Elektronenmikroskopie

**Bericht über Arbeiten des
AEG Forschungs-Instituts
1930 bis 1941**

Herausgegeben
von
Prof. Dr. Carl Ramsauer
Direktor des AEG Forschungs-Instituts

Mit über 200 Abbildungen

Zweite vermehrte Auflage des Selbstberichtes
„Zehn Jahre Elektronenmikroskopie“

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1942

3.—4. Tausend

**Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten**

Copyright 1942 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1942
Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag in Berlin 1942
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1942
ISBN 978-3-662-40914-5 ISBN 978-3-662-41398-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-41398-2

Vorwort zur ersten Auflage.

Ende 1930, viele Jahre bevor sich andere industrielle Stellen des In- und Auslandes in eigener experimenteller Forschungs- und Entwicklungsarbeit der Elektronenmikroskopie zugewandt haben, begannen im AEG Forschungs-Institut die systematischen Untersuchungen mit dem Ziel, „die geometrische Optik für Elektronen durchzubilden“ und „ein Elektronenmikroskop mit sehr starker Vergrößerung zu bauen“. Im Vordergrund des Interesses stand die Erschließung eines neuen, der Lichtmikroskopie unzugänglichen Gebietes, nämlich die Mikroskopie der Elektronenstrahler und die Erforschung der hier zugrundeliegenden Vorgänge. Bei Anwendung sehr starker Vergrößerung konnte man außerdem hoffen, zu Auflösungen zu kommen, die dem Lichtmikroskop nicht mehr zugänglich sind. Heute, nach 10 Jahren, ist die geometrische Elektronenoptik weitgehend ausgebaut. Sie ist das Fundament, auf dem die neuzeitliche Oszillographen- und Fernsehöhre, der Bildwandler, das Elektronenmikroskop und manches andere Gerät gewachsen oder zu hoher Vollendung gebracht worden sind. Auch das „Elektronenmikroskop mit sehr starker Vergrößerung“, das wir bei hoher Auflösung später als „Übermikroskop“ bezeichnet haben, ist inzwischen verwirklicht worden.

Diese kleine Schrift soll über den engen Kreis der Fachleute hinaus der Allgemeinheit einen Einblick in unsere nunmehr zehnjährige Arbeit auf dem Gebiete der Elektronenmikroskopie geben. Bei dieser Aufgabe muß das Schwergewicht der Darstellung in den Bildern als den unmittelbaren Ergebnissen liegen, während die zur Erreichung dieser Ergebnisse erforderliche experimentelle und theoretische Vorarbeit trotz ihrer grundlegenden Wichtigkeit hier zurücktritt. Der Text ist, soweit es sich nicht um Fragen des grundsätzlichen Zusammenhanges und der historischen Entwicklung handelt, auf das Notwendigste beschränkt worden. — Auch für die Fachleute wird die Bildzusammenstellung als solche einen gewissen Wert haben. Die einzelnen Mitarbeiter, denen die Firma die Erfolge bei der Erschließung der Elektronenoptik und bei der Entwicklung und Anwendung des Elektronenmikroskops verdankt, gehen am vollständigsten aus dem Literaturverzeichnis hervor. Im Text sind sie gegenüber den gelegentlich genannten institutsfremden Autoren an allen wichtigeren Stellen durch Hinweis auf das Literaturverzeichnis gekennzeichnet.

Berlin-Reinickendorf, Dezember 1940.
AEG Forschungs-Institut.

C. Ramsauer.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage dieses Selbstberichtes war in wenigen Monaten vergriffen. Die Neuauflage wurde auf den letzten Stand gebracht. Sie entspricht der Erstauflage mit folgenden Änderungen: Die technischen Angaben über die verschieden benutzten Durchstrahlungsmikroskope sind nicht mehr durch die zugehörigen Elektronenaufnahmen getrennt, sondern in einem Abschnitt zusammengefaßt. Das übermikroskopische Bildmaterial, das durch viele neue Bilder erweitert wurde, ist ohne Rücksicht auf das benutzte Instrument nach Sachgebieten neu geordnet. Die Literatur ist bis Ende des Jahres 1941 ergänzt.

In der Zwischenzeit haben unsere Forschungen und Entwicklungen über das Elektronenmikroskop eine besondere Anerkennung gefunden. Die Preussische Akademie der Wissenschaften hat an den Entwicklungsleiter unserer elektronenoptischen Arbeiten Dr.-Ing. habil. Brüche und seine Mitarbeiter Dr. Boersch und Dr. Mahl, welche sich besonders um die Entwicklung des Durchstrahlungs-Übermikroskops verdient gemacht haben, die silberne Leibniz-Medaille verliehen. Neben diesen beiden durch die Verleihung ausgezeichneten Mitarbeitern der letzten Jahre dürfen insbesondere die älteren Mitarbeiter Dr.-Ing. Johansson und Prof. Dr. Scherzer nicht vergessen werden, deren Namen mit der Erschließung der Elektronenoptik und der ersten Entwicklung des Elektronenmikroskops im Forschungsinstitut verbunden bleiben werden.

Berlin-Reinickendorf, November 1941.

C. Ramsauer.

Inhalt.

	Seite
I. Elektronenoptik und Elektronenmikroskopie	7
Definitionen. — Aus der Entwicklungsgeschichte der Elektronenoptik. — Wellenoptik und geometrische Optik des Elektrons. — Die magnetische Linse. — Die elektrische Linse. — Elektrische Einzellinse.	
II. Aus der Geschichte des Elektronenmikroskops	13
Aufgabestellung 1: Modellversuche über Elektronenbahnen in Feldern. — Aufgabestellung 2: Experimentelle Elektronenoptik. — Aufgabestellung 3: Emissionsmikroskopie. — Aufgabestellung 4: Übermikroskopie. — Aus der Entwicklung der elektrischen Einzellinse. — Aus der Entwicklung des elektrischen Elektronenbildes. — Erste elektronenoptische Oberflächenbilder. — Erste elektronenoptische Durchstrahlungsbilder. — Beispiele heute erreichbarer Abbildungsgüte.	
III. Emissionsmikroskopische Bilder	29
Kathodenforschung: Glühkathode, Oxydkathode, Thoriiertes Wolfram, Malter-Kathode, Fotokathode. — Metallurgie: Entstehen des Strukturbildes, Nickelstrukturbild, Strukturbild bei Platin usw., Sammelkristallisation, Eisenumwandlung, Gleitlinien. — Physik: Auflösungsvermögen, Korngrenzen, Schmelzvorgänge, Oberflächenschichten, Elektronenauslösung.	
IV. Durchstrahlungs-Mikroskopie	59
Zweck des Mikroskops, Übermikroskopie und Beugung, Vom Mikroskop zum Übermikroskop, Schatten-Übermikroskop, Abbildungs-Übermikroskop.	
V. Technik der Durchstrahlungs-Übermikroskopie	67
Vorbereitung eines Objektes, Einschleusen des Objekts, Scharfstellung des Elektronenbildes, Aufnahme des Elektronenbildes. — Präparation: Objektträgerfolie. — Methodik: Vergrößerungswahl, Dunkelfeld, Verschiedene Durchstrahlungsenergie, Stereoaufnahme. — Sonderverfahren: Beugung, Oberflächenabdruck. — Untersuchungstechnik: Dicke Objekte, Elektronenschäden, Verunreinigung, Vorgetäuschte Strukturen, Aufladungserscheinungen.	
VI. Übermikroskopische Bilder aus der unbelebten Natur	95
Chemie: Kolloide, Fasern, Rost. — Korrosion. — Physik: Aufdampfschicht, Salzkristalloberfläche. — Kristallographie: Ätzfigur. — Werkstoffkunde: Ruß, Zinkweiß, Kathodenpaste. — Bearbeitungsverfahren. — Metallurgie: Ätzmittel. — Geätzte Metalle: Reinstaluminium, Eisen, Nickel, Kupfer, Messing, Hydroxalium, Duraluminium, Nickel, Ausscheidungen. Galvanische Schichten.	
VII. Übermikroskopische Bilder aus der belebten Natur	141
Zoologie: Schmetterlinge, Schneckenschale. — Botanik: Diatomeen. — Bakteriologie: Geißeln, Hüllen, Innenstruktur, Zerfall. — Medizin: Krankheitserreger, Bakteriophagen, Blutkörperchen, Zellen, Viren.	
VIII. Veröffentlichungen	165
Buch-Veröffentlichungen: 1934. Geometrische Elektronenoptik; 1937. Beiträge zur Elektronenoptik. 1941. Elektronengeräte. Zehn Jahre Elektronenmikroskopie. Zeitschriften-Veröffentlichungen.	

Zusatz bei der Korrektur.

Erste übermikroskopische Aufnahme mit dem Immersionsobjektiv (Oxydkathode).
Mecklenburg. Vergr.: 10000 fach.

Während der Drucklegung haben unsere Forschungen und Entwicklungen ein Ziel, das wir uns bereits 1932 gestellt hatten, erreicht: Das Elektronenmikroskop mit sehr starker Vergrößerung zur Verfolgung von Emissionsvorgängen, d. h. das Emissions-Übermikroskop.

Im Jahre 1934 hatten unsere Bemühungen, die Auflösungsgrenze des Lichtmikroskops zu erreichen, noch keinen Erfolg gehabt [36]*. Doch mit dem allgemeinen Fortschritt auf elektronenmikroskopischem Gebiet wurden auch hier die Leistungen mehr und mehr verbessert (vgl. S. 26). Nachdem wir mehrfach

unsere Hoffnung, das Emissions-Übermikroskop erreichen zu können, ausgesprochen hatten [71, 135], stellte Recknagel durch die von ihm entwickelte Theorie des Emissionsmikroskops sicher, daß keine prinzipiellen Gründe die Erreichung der lichtoptischen Auflösungsgrenze unmöglich machen [145]. Nun ist durch Mecklenburgs Experiment gezeigt, daß das Immersionsobjektiv übermikroskopische Emissionsbilder zu geben vermag, wie es obige Aufnahme zeigt.

Das Emissions-Übermikroskop ist dem Durchstrahlungs-Übermikroskop an die Seite getreten. Damit ist auch die wissenschaftliche Streitfrage, ob es ein solches Emissions-Übermikroskop geben könne, endgültig im Sinne unserer Ansichten durch das Experiment entschieden.

22. 12. 41.

E. Brüche

* Ziffern in eckigen Klammern [] beziehen sich auf unsere im Literaturverzeichnis zusammengestellten Arbeiten am Ende des Heftes. Bei wörtlichen Zitaten sind Hinweise im Originaltext auf Fußnoten und Veröffentlichungen meist fortgelassen.