierens kann man von der Abbildung kristalliner Objekte mit wenigen Handgriffen zur Aufnahme von quantitativ auswertbaren Beugungsdiagrammen nach dem Durchstrahlungsverfahren übergehen. Die Objektlage braucht nicht verändert, das Gerät nicht umgebaut zu werden. Insbesondere können Beugungsaufnahmen auch bei abgeschalteten Abbildungslinsen gewonnen werden. Das ist für die Genauigkeit der quantitativen Auswertung von Bedeutung.



Bild 39 Durchstrahlungsaufnahme
Objekt: Thalliumchlorid
Elektronenoptische Vergrößerung 40 000 : 1
Gesamtvergrößerung 100 000 : 1
Strahlspannung 80 kV

Bild 40 Quantitativ auswertbares Beugungsdiagramm eines kristallinen Objekts nach dem Durchstrahlungsverfahren
Objekt: Thalliumchlorid
Strahlspannung 80 kV



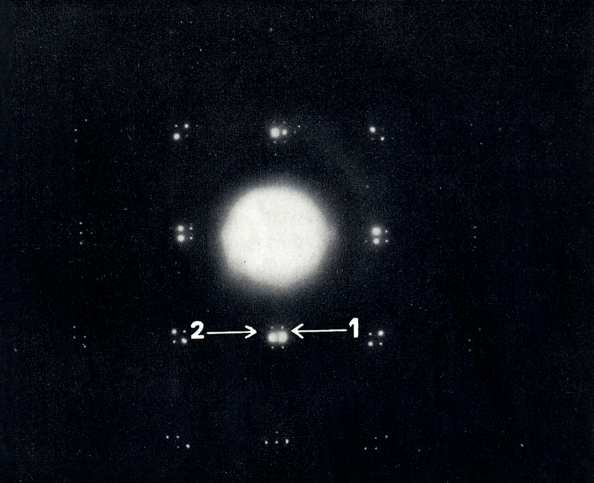


Bild 41 Kleinfeld-Beugungsdiagramm
Objekt: Molybdänoxyd, Strahlspannung 80 kV



Bild 42 Durchstrahlungsaufnahme der Kristalle,
deren Beugungsdiagramm Bild 41 zeigt
Elektronenoptische Vergrößerung 21 000 : 1
Gesamtvergrößerung 31 500 : 1; Strahlspannung 80 kV



Bild 43 Aufnahme der Kristalle von Bild 42
im Licht des Reflexes 1 (Bild 41)



Bild 44 Aufnahme der Kristalle von Bild 42
im Licht des Reflexes 2 (Bild 41)

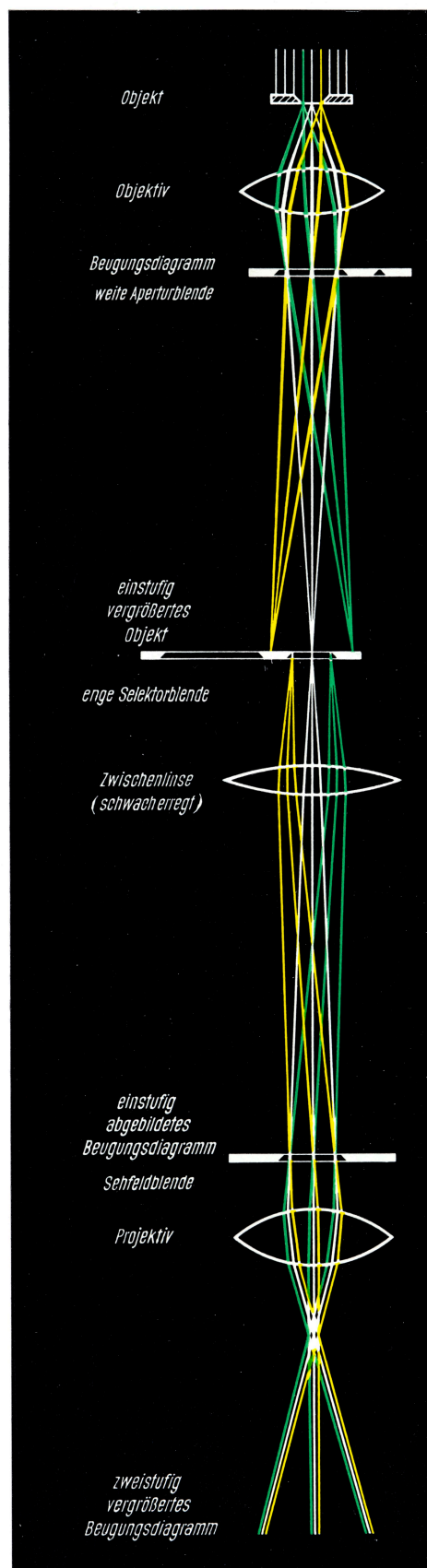


Bild 45 Strahlengang bei Kleinfeldbeugung

Kleinfeld-Beugungsdiagramme

Kleinfeld-Beugungsdiagramme lassen sich durch Ausblenden des gewünschten Objektfeldes im ersten Zwischenbild vor der Zwischenlinse erzielen. Die Zwischenlinse bildet dann die hintere Brennebene des Objektivs in der Gegenstandsebene des Projektivs ab (Bild 45).

Beugungsaufnahmen

mit definierten Bragg-Reflexen

Bei Dunkelfeldaufnahmen mit definierten Bragg-Reflexen erzeugt man zunächst ein Beugungsdiagramm nach Bild 45. Durch Verschieben der Aperturblende sucht man den Beugungsreflex aus, dessen Dunkelfeldbild interessiert (Bild 47 links).

Dieses Dunkelfeldbild erhält man hochaufgelöst, indem man die Brennweite der Zwischenlinse bis zur dreistufigen Objektabbildung verkürzt (Bild 47 rechts). Bei dieser Methode bleibt die Beziehung zwischen Bestrahlungsrichtung und Objektlage ungeändert, jedoch wird das Dunkelfeldbild durch eine bezüglich des Öffnungsfehlers benachteiligte, seitliche Zone des Objektivs entworfen.

Man kann zum Erzeugen dieser Diagramme auch die Bestrahlungsrichtung gegenüber dem Objekt durch Schwenken des Bestrahlungssystems um das Objekt verändern, so daß der gewünschte Beugungsreflex in die optische Achse des Objektivs kommt. In diesem Fall verbessert sich die Auflösung des stärker vergrößerten Dunkelfeldbildes, weil der bezüglich des Öffnungsfehlers optimale mittlere Bereich der Objektlinse verwendet wird.

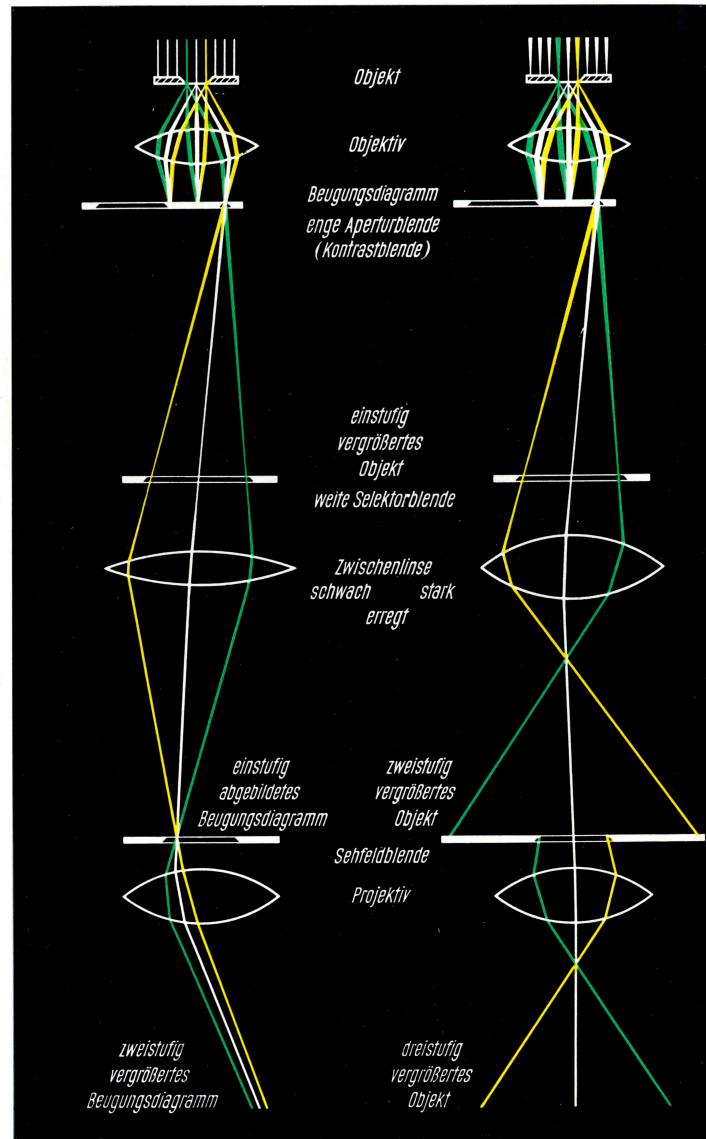


Bild 46 Beugungsbild bei streifender Bestrahlung
Objekt: Bleisulfid-Einkristall
Strahlenspannung 80 kV

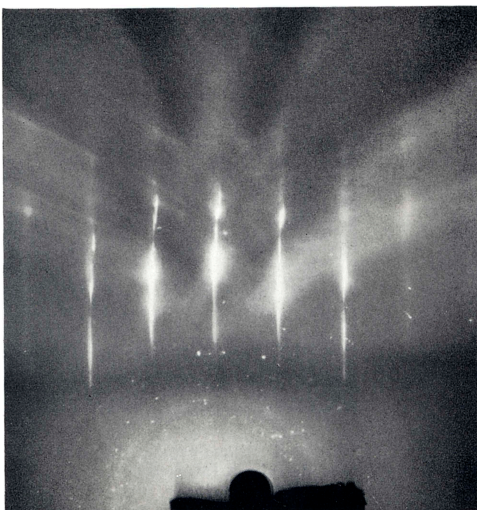


Bild 47 Beugung mit definierten Bragg-Reflexen,
links Beugungs-, rechts Dunkelfeldbild

Beugungsaufnahmen bei streifender Bestrahlung

Für Beugungsaufnahmen bei streifender Bestrahlung der Oberflächen leitender Objekte ist eine besondere Patrone bestimmt, die nicht zum normalen Lieferumfang des ELMISKOP I gehört, aber auf Wunsch geliefert werden kann. Die maximale Probengröße beträgt $6 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm}$.

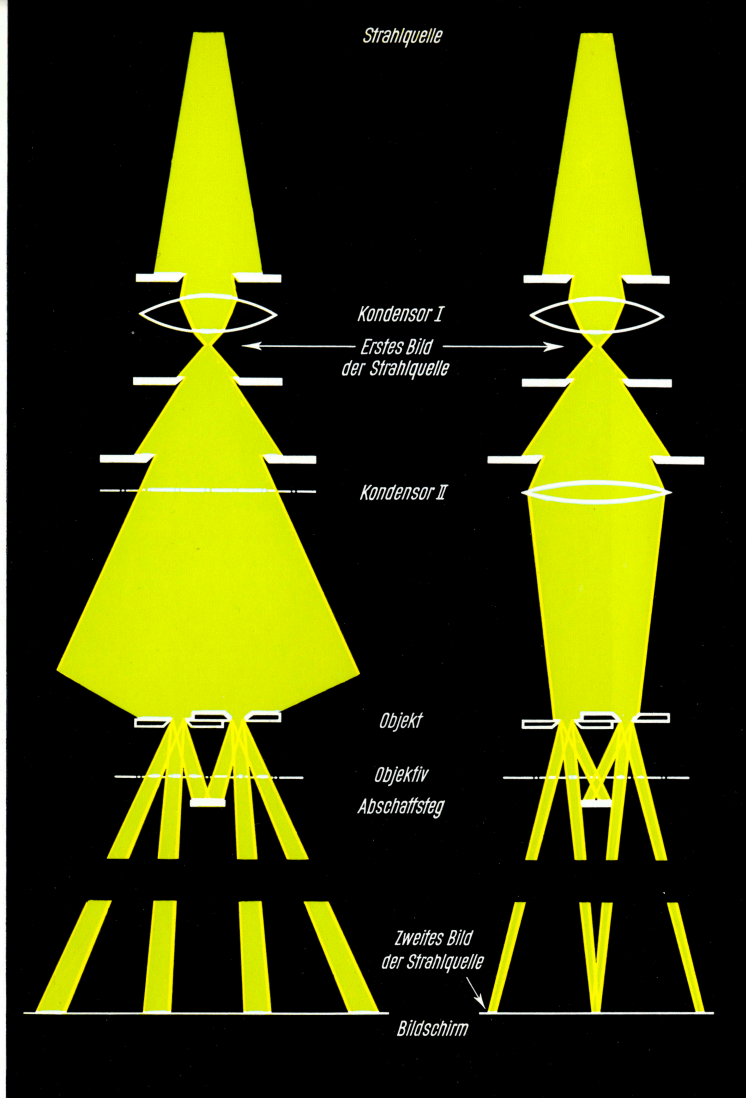


Bild 48 Simultanbeugung zweier Vergleichsobjekte, links unfokussiert, rechts fokussiert mit Hilfe zweier Elektronenlinsen vor dem Objekt

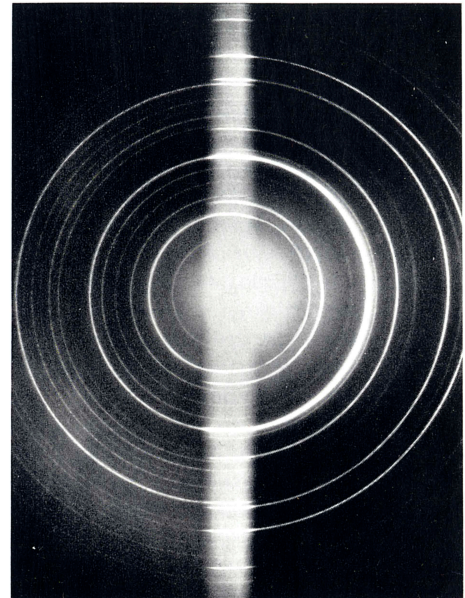


Bild 49 Simultan-Beugungsdiagramm nach Riedmiller, fokussiert
Objekt: Thalliumchlorid-Magnesiumoxyd
Strahlspannung 80 kV

Simultanbeugung nach Riedmiller

Gleichzeitiges Aufnehmen der Diagramme eines bekannten und eines unbekannten Objekts macht es nach Riedmiller möglich, das unbekannte Objekt leicht zu bestimmen. Für solche Aufnahmen ist eine besondere Patrone bestimmt, die nicht zum normalen Lieferumfang des ELMISKOP I gehört, aber auf Wunsch geliefert werden kann. In diese werden die beiden durchstrahlbaren Objekte auf zwei Blenden mit je einem Loch eingesetzt. Außerdem wird an Stelle des Objektivpolschuhs ein von außen verstellbarer Steg verwendet, der die Abschattung je einer Diagrammhälfte ermöglicht.

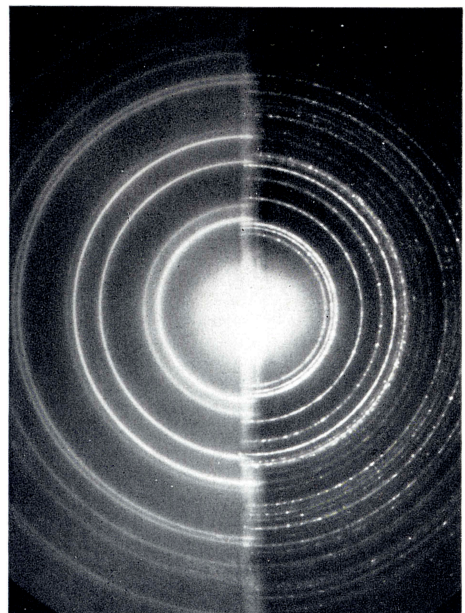


Bild 50 Simultan-Beugungsdiagramm nach Riedmiller, fokussiert
Objekt: Gold-Zinkoxyd
Strahlspannung 80 kV

Technische Daten

Auflösung

Besser als	15 Å
Wenn alle Vorbedingungen für eine hohe Auflösung erfüllt sind, mindestens	10 Å
Höchstes bisher von Kunden mit unseren serienmäßigen Geräten nachgewiesenes Auflösungsvermögen	5 bis 7 Å
Theoretisches Grenzauflösungsvermögen etwa	3 Å
(1 Å = 10 ⁻⁷ mm)	

Vergrößerung

Der nutzbare elektronenoptische Vergrößerungsbereich reicht von 200facher bis zu 200 000facher Vergrößerung

Elektronenstrahler

Strahlspannung	40—60—80—100 kV
Konstanz der Strahlspannung	2 · 10 ⁻⁵
Wellenlänge der Elektronen	3,7 bis 6,1 · 10 ⁻⁹ mm
Strahlstrom	max. 60 µA
Kleinster Strahldurchmesser in Kathoden-nähe	30 bis 50 µm
Apertur des Strahlers	5 · 10 ⁻³ bis 10 ⁻²

Feinstrahlkondensor

Kleinster auf dem Präparat einstellbarer Strahldurchmesser	2 µm
Querverschiebung	± 1 mm
Neigung	± 2 °

Objektschleuse

Objektwechselzeit	etwa 30 s
-------------------	-----------

Objekttisch

Tischbewegung in beiden Koordinaten	± 0,8 mm
1 Intervall (etwa 1,5 mm) der Meßtrommel-skala entspricht einer Tischbewegung von	etwa 1 µm

Objektiv

Normale Brennweite des Objektivs	2,8 mm
Verlängerte Brennweite des Objektivs	7,4 mm
Kleinste Brennweite der Zwischenlinse	5,6 mm
Konstanz des Objektivlinsenstroms	1 · 10 ⁻⁵

Zwischenbild

Abbildungsmaßstab des Bildes auf dem Zwischenbildschirm	510 : 1
Durchmesser des Zwischenbildes	35,7 mm
Größe des Beobachtungsspiegels	35 mm × 35 mm
Durchmesser der Beobachtungsfenster	36 mm

Projektiv

Normvergrößerung der fünf Projektiv-Polschuhsysteme	12,5:1; 31,2:1; 62,5:1; 125:1:1; 250:1
---	--

Endbild

Durchmesser der Normabbildung auf dem Endbildschirm	90 mm
Durchmesser der Normabbildung auf der Platte	96 mm
Größe der Beobachtungsfenster	90 mm × 50 mm
Vergrößerung der Fernrohrlupe	10fach
Gesichtsfelddurchmesser der Fernrohrlupe	etwa 20 mm

Elektronenbeugung

a) Beugung bei abgeschalteten Abbildungslinsen; Beugungslänge	587 mm
b) Kleinfeldbeugung	
Beugungslänge bei Verwendung von Projektiv-Polschuh 3	545 mm
Projektiv-Polschuh 4	1090 mm
Beugungsindex bei Feinstrahlbeleuchtung und abgeschalteten Abbildungslinsen	1,5 bis 2 · 10 ⁻⁵

$$\left(\text{Beugungsindex} = \frac{\text{Strahldurchmesser in Registrierebene}}{\text{Beugungslänge}} \right)$$

Abbildungsmaßstab auf der Fotoplatte bei Normvergrößerungen

Projektiv auf Norm-vergrößerung eingestellt		Normvergrößerungen (abgerundete Werte)	
Polschuh-system	Erregung	Objektiv und Zwischenlinse gemeinsam erregt	Objektiv erregt, Zwischenlinse ausgeschaltet
1	aus	2 500	200
1	ein	8 000	1 000
5	ein	20 000	2 500
2	ein	40 000	5 000
3	ein	80 000	10 000
4	ein	160 000	20 000

Die Abbildungsmaßstäbe auf dem Endbildleuchtschirm sind etwa 6 % geringer.

Aufnahmen

Aufnahmekammer mit Plattenwechsel-einrichtung für 12 Platten	Format 6,5 cm × 9 cm
Projektivtubus mit Filmkassette (Normalfilm mit 36 Aufnahmen)	24 mm × 36 mm

Vakuum

Erreichbares Vorvakuum	10 ⁻¹ Torr
Hinreichendes Vorvakuum	5 Torr
Normales Hochvakuum	10 ⁻⁴ Torr

Evakuierungszeiten:

vom Einschalten der Diffusionspumpen an	15 min
bei heißen Diffusionspumpen	2 min
Plattenschleuse	1 min

Objektträger

Außendurchmesser für Präparatblenden	2,4 mm
Außendurchmesser für Netze	2,4 mm und 3,2 mm (1/8")
Stärke der Lochblenden aus Platiniridium	1 mm
Lochzahl	1; 7 oder 19
Lochdurchmesser	0,07 mm
Stärke der Schlitzblenden aus Platiniridium	1 mm
Schlitzabmessung	1 mm × 0,1 mm und 1 mm × 0,05 mm
Stärke der Kupfernetze	0,02 mm

Objektpatronen

Patrone für Normalaufnahmen	
Patrone für Stereoaufnahmen	
Maximaler Stereowinkel	$\pm 5^\circ$

Elektrischer Anschluß

Netzanschluß	220 V Einphasen-Wechselstrom
Frequenz	50 oder 60 Hz
Leistungsaufnahme	max. 3,3 kVA
Anpassung an andere Netzspannungen und besondere Netzverhältnisse auf Anfrage	

Kühlwasseranschluß

Wasserverbrauch	60 l/h
Erforderlicher Wasserdruck	1,5 kp/cm ²
Wasseranschluß: Zuflußhahn mit $\frac{3}{8}$ " Schlauchtülle für die Kühlwasserleitung zu den Hochvakuum-pumpen und den elektromagnetischen Linsen.	
Wasserabfluß: Abflußtrichter.	
Erforderliche Temperatur des zufließenden Kühlwassers	10 bis 30° C
Zulässige Temperaturzunahme des abfließenden Kühlwassers	max. 5° C

Empfehlungen hinsichtlich des Mikroskopraumes

A. Erforderliche Mindestabmessungen:

Grundfläche, wenn Netzanschlußschrank mit untergebracht werden soll: 16 m²; Raumhöhe 2,5 m. Der Mindestabstand von Mitte Schrank bis Mitte Mikroskoprohr muß 3 m betragen. Der größtmögliche Abstand ist durch die Länge des Hochspannungskabels auf 9 m begrenzt.

Es ist empfehlenswert, den Schrank in einem Nebenraum aufzustellen. In diesem Fall ist für den Mikroskopraum eine Raumfläche von 9 bis 12 m² ausreichend.

Größere Räume sind wünschenswert.

Raumplanungsvorschlag auf Anfrage.

Vormontage-Unterlagen stehen zur Verfügung.

B. Empfehlenswerte Ausführung:

Verdunkelbarer Raum mit staubfreiem Wand- und Deckenanstrich sowie fugenlosem Bodenbelag.

Das ELMISKOP I

erfordert kein besonderes Aufstellungsfundament.

C. Raumtemperatur:

Zulässige Raumtemperatur für die Anlage etwa 40° C.

Gewichte

Gesamtgewicht netto	etwa 1200 kg
Stativ mit Röhre und Vakuumpumpen einschließlich Vorvakuum-pumpe	560 kg
Netzanschlußschrank einschließlich Hochspannungs-erzeuger	605 kg

Zusatz-einrichtungen

Zum Erweitern des Anwendungsbereiches können für das ELMISKOP I nachstehende Zusatz-einrichtungen geliefert werden:

Simultan-Beugungseinrichtung für gleichzeitige Beugungsuntersuchungen an zwei verschiedenen durchstrahlbaren Objekten, die auf zwei Blenden mit je einem Loch in die Simultanbeugungspatrone eingesetzt werden.

Maximaler Lochdurchmesser je 0,07 mm.

Patrone für Beugungsaufnahmen bei streifender Bestrahlung der Oberfläche leitender Objekte.

Maximale Probengröße 6 mm × 4 mm × 1,5 mm.

Objektkühleinrichtung zum Verhindern von Verschmutzungen empfindlicher Objekte durch Kühlen der Objektkammer mit flüssiger Luft und zum Untersuchen von Präparaten bei niedrigen Temperaturen.

Objektheizeinrichtung auf Anfrage.

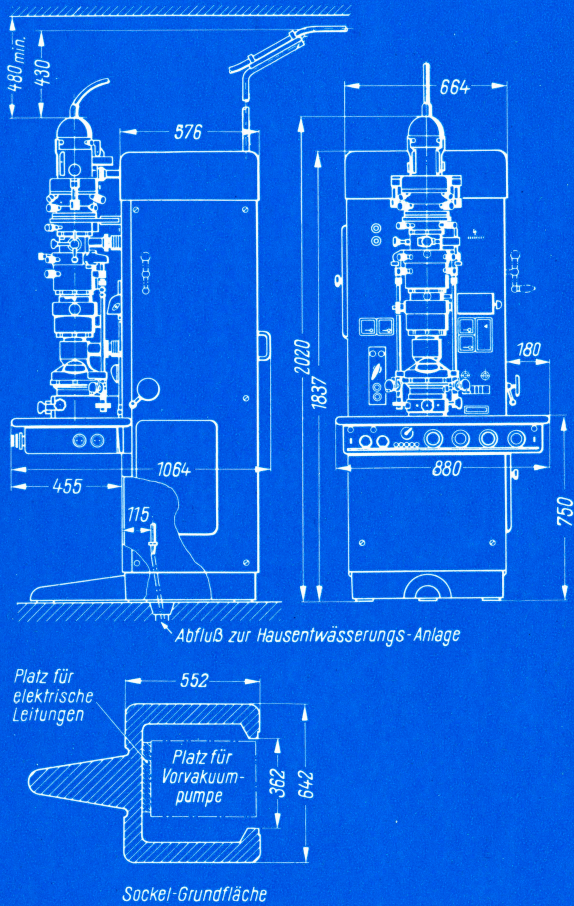
Universal-Beugungseinrichtung zum Aufnehmen von Elektronen-Beugungsdiagrammen von leitenden und nicht leitenden Objekten bei streifendem Einfall auf Festkörperoberflächen, die ohne Störung des Beugungsvorganges auf mehr als 1000° C erhitzt werden können.

Beugung an durchstrahlbaren Objekten.

Hilfsgeräte für die Präparation

Für die Präparationstechnik sind ein Vakuumbedampfungsgesät und ein Beschallgerät lieferbar.

Technische Beschreibungen über diese Zusatz-einrichtungen und Präparationsgeräte stellen wir gerne zur Verfügung.



Hauptmaße des Mikroskopstativs mit Röhre

Hauptmaße des Netzanschlußschrank

