

auch für einen wesentlichen Teil der Störungen derselben verantwortlich zu machen ist. Neben der hohen Bedeutung der Ionosphäre für die Physik der hohen Atmosphäre und ihrer besonderen Bedeutung für die Ausbreitung elektrischer Wellen ergeben sich aus der Erforschung derselben auch Anhaltspunkte über Zustände und Vorgänge auf der Sonne selbst, die sich der direkten Beobachtung teilweise oder sogar vollständig entziehen. Darin liegt die besondere Bedeutung der Ionosphärenforschung für die Sonnenphysik. Sie tritt hier ergänzend und erweiternd neben die erdmagnetischen Erscheinungen (19), deren Bedeutung für die Physik der Sonne schon viel länger erkannt ist, in diesem Aufsätze aber nur flüchtig gestreift werden konnte.

*Literatur zu Teil II.*

1. H. MÖGEL, *Telefunkenztg.* 56, 14 (1930). —
2. H. DELLINGER, *J. of Res. Nat. Bur. of Standards* 10, 112 (1937). Hier auch weitere Literaturangaben. —

3. G. HALE, *Astrophys. J.* 73, 379 (1931). — J. BARTELS, *Terr. Mag. u. Atm. El.* 42, 235 (1937). — 4. W. GROTRIAN, *Naturwiss.* 19, 193 (1931). — 5. R. S. RICHARDSON, *Publ. Astr. Soc. Pac.* 49, 82 (1937). — 6. R. R. McMATH, *Publ. Observ. Michigan* 7, Nr 1. — 7. E. R. HOGE, *Publ. Astr. Soc. Pac.* 49, 213 (1937). — 8. M. WALDMEIER, *Z. Astrophysik* 14, 229 (1937). — H. W. NEWTON u. H. T. BARTON, *Monthly Not.* 97, 594 (1937). — R. S. RICHARDSON, *Publ. Astr. Soc. Pac.* 49, 233 (1937). — 9. L. V. BERKNER u. H. W. WELLS, *Terr. Mag. u. Atm. El.* 42, 301 (1937). — 10. R. NAISMITH u. W. T. G. BEYNON, *Nature (Lond.)* 142, 250 (1938). — 11. L. HARANG, *Gerl. Beitr. z. Geophys.* 46, 438 (1936). — 12. *Naturwiss.* 19, 190 (1931); 20, 55 (1932). — 13. G. HALE, *Astrophys. J.* 73, 379 (1931). — 14. R. McMATH u. E. PETIT, *Astrophys. J.* 85, 279 (1937). — 15. M. WALDMEIER, *Z. Astrophys.* 15, 299 (1938). — 16. S. CHAPMAN u. V. C. H. FERRARO, *Terr. Mag. u. Atm. El.* 1931—1933. — 17. K. O. KIEPENHEUER, *Z. Astrophys.* 10, 279 (1935). — 18. L. VEGARD, *Erg. exakt. Naturwiss.* 17, 229 (1938). — 19. Siehe die unter (1), (2), (3) in Teil I zitierten Berichte. — 20. J. BARTELS, *Z. Geophys.* 1938, 298.

## Ein Übermikroskop für Forschungsinstitute<sup>1</sup>.

VON B. V. BORRIES und E. RUSKA.

### 1. Einführung des neuen Übermikroskops.

Als Weiterentwicklung des ersten Übermikroskops<sup>2</sup> haben wir vor etwa einem Jahre ein verbessertes Gerät beschrieben<sup>3</sup>, mit dem seither eine Reihe von Untersuchungen über den sublichtmikroskopischen Aufbau von Bakterien und Viren, von Blutfaserstoff und Blutplättchen, von Kolloiden und Farben sowie von Stauben, Rauchen und Mineralien durchgeführt worden sind<sup>4-14</sup>. Auch

<sup>1</sup> Mitteilung aus dem Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens & Halske-A.-G.

<sup>2</sup> E. RUSKA, Über Fortschritte im Bau und in der Leistung des magnetischen Elektronenmikroskopes. *Z. Physik* 87, 580 (1934).

<sup>3</sup> B. v. BORRIES u. E. RUSKA, Vorläufige Mitteilung über Fortschritte im Bau und in der Leistung des Übermikroskopes. *Wiss. Veröff. Siemens* 17, 99 (1938).

<sup>4</sup> B. v. BORRIES, E. RUSKA u. H. RUSKA, Übermikroskopische Bakterienaufnahmen. *Wiss. Veröff. Siemens* 17, 107 (1938).

<sup>5</sup> B. v. BORRIES, E. RUSKA u. H. RUSKA, Bakterien und Virus in übermikroskopischer Aufnahme. *Klin. Wschr.* 17, 921 (1938).

<sup>6</sup> H. RUSKA, Übermikroskopische Darstellung organischer Struktur (vom Größenbereich der Zelle bis zum Ultravirus). *Arch. exper. Zellforsch.* 22, 673 (1939).

<sup>7</sup> G. PIEKARSKI u. H. RUSKA, Übermikroskopische Darstellung von Bakteriengeißeln. *Klin. Wschr.* 18, 383 (1939).

<sup>8</sup> H. FRIESS u. H. O. MÜLLER, Staube und Rauche im Übermikroskop. *Gasmaste* 11, 1 (1939).

<sup>9</sup> H. RUSKA, B. v. BORRIES u. E. RUSKA, Die Bedeutung der Übermikroskopie für die Virusforschung. *Arch. ges. Virusforsch.* 1, 155 (1939).

<sup>10</sup> F. FRANK u. H. RUSKA, Übermikroskopische Untersuchung der Blaustruktur der Vogelfeder. *Naturwiss.* 27, 229 (1939).

<sup>11</sup> W. EITEL, H. O. MÜLLER u. O. E. RADZWESKI, Übermikroskopische Untersuchungen an Tonmineralien. *Ber. Dtsch. Keram. Ges.* 20, 165 (1939).

dieses zweite Gerät mußte indessen noch als Versuchsgesetztes angesprochen werden. Es eignete sich nicht dazu, ohne dauernde Wartung durch elektrooptisch geschulte Wissenschaftler in der Hand von Forschern zu arbeiten, die keine elektrotechnischen und vakuumtechnischen Spezialkenntnisse haben. Wir haben daher jetzt eine dritte Ausführungsform entwickelt, die in ihrem Aufbau geschlossener, in ihrer Leistung sicherer und in ihrer Bedienung einfacher ist, so daß sie im Forschungsbetrieb verschiedenster Institute angewendet werden kann, wenn die Mikroskopie in das Gebiet höherer Auflösungen fortgesetzt werden soll.

### 2. Aufbau und Wirkungsweise des neuen Gerätes.

Das neue Übermikroskop und die dazugehörigen Schaltanlagen sind in Fig. 1 zu sehen. Einen schematischen Vergleich zwischen dem Aufbau des Lichtmikroskops und des Übermikroskops zeigt Fig. 2. In welcher Weise die Bildentstehung zustande kommt<sup>15</sup>, welche Eigenschaften das entstehende Bild<sup>16</sup> hat und wie die Abhängigkeit des

<sup>12</sup> G. A. KAUSCHE, E. PFANKUCH u. H. RUSKA, Die Sichtbarmachung von pflanzlichem Virus im Übermikroskop. *Naturwiss.* 27, 292 (1939).

<sup>13</sup> G. PIEKARSKI u. H. RUSKA, Übermikroskopische Untersuchungen von Bakterien unter besonderer Berücksichtigung der sog. „Nucleoide“. *Arch. Mikrobiol.* 10, 302 (1939).

<sup>14</sup> C. WOLPERS u. H. RUSKA, Strukturuntersuchungen zur Blutgerinnung. *Klin. Wschr.* 18, 1077 u. 1111 (1939).

<sup>15</sup> B. v. BORRIES u. E. RUSKA, Über die Bildentstehung im Übermikroskop. *Z. techn. Phys.* 19, 402 (1938).

<sup>16</sup> B. v. BORRIES u. E. RUSKA, Eigenschaften der übermikroskopischen Abbildung. *Naturwiss.* 27, 281 (1939).

Auflösungsvermögens von den für das Mikroskopieren wichtigen Größen ist<sup>17</sup>, haben wir früher erörtert. Ebenso ist die in unserem Laboratorium geübte Untersuchungstechnik bereits mitgeteilt worden<sup>18</sup>. Eine ausführliche Beschreibung des Gerätes wird gleichzeitig an anderer Stelle gegeben<sup>19</sup>;

hier soll nur der Aufbau soweit geschildert werden, als zum Verständnis des folgenden erforderlich ist.

Die Gesamtanlage besteht aus der in Fig. 2 dargestellten Vakuumröhre, die an einem Stativ befestigt ist (Fig. 1), der Pumpanlage, der Hochspannungsanlage, dem Maschinensatz und den Regel- und Schaltgeräten (Fig. 1) und der Akkumulatorbatterie zur Lieferung der Spulengleichströme.

Die Vakuumröhre enthält den gesamten, abbildenden elektronenoptischen Strahlengang von der Glühkathode bis zur photographischen Platte. Der Elektronenstrahl wird in einem Dreielektroden-system erzeugt, wie es von der BRAUNschen Röhre her bekannt ist. Die Kondenserspule sammelt die Elektronenstrahlen auf das Objekt, das mittels einer Schleuse ohne Stören des Vakuumszustandes leicht ausgewechselt werden kann. Nach Durchsetzen des Objekts treten die Elektronen in die Objektivlinse ein, die als Polschuhs-pule ausgebildet ist. Durch das sich zwischen den Polschuhen ausbildende, sehr kurze und starke, drehsymmetrische Magnetfeld werden die Elektronen ebenso wie Lichtstrahlen durch eine Glaslinse so beeinflusst, daß alle von einem Objektpunkt ausgehenden Strahlen sich in einem Punkt des Zwischenbildschirmes wieder vereinigen. Hier entsteht daher in einer ersten Stufe ein reelles Elektronenbild, das man auf dem Zwischenbildschirm auffängt, und durch Fenster im Objektivtubus betrachten kann. Der Zwischenbildleuchtschirm hat in der Mitte ein Loch, und der hier hindurchfallende Teil der Elektronen des Zwischenbildes tritt in die Projektionslinse ein, die wiederum aus einer Polschuhs-pule besteht und in einer zweiten reellen Vergrößerungsstufe das Endbild auf dem Leuchtschirm der Plattenkassette erzeugt. Durch 3 Fenster kann dieses Endbild von 3 Beobachtern gleichzeitig mit beiden Augen bei guter Helligkeit betrachtet werden. Dadurch, daß das Objekt gegen das Objektiv wie beim Lichtmikroskop verschoben werden kann, ist es möglich, das Objekt nach interessierenden Bereichen abzusuchen. Unterhalb des Leuchtschirmes liegt eine photographische Platte, auf der das Bild aufgefangen und festgehalten werden kann, wenn man den Leuchtschirm beiseite klappt. Die photographische Platte kann mit Hilfe einer Schleuse ohne Störung des Vakuums ausgewechselt werden. Die gesamte Vakuumröhre besteht aus zahlreichen Einzelteilen, die konzentrisch zusammengesetzt und mit Gummidichtungen oder Fettschliften gegeneinander gedichtet werden.

Als Pumpanlage arbeitet eine Quecksilberdiffusionspumpe in Reihe mit einer rotierenden Ölpumpe. Zwischen Vakuumröhre und Quecksilberpumpe ist eine Kühlfalle für flüssige Luft angebracht, die sich mit der Quecksilberpumpe und dem Vakuumgefäß in dem Hohlständer (Fig. 1) befindet und durch eine Tür leicht zugänglich ist. Die Hochspannungsanlage besteht aus Transformator, Gleichrichter und Glättungskondensatoren. Dem Mikroskop wird die Hochspannung

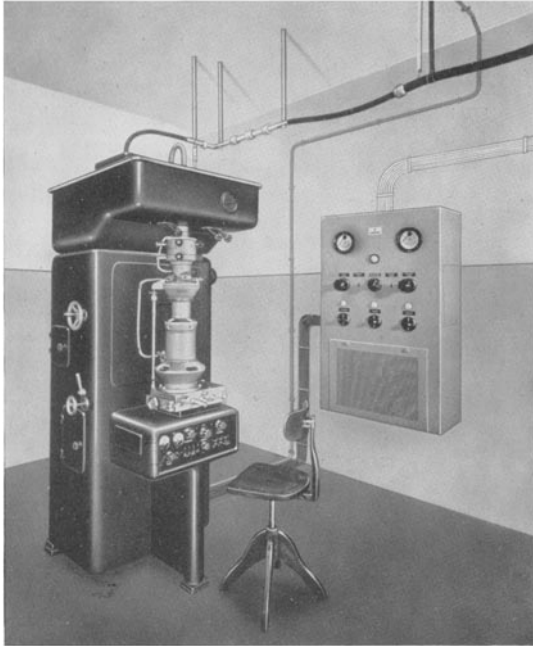


Fig. 1. Siemens-Übermikroskop nach RUSKA und V. BORRIES mit Schaltschrank für Hochspannungserzeugungsanlage.

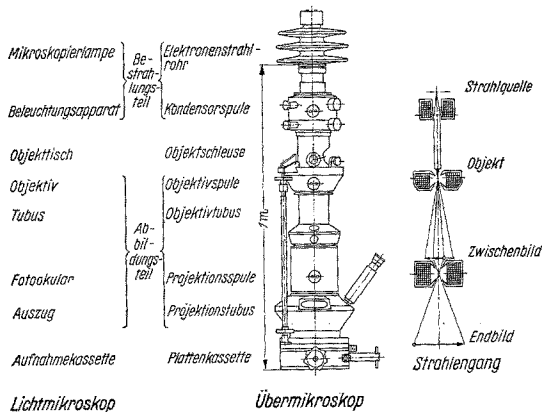


Fig. 2. Schematischer Vergleich zwischen Lichtmikroskop und Übermikroskop.

<sup>17</sup> B. V. BORRIES u. E. RUSKA, Versuche, Rechnungen und Ergebnisse zur Frage des Auflösungsvermögens beim Übermikroskop. Z. techn. Phys. 20, 225 (1939).

<sup>18</sup> H. RUSKA, Übermikroskopische Untersuchungstechnik. Naturwiss. 27, 287 (1939).

<sup>19</sup> B. V. BORRIES u. E. RUSKA, Aufbau und Leistung des Siemens-Übermikroskops. Z. wiss. Mikrosk. 156, 1939 (im Druck).

mittels eines gummiisierten Kabels zugeführt. Die Heizung der Glühkathode des Elektronenstrahlrohrs erfolgt dabei durch einen auf einem Isolator innerhalb der Hochspannungsschirmung des Gerätes stehenden Akkumulator.

Der Hochspannungstransformator wird erregt durch eine Spannung, die mit einem besonderem *Synchronumformersatz* erzeugt wird, um die Spannungsschwankungen des Netzes vom Gerät fernzuhalten. Eine weitere Beruhigung der Spannung wird durch einen *Röhrenregler* herbeigeführt.

Die *Schalt- und Regelorgane* für die Kontrolle des Vakuums, die Inbetriebnahme der Maschinen und Gleichrichter und die Bedienung des Mikroskops sind in 2 Schalttafeln zusammengefaßt (Fig. 1).

### 3. Die Bedienung des neuen Übermikroskops.

#### *Herstellung des Vakuums.*

Zur Inbetriebnahme wird nach Anstellen des Kühlwassers die Hochvakuumpumpe, eine dreistufige Quecksilberdiffusionspumpe, im Hohlstativ des Übermikroskops mit Gas angeheizt. Mit der Vorvakuumpumpe wird zur gleichen Zeit der Innenraum des Übermikroskops etwa auf deren Grenzvakuum gebracht. Hiernach wird der Hochvakuumhahn zum Übermikroskop geöffnet, womit man in einer Minute ein Vakuum von  $10^{-4}$  bis  $10^{-5}$  mm Hg erreicht; dessen Güte an der Farbe einer Hochfrequenzentladung leicht zu überprüfen ist.

#### *Bereitstellung der elektrischen Anlage.*

Während der Herstellung des Vakuums kann bereits das Anheizen des Röhrenreglers und der Gleichrichterventile der Hochspannungsanlage sowie die Einschaltung der elektrischen Maschinen von dem in Fig. 1 rechts befindlichen Schaltschrank aus erfolgen. Alle weiteren Bedienungsgriffe sind auf einer Schalttafel unter der Plattenschleuse zusammengefaßt und vor dem Gerät sitzend zu betätigen.

#### *Einschleusung des Objektes.*

Das zur Untersuchung vorbereitete Objekt wird in das betriebsfertige Gerät eingeschleust. Die Objektschleuse ist hierzu als ein das Mikroskop quer durchsetzenden Hahn ausgebildet, dessen Kükenbohrung das Objekt trägt und nach Belieben mit der Außenwelt verbunden oder in die optische Achse des Instrumentes gebracht werden kann. Zwei Anschläge lassen die jeweilige Hahnstellung leicht finden. Das eingeschleuste Objekt kann durch einen besonderen Mechanismus dem darunter befindlichen Objektiv genähert und in jede beliebige Entfernung von diesem gebracht werden. Durch diesen Objektabstand ist gleichzeitig die für die erste Abbildungsstufe wirksam werdende Vergrößerung gegeben. Die mit dem Objekt eingeführte Luftmenge beträgt nur wenige Kubikzentimeter und wird in wenigen Sekunden vollkommen weggesaugt. Das Absaugen kann an der Hochfrequenzentladung verfolgt werden.

#### *Einschalten und Einstellen des Elektronenstrahles.*

Nach Abschalten der Hochspannungserdung und Einschalten der Hochspannung wird die Kathodenheizung und die Spannung an der Steuerelektrode eingeschaltet. Durch Regelung der letzteren Spannung wird der Sollwert des Strahlstromes eingestellt. Ist der Bestrahlungsteil vom vorhergehenden Mikroskopieren noch mechanisch richtig eingestellt, so erscheint bei ausgeschalteten Spulenströmen (Linsen) ein heller Punkt auf dem Zwischenbildschirm und, falls dieser durch entsprechende Objektverschiebung in die Öffnung des Schirmes geschoben wird, auch auf dem Schirm für das Endbild. Der helle Punkt wird durch denjenigen Strahlteil, welcher durch das Objekt und die Aperturblenden der Objektiv- bzw. auch der Projektionspule ungehindert hindurchtritt, erzeugt.

#### *Einstellen des Bildes.*

Mit dem Einschalten der Spulenströme erscheinen an Stelle der Punkte Zwischenbild und Endbild auf den Leuchtschirmen. Wenn notwendig, läßt sich die Bildhelligkeit durch Änderung des Stromes der Kondensospule steigern. Die genaue Scharfeinstellung erfolgt durch eine Grob- und Feinregulierung des Objektivspulenstromes, die Regelung der zweiten Vergrößerung durch Änderung des Stromes der Projektionspule. Um die Scharfeinstellung zu erleichtern, kann ein Gesichtsfeld des Leuchtschirmbildes von 30 mm Durchmesser ohne störenden Helligkeitsverlust bei etwa 4facher Vergrößerung durch ein auf das Beobachtungsfenster gesetztes Mikroskop betrachtet werden.

#### *Verschiebung und Absuchen des Objektes.*

Das scharf eingestellte Objekt wird nun vom Beobachter quer zur optischen Achse verschoben und auf interessierende Bereiche abgesucht. Bei der Verschiebung in zwei aufeinander senkrechten Richtungen liegen Unterarme und Hände bequem auf dem als „Mikroskopiertisch“ dienenden vorderen Anbau des Hohlstativs. Die getroffene Anordnung ermöglicht eine vollkommen sichere und gleichförmige Objektführung, selbst bei Verwendung höchster Vergrößerungen.

#### *Photographische Aufnahme.*

Findet man bei diesem Absuchen eine Stelle des Präparates, die im Bild festgehalten werden soll, so wird zunächst über den bis jetzt beobachteten „Schleusenleuchtschirm“ durch einen an der Plattenschleuse befindlichen Drehschliff ein weiterer „Klappleuchtschirm“ gebracht, der bei der Aufnahme als Expositionsklappe dient. Der Schleusenleuchtschirm wird mittels eines weiteren Drehschliffes an der Plattenschleuse nach der Seite weggeschoben und öffnet dabei gleichzeitig eine unter ihm eingelegte Kassette mit der photographischen Platte. Die Exposition der Platte zur Herstellung des „Elektronenmikrogramms“ kann jetzt durch die Bedienung des Klappleuchtschirmes er-

folgen und dauert etwa 1 Sekunde. Nach der Aufnahme wird zum Schließen der Kassette der Schleusenleuchtschirm zurückgeschoben. Er dient gleichzeitig als inneres Schleusentor. Durch einen dritten Griff wird er nach oben an eine Dichtung gepreßt, wodurch die Plattenschleuse gegen das Mikroskop vakuumdicht abgeschlossen wird. Es kann jetzt durch einen Mehrwegehahn Luft in den Raum der Plattenschleuse eingelassen und die Kassette durch das äußere Schleusentor unter Aufrechterhaltung des Vakuums im Übermikroskop ausgewechselt werden. Zur Herstellung der erneuten Aufnahmebereitschaft wird dann der Schleusenraum zuerst unmittelbar durch die Vorvakuumpumpe evakuiert (Manometerkontrolle) und schließlich das innere Schleusentor wieder geöffnet. Bei der Leistung der Pumpanlage ist es möglich, den Plattenwechsel vom Abschalten bis zum erneuten Einschalten der Hochspannung in einer Minute durchzuführen. Soll mit der neuen Platte auch ein neues Objekt aufgenommen werden, so wird das Objekt in die Kükenbohrung der Objektschleuse zurückgeholt und nach Drehen des Schleusenschliffs herausgenommen.

#### Bestimmung der Vergrößerung.

Zur Bestimmung der Vergrößerung des gewonnenen Bildes muß aus einer lichtmikroskopischen Messung der Durchmesser der Objektträgerblende genau bekannt sein. Diese wird im Zwischenbild als hell leuchtende Scheibe abgebildet und kann mittels einer auf dem Zwischenbildeuchtschirm angebrachten Millimeterteilung, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme des zur Scharfeinstellung dienenden Mikroskops, gemessen werden. Aus dem Verhältnis beider Daten ergibt sich die erste Vergrößerungsstufe. In entsprechender Weise erhält man das Maß der zweiten Abbildungsstufe. Etwa in der Zwischenbildebene kurz vor der Projektionslinse befindet sich die Zwischenbildblende, deren Durchmesser das auf der photographischen Platte ausgeleuchtete Kreisfeld bestimmt. Das Verhältnis beider Durchmesser gibt den Abbildungsmaßstab der 2. Stufe. Das Produkt beider Abbildungsmaßstäbe ergibt den gesamten Abbildungsmaßstab. Bei dem neuen Gerät können 2 Objektträgerfassungen verwendet werden, von denen die normale bei 3,8 mm Brennweite eine größte Abbildung im Maßstab 85 : 1, die zweite bei 2,5 mm Brennweite eine solche im Maßstab 130 : 1 ergibt. Da in zweiter Stufe bei 1,1 mm Brennweite der Projektionslinse eine Abbildung von 230 : 1 erreicht wird, beträgt der gesamte Abbildungsmaßstab 20000 : 1 bzw. 30000 : 1.

#### Auswechseln der Glühkathode.

Außer den beschriebenen Arbeiten zur Vorbereitung des Gerätes und Durchführung der Mikroskopie muß der Mikroskopiker auch das Auswechseln der Glühkathode übernehmen. Die Lebensdauer der Glühkathoden beträgt je nach Sauberkeit des Arbeitens und nach Dichtheit des Gerätes mehrere Stunden bis mehrere Tage. Zum

Kathodenwechsel wird das Gerät nach Absperren des Hochvakuumhahnes über den Mehrwegehahn mit Luft gefüllt. Der Kathodenschalt am oberen Ende des Mikroskopes kann dann herausgehoben und der daran befestigte Glühkathodeneinsatz ausgewechselt werden. Der Glühfaden der vorrätig gehaltenen Kathodeneinsätze ist so genau ausgerichtet, daß keinerlei Justierarbeit beim Austausch erforderlich ist. Die neue Glühkathode wird nach Wiederherstellung des Vakuums geheizt und die gewünschte Emission eingestellt. Erscheint nach Einschaltung der Spulenströme der bei herausgenommenem Objekt auf dem Zwischenbildeuchtschirm sichtbare Leuchtfleck nicht völlig in der Schirmmitte, so wird der gesamte Bestrahlungsteil (Elektronenstrahlrohr mit Kondensospule) durch 2 Schraubenpaare um geringe Beträge in der zur optischen Achse senkrechten Ebene verschoben, oder mit dem Zentrum im Objekt um kleine Beträge gegen die Achse des Abbildungsteiles geneigt, bis der Leuchtfleck auf die Schirmmitte fällt.

#### Außerbetriebnahme des Gerätes.

Zur Außerbetriebnahme des Gerätes hat man nach Abschaltung des Spulenstromes sowie der Kathodenheizung und Steuerspannung die Hochspannung auszuschalten und das Gerät zu erden. Dann wird der Hochvakuumhahn geschlossen und die Pumpenheizung und die Wasserkühlung abgestellt. Das Gerät verbleibt also unter Vakuum, damit bei der Wiederinbetriebnahme die Pumpeneinrichtung möglichst wenig belastet wird und auch im Betrieb ein gutes Endvakuum erzielt wird. Zum Schluß wird die Maschinenanlage mit der Reglereinrichtung vom Schaltschrank aus stillgelegt.

#### 4. Aufstellung der übermikroskopischen Einrichtung.

Für die gesamte räumliche Anordnung einer Einrichtung für Übermikroskopie kann man (s. Fig. 3) zweckmäßig drei nebeneinanderliegende Räume vorsehen, von denen der mittlere den Arbeiten mit dem Übermikroskop dient und ver-

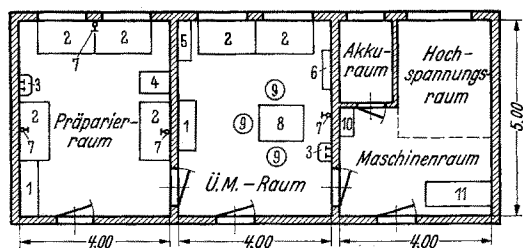
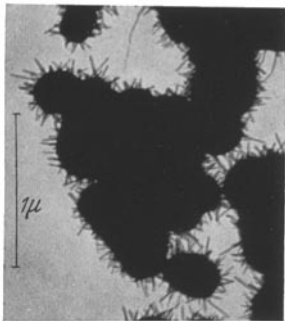


Fig. 3. Vorschlag für die Aufstellung eines Übermikroskopes mit Nebenapparaten. 1 Schrank; 2 Tisch; 3 Wasser; 4 Lichtmikroskop, 5 Stehleiter; 6 Hauptschalttafel; 7 Gasanschluß; 8 Übermikroskop; 9 Stuhl; 10 Vorvakuumpumpe; 11 Maschinensatz. Die Räume sollen möglichst im Keller liegen und sollten mindestens 3,50 m hoch sein.

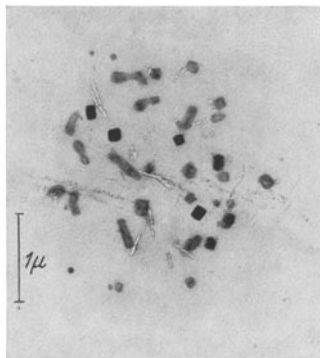
dunkelbar sein muß. In ihm soll sich ein Schrank für die Aufnahme der Werkzeuge, Ersatzkathoden, Kassetten und für die weiteren zur Wartung des Übermikroskopes erforderlichen Gegenstände befinden.

An den Mittelraum schließt sich auf der einen Seite der Raum für die elektrischen Betriebseinrichtungen an. Es ist ratsam, den Transformator und die Erregermaschine nicht allzu nahe am Mikroskop aufzustellen, damit durch das magnetische Streufeld kein Schwingen des Bildes auftritt und nicht in



II 653/38

Fig. 4. Wolframpulver. Präparat: Dawihl. Aufnahme: H. O. MÜLLER, Abbildung 20000:1 (elektronenoptisch 25000:1). Die einzelnen Teilchen des Pulvers sind mit feinen Kristallnadeln besetzt, deren Anwesenheit bisher unbekannt war.

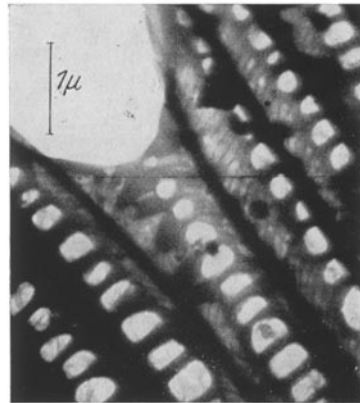


II 501/39

Fig. 5. Zigarrenrauch. Präparat und Aufnahme: H. RUSKA, Abbildung 11500:1, elektronenoptisch 13000:1. Aus dem gegen den Objektträgerfilm geblasenen Rauch haben sich Tröpfchen abgesetzt. Beim Eindunsten der Flüssigkeit sind Kristalle zurückgeblieben. An den Stellen der länglichen, mit dunklem Rand versehenen Gebilde sind vorher Substanzen gewesen, die unter der Elektronenbestrahlung flüchtig geworden sind, was man kurz nach dem Einschalten des Strahls beobachten konnte.

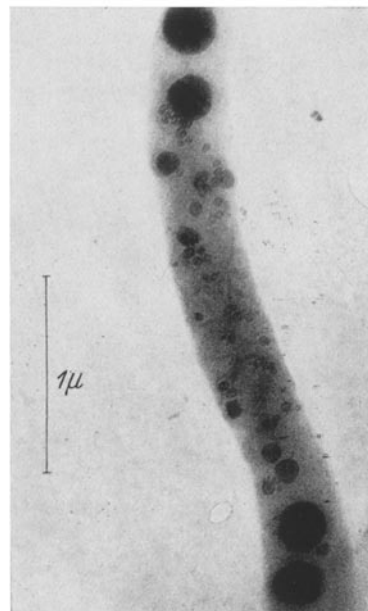
allzu großer Nähe Erschütterungen erzeugt werden. Die Maschinen sind gefedert aufgestellt. Da das Übermikroskop infolge der hohen Vergrößerungen gegen mechanische Erschütterungen empfindlich ist, sind im Erdgeschoß liegende Räume zu bevorzugen. Noch besser ist es, wenn das Gerät auf einem besonderen, vom übrigen Raum getrennten,

schweren Fundament aufgestellt wird. An Anschlüssen für den Betrieb des Übermikroskopes werden benötigt: Drei-Phasen-Kraftanschluß, Wasser- und Gasanschluß.



II 651/39

Fig. 6. Flügelschuppe eines Schmetterlings (Noctuide). Präparat und Aufnahme: H. RUSKA, Abbildung 12000:1. Außer den groben, auch lichtoptisch noch erkennbaren Strukturen beobachten wir feinere Unterteilungen der Rippen und dünne, die großen Löcher überspannende Fäden, deren Vorhandensein bisher nicht bekannt war.

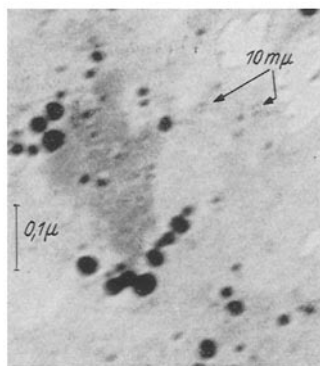


II 434/39

Fig. 7. Bacillus der Hühnertuberkulose. Präparat: A. LEMBKE und J. CHRISTOPHERSEN. Aufnahme: H. RUSKA, Abbildung 26000:1. Innerhalb des Bakterienleibes sind deutlich „Granula“ sehr verschiedener Größe zu erkennen.

An die andere Seite des Mittelraumes schließt sich ein Zimmer an, das der Präparation der zu untersuchenden Objekte dient. Hier befinden sich die Einrichtungen zur Vorbereitung von Ob-

jektträgern und Objekten<sup>1</sup>, ein leistungsfähiges Lichtmikroskop mit mikrophotographischer Einrichtung, ein Schrank für die Aufbewahrung von Objektträgerblenden und Präparationsbestecken, sowie dem jeweiligen Forschungsgebiet entsprechende Arbeitseinrichtungen.



III 36/39

Fig. 8. Kolloidales Silber. Abbildung 85000:1, elektronenoptisch 19500:1. An den gekennzeichneten Stellen erkennt man eine Auflösung von 10 mμ.

Neben diesen Räumen ist eine Dunkelkammer erforderlich, die mit einer Vergrößerungseinrichtung versehen sein muß. Da sich beim Arbeiten mit dem Übermikroskop eine große Zahl von Platten ansammelt, welche die Belege über die ausgeführten Untersuchungen darstellen, empfiehlt es sich, ein sorgfältig geführtes Plattenarchiv anzulegen. Außerdem sollten lichtoptische Vergleichsuntersuchungen in Mikrophotographien festgelegt werden, da im allgemeinen übermikroskopische Präparate nicht wie lichtoptische Präparate ständig aufbewahrt werden können.

<sup>1</sup> Siehe Fußnote 18 auf S. 578.

## Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

### Bandenspektroskopische Untersuchungen über die Molekülbildung.

Im Bandenspektrum des Aluminiumhydrids gibt es einige diffuse Absorptionslinien, die auf ein Zerfallen des Moleküls in die Atome hindeuten:  $\text{AlH} \rightarrow \text{Al} + \text{H}$ . In thermischer Emission, z. B. im KINGSCHEN Ofen oder im Hochdruckbogen, treten diese Linien auch als Emissionslinien auf. Es liegt also auch die Möglichkeit vor, die Bildung von  $\text{AlH}$  aus den Atomen durch die Ausstrahlung dieser Linien zu untersuchen. Wenn die Molekülbildung nur oder überwiegend auf diese Weise geschähe, würde sich das Bandenspektrum in thermischer Emission so eigenartig entwickeln, daß zuerst die diffusen Linien zum Vorschein kommen, worauf allmählich die anderen Linien auftreten und an Intensität gewinnen sollten, bis die thermische Gleichgewichtsverteilung erreicht wäre. Es liegen einige Mitteilungen von HULTHÉN und RYDBERG<sup>1</sup> sowie von STENVINKEL<sup>2</sup> vor, die in diese Richtung zeigen. Sie finden nämlich einen Intensitätsüberschuß für

<sup>1</sup> E. HULTHÉN u. R. RYDBERG, Nature (Lond.) 131, 470 (1933).

<sup>2</sup> G. STENVINKEL, Nature (Lond.) 143, 854 (1939).

## 5. Anwendungen.

Aus den zu Anfang genannten Abhandlungen<sup>1</sup> lassen sich die Anwendungsgebiete erkennen, deren Bearbeitung schon aufgegriffen wurde. Es sind dies die Kolloidchemie im weitesten Sinne des Wortes und in der Biologie Strukturforchung, Bakteriologie und Virusforschung. In großen Arbeitsbereichen wie dem der Genetik, der normalen und pathologischen Anatomie liegen systematische Untersuchungen noch nicht vor, doch haben wir Grund zu der Annahme, daß auch die Objekte dieser Gebiete durch die Entwicklung geeigneter Hilfsverfahren der Untersuchung mit dem Übermikroskop zugänglich gemacht werden können. Abschließend zeigen wir von den etwa 3000 mit dem Versuchsgerät gemachten Aufnahmen einige Bilder, die neue Beispiele von zur Zeit mit unseren Geräten bearbeiteten Problemen darstellen<sup>2</sup>. Im einzelnen ist in den Bildunterschriften das nötige gesagt. Das letzte Bild zeigt eine mit dem neuen Übermikroskop gemachte Aufnahme von Silberkolloid mit einem Auflösungsvermögen von 10 mμ an der gekennzeichneten Stelle.

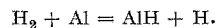
Wir danken Herrn H. SCHUCHMANN für die Durchführung der Konstruktion des neuen Übermikroskopes, Herrn H. O. MÜLLER für die Inbetriebnahme und die Erprobung des Gerätes und seiner Hilfseinrichtungen sowie Herrn H. RUSKA für verschiedene das Mikroskopieren erleichternde konstruktive Vorschläge.

<sup>1</sup> Siehe Fußnoten 4–14 auf S. 577.

<sup>2</sup> Weitere Bilder siehe u. a. in den im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift erschienenen Arbeiten: G. A. KAUSCHE, E. PFANKUCH u. H. RUSKA, Naturwiss. 27, 292 (1939) (Tabakmosaik-Virus) und F. FRANK u. H. RUSKA, Naturwiss. 27, 229 (1939) (Blaustruktur der Vogelfeder).

die diffusen Linien. STENVINKEL gibt noch an, daß dieser Überschuß mit der Zeit sich verringert.

Außer aus den getrennten Atomen kann aber die Bildung von  $\text{AlH}$  im Gasraum sich nach der folgenden reversiblen Umsetzung vollziehen:



Je nach der Energie der  $\text{H}_2$ -Moleküle entstehen dann  $\text{AlH}$ -Moleküle mit Energien kleiner als der Dissoziationswert, d. h. die Moleküle werden in den stabilen Niveaus der  $^1\Sigma$  und  $^3\Pi$ -Zustände gebildet. Wir haben es hier mit einer Art Dreierstoß zu tun, weshalb eine hohe Ausbeute zu erwarten ist.

Hiernach liegt kein Anlaß vor, einen Intensitätsüberschuß in den diffusen Linien aus Molekülbildungsvorgängen zu deuten. Es ist vielleicht dann von Interesse, daß ich vor einigen Jahren bei Versuchen mit einem  $\text{Al}$ -Bogen ebenfalls einen Intensitätsüberschuß für Linien mit hohen  $J$ -Werten beobachtete, aber dieses Verhalten als eine Folge der Selbstabsorption (für kleine  $J$ ) in den äußeren, kühleren Schichten des Bogens deutete. Es sei hier noch an die Mitteilung von ERIKSSON und HULTHÉN<sup>1</sup> erinnert, nach der sie mit dem

<sup>1</sup> G. ERIKSSON u. E. HULTHÉN, Z. Physik 34, 775 (1925)