

Die Entstehung des Elektronenmikroskops

(Zusammenhang zwischen Realisierung und erster Patentanmeldung,
Dokumente einer Erfindung)

Ernst Ruska

I. Physikalische Grundlage des Elektronenmikroskops	525
II. Erste elektronenoptische Experimente und Bau des ersten Elektronenmikroskops (E. Ruska, M. Knoll)	527
III. Erste Patentanmeldung zur vergrößerten, elektronen-optischen Abbildung von Gegenständen (R. Rüdtenberg)	531
IV. Entwicklung des Elektronenmikroskops zu sublichtmikroskopischer Auflösung	545
V. Erfindungs-Prioritäten und Bedeutung der Rüdtenberg-Patentanmeldungen während der Entwicklung des heutigen Elektronenmikroskops	548

I. Physikalische Grundlage des Elektronenmikroskops

Das Elektronenmikroskop hat seine heutige Bedeutung für viele Zweige der Naturwissenschaften und der Medizin erst gewonnen, nachdem es mit seiner Hilfe gelang, von genügend schnellen Elektronen durchstrahlte mikroskopische Präparate mit einer sehr viel besseren Auflösung abzubilden als dies mit dem Lichtmikroskop möglich ist. Die wesentlichen physikalischen Voraussetzungen zu dieser Fähigkeit sind einerseits die Linsenwirkung drehsymmetrischer magnetischer und elektrischer Felder auf Elektronenstrahlbündel, die längs deren Symmetrieachse verlaufen, andererseits die sehr kurzen Materiewellen genügend energiereicher (schneller) Elektronen. Die bündelnde Wirkung eines drehsymmetrischen Magnetfelds auf divergierende „Glimmlichtstrahlen“ hat als erster 1869 Hittorf ¹⁾ klar beschrieben. 1896 schrieb Birkeland ²⁾, der die Arbeiten von Hittorf offenbar nicht kannte, bei der Darstellung des gleichen Experiments: „Parallele Lichtstrahlen werden durch eine Linse nicht besser zu ihrem Brennpunkt hin konzentriert als Kathodenstrahlen durch einen Elektromagneten“. Rankin ³⁾ hat 1905 das von der Kathode aus divergierende Elektronenstrahlbündel seines Kathodenstrahloszillographen erstmals mittels einer kurzen zum Strahl konzentrischen Stromspule zu einem kleinen Schreibungsfleck auf dem Leuchtschirm wieder vereinigt. Diese Methode der Strahlenbündelung ist später für die Hochleistungs-Kathodenstrahloszillographen üblich geworden.

Busch (1884–1973) hatte 1922 in Göttingen eine einfache Meßanordnung zur Bestimmung des Verhältnisses von elektrischer Ladung zur Masse des Elektrons angegeben. Sie beruhte auf der Wiedervereinigung eines von einem Punkt divergierenden engen Elektronenstrahlbündels, das in einem homogenen Magnetfeld längs der Feldrichtung verläuft. Das hierzu im Inneren einer langen Stromspule erzeugte homogene Magnetfeld kann aber nach den Spulenden zu nicht mehr genügend homogen sein. Um den Einfluß dieser Inhomogenität auf die Messung zu berücksichtigen, berechnete Busch 1926 in Jena die Elektronenbahnen innerhalb eines engen Bündels, das von einem Achsenpunkt im Inneren der langen Spule ausgeht und in Achsenrichtung des nun teilweise inhomogenen und damit drehsymmetrischen Feldes verläuft⁴⁾.

Da inzwischen unter den Erbauern von Kathodenstrahloszillographen Meinungsverschiedenheiten über den zur Erzielung des kleinsten Schreibflecks günstigsten Ort der Stromspule zwischen Kathode und Leuchtschirm aufgetreten waren, berechnete Busch 1927 die Elektronenbahnen innerhalb eines engen Bündels, das von einem Achsenpunkt außerhalb des inhomogenen Feldes einer kurzen Spule ausgeht und das Spulenfeld längs seiner Achse durchläuft⁵⁾. Er fand, daß ein kurzes Magnetfeld auf das Elektronenbündel wie eine Sammellinse wirken müßte, die durch eine Brennweite f charakterisiert ist. Diese ergibt sich ebenso wie bei der lichtoptischen Abbildungsgleichung aus Gegenstandsweite g und Bildweite b gemäß $f = gb/g + b$. Mittels einer solchen „Elektronenlinse“ müßte also auch ein vor der Linse liegender Elektronenstrahlquerschnitt hinter der Linse in einem Maßstab $M = b/g$ abgebildet werden. Busch⁵⁾ versuchte auch, diese Folgerung aus seinen Rechnungen experimentell zu beweisen. Da er damals keine neuen Versuche mehr machen konnte, mußte er hierzu auf von ihm 16 Jahre vorher in Göttingen durchgeführte Versuche zurückgreifen. Er fand dabei bei einer Variation der Spulenstellung von b/g von 7,3 bis 0,064, d. h. innerhalb eines Bereichs von mehr als 100 : 1 nur eine Maßstabsänderung von 4 : 1. Es scheint deshalb verständlich, daß Busch angesichts der von ihm in diesem Punkt selbst festgestellten noch sehr geringen Übereinstimmung zwischen seiner Theorie und seinen Experimenten keinerlei eigene Vorschläge über irgendwelche neuen elektronenoptischen Abbildungsverfahren gemacht hat. Andererseits scheint auch de Broglie bei seinem 1924/25 aufgestellten Postulat der Materiewelle⁶⁾ keinen Hinweis auf eine Verbesserungsmöglichkeit der Mikroskopie beim Ersatz der Lichtstrahlen durch die so viel kurzwelligeren Materialstrahlen gegeben zu haben.

II. Erste elektronenoptische Experimente und Bau des ersten Elektronenmikroskops (E. Ruska, M. Knoll)

Gefördert durch das Interesse der Elektrizitätswirtschaft an der Aufklärung von durch Schaltvorgänge oder Blitzeinschläge in Hochspannungsanlagen angerichteten Schäden, arbeiteten besonders im dritten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts verschiedene Arbeitsgruppen an der Weiterentwicklung der Braunschen Röhre zu einem in Elektrizitätswerken einsetzbaren Kathodenstrahloszillographen. Mit solchen Geräten sollten diese sehr rasch verlaufenden elektrischen Phänomene untersucht werden. An der Technischen Hochschule Berlin hatte Prof. Adolf Matthias (1882–1962), Leiter des dortigen Hochspannungslaboratoriums, 1928 eine solche Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die von seinem Privatassistenten Dr. Max Knoll (1899–1969) betreut wurde. In dieser Gruppe beschäftigte sich der Verfasser seit Ende 1928 mit der Berechnung solcher Oszillographen. Bei den Überlegungen ergab sich, daß die Abbildungseigenschaften der zur Erzielung eines kleinen Schreiblecks verwendeten kurzen Stromspule genauer untersucht werden mußten, als es kurz zuvor Busch⁵⁾ gelungen war. Die „Studienarbeit“⁷⁾ des Verfassers enthielt 94 infolge verschiedener Lage der Stromspule zwischen der elektronenbestrahlten Anodenblende mit einem Lochdurchmesser von 0,3 mm und dem Leuchtschirm unterschiedlich hoch vergrößerte Abbildungen dieser Blende. Die in den ersten Monaten von 1929 erhaltenen Aufnahmen sind die ersten durch eine Elektronenlinse einstufig vergrößerten Bilder von elektronenbestrahlten Objekten. Nachstehend ist das Inhaltsverzeichnis dieser Arbeit wiedergegeben (s. Abb. 1).

Die elektronenoptischen Ergebnisse dieser Studienarbeit sind erst zwei Jahre später⁸⁾ nach Abschluß der Diplomprüfung des Verfassers und unter Wiedergabe von nur 2 der 94 durch die „magnetische Elektronenlinse“ vergrößerten „Bilder“ der durchstrahlten Anodenblende veröffentlicht worden.

In seiner Diplomarbeit hatte der Verfasser „elektrostatische Sammelvorrichtungen als Ersatz der magnetischen Konzentrationsspulen bei Kathodenstrahloszillographen“ untersucht. Dann versuchte er anschließend zu Beginn seiner Doktorandenzeit, elektronenbestrahlte Objekte (feinmaschige Netze aus schwer schmelzendem Draht) mittels Stromspulen in mehr als einer Vergrößerungsstufe abzubilden. Die ersten zweistufigen Aufnahmen gelangen laut dem noch vorhandenen Laborprotokoll am 7. 4. 31. Die Versuchsanordnung und die damit erzielten Ergebnisse zeigte Knoll und der Verfasser damals sowohl vielen ihrer Hochschulkollegen als auch einigen interessierten Physikern außerhalb der Hochschule, wie z. B. Dr. Max

Inhaltsangabe:

A. THEORETISCHER TEIL

I. Einleitung

a). Berechnungsgrundlagen	Seite	4
b). Allgemeine Anforderungen an den Kathodenstrahl- oszillographen	"	6
c). Einheiten und Bezeichnungen	"	9

II. Berechnung von konzentrierspulen

a). Zusammenhang des Spulenfeldes mit der konzentrierten Stromleitung	"	15
b). Berechnung des magnetischen Feldes auf der Symmetrie- achse von Spulen mit rechteckigem Wicklungsquerschnitt	"	18
c). Berechnung des für die Konzentration notwendigen Gesamt- spulenstroms I für den linearen Kreisleiter als Spule	"	23
d). Günstigste Ausbildung des Wicklungsquerschnitts der Konzentrierspule	"	27
e). Grenzen der Gültigkeit der Formeln für den Konzentrier- strom	"	31
f). Berechnung der Vorkonzentrierspule für das Entladerohr	"	34
g). Günstigste Stellung der Konzentrierspulen	"	36
h). Eisenkapselung der Konzentrierspulen	"	38

III. Berechnung des Ablenkrohrs.

a). Berechnung des Schreibstrahldurchmessers	"	39
b). Berechnung der Ablenkplatten	"	42
c). Berechnung des minimalen Endendurchmessers	"	52
d). Berechnung der kürzesten Länge des Ablenkrohrs	"	58

IV. Die Anforderungen an den Kathodenstrahloszillographen	"	61
Zusammenhang.		

Abb. 1: Inhaltsverzeichnis der Studienarbeit.

Steenbeck (1904–1981), der damals Privatassistent von Prof. Dr. Reinhold Rüdberg (1883–1961), dem Leiter der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckert-Werke, war. Bald danach wurden von Knoll in einem

B • EXPERIMENTELLER TEIL

I. Zweck der experimentellen Untersuchung	seite	65
II. Versuchsanordnung		
a). Beschreibung des Kathodenstrahloszillographen	"	67
b). Schaltung des Kathodenstrahloszillographen	"	70
III. Vorversuche und Fehlerquellen		
a). Zentrierung des Systems	"	73
b). Aufnahme des Schreibflecks	"	78
IV. Versuchsreihen		
a). Erläuterungen zu den Tabellen und Photographieen der aufgenommenen Messpunkte	"	80
b). Besprechung einzelner Messpunkte	"	82
c). Ausrechnung des Spulenfaktors der Messpule	"	83
d). Tabellen der Messergebnisse	"	85
e). Photographieen der Schreibflecke	"	91
V. Auswertung der Versuchsergebnisse		
a). Konzentrierstrom	"	97
b). Schreibfleckdurchmesser	"	99
C • P R A K T I S C H E B E R E C H N U N G S B E I S P I E L E •		
I. Vollständige Berechnung eines Kathodenstrahloszillographen bei gegebenen Anforderungen		
a). Zusammenstellung der für die Berechnung notwendigen Formeln aus Teil A	"	102
b). Daten für die Berechnung	"	103
c). Berechnung	"	104

Abb. 1: Fortsetzung.

öffentlichen Vortrag mit dem Titel „Berechnungsgrundlagen und neuere Ausführungsformen des Kathodenstrahloszillographen“ – dessen Manuskript vom 3. 6. 31 ebenfalls noch existiert – im Rahmen des sogenannten Craz-Kolloquiums der Technischen Hochschule Berlin am 4. 6. 31 auch die erzielten elektronenoptischen Ergebnisse erstmals wiedergegeben⁹⁾. Der Vortrag war wie folgt gegliedert:

- A. Einleitung
- B. Anforderungen an den K.O. als elektrotechnisches Meßgerät
- C. Optisches Verhalten des Elektronenstrahls
- D. Berechnungsgrundlagen des K.O.
- E. Berechnungsbeispiel
- F. Praktische Ausführung des K.O. auf Grund der aufgestellten Forderungen
 - a) Entladungsröhre
 - b) Ausbildung der Ablenkplatten
 - c) Aufnahmemethoden
 - Innenaufnahme
 - Außenaufnahme
 - d) Ausführungsformen

Von den Ausführungen des Abschnitts C „Optisches Verhalten des Elektronenstrahls“ sind im folgenden nur die hier besonders interessierenden wiedergegeben:

„Die Berechnung der wichtigsten Eigenschaften des K.O., des Auflösungsvermögens bzw. der maximalen Schreibgeschwindigkeit, ist abhängig von der Kenntnis des Brennfleckdurchmessers d_s . Um hierüber quantitative Aussagen machen zu können, ist es notwendig, die Eigenschaften des Elektronenstrahls genau zu kennen. Untersuchungen in dieser Richtung wurden hauptsächlich von E. Ruska durchgeführt und haben den experimentellen Beweis dafür erbracht, daß das Verhalten der Elektronenstrahlen in dem für K.O. hoher Leistung wesentlichen Gebiet zwischen 30 und 70 kV bei einem Vakuum von 10^{-3} bis 10^{-5} mm sehr genau den Gesetzen der geometrischen Optik entspricht. Ich kann von diesen interessanten Arbeiten, die z. T. über das Gebiet des K.O. hinausführen, nur die wichtigsten Ergebnisse anhand einer schematischen Darstellung des K.O. zeigen.“...

„Eingehende Versuche haben gezeigt, daß es tatsächlich gelingt, nicht nur die Anodenblende, sondern jeden beliebigen Strahlquerschnitt zwischen Kathode und Sammelspule auf dem Leuchtschirm abzubilden. Ich zeige Ihnen zunächst wieder die Mehrfachblende von vorhin, diesmal mit der Sammelspule auf dem Leuchtschirm abgebildet (Bild 5). Wie in der Optik übertrifft bei gleicher Helligkeit des Bildes die Linsenaufnahme die Lochkameraaufnahme bei weitem an Schärfe. Das gleich gilt für die folgende Aufnahme des Kathodenkraters durch die Anodenblende hindurch (Bild 6). Wie wenig die Abbildungsschärfe einer derartigen magnetischen Linse für Elektronenstrahlen hinter derjenigen einer Glaslinse für Lichtstrahlen zurücksteht, sehen Sie aus der Abbildung eines in den Strahlquerschnitt gebrachten Netzes, das mit 50 kV Elektronen und einer Vergrößerung 4 : 1 auf dem Leuchtschirm aufgenommen wurde.“

„Weiter muß es z. B. möglich sein, mit zwei Sammelspulen, also einer Linsenkombination, Bilder herzustellen. Sie sehen hier (Bild 8) die schematische Anordnung von Gegenstandsebene, erster Sammelspule, erster Bildebene, zweiter Sammelspule, zweiter Bildebene. Wir haben also hier, optisch gesprochen, ein Keplerfernrohr vor uns, und es muß gelingen, wie dort ein in der ersten Bildebene erzeugtes Bild des Gegenstandes, auch ohne daß es sichtbar wird, mit der zweiten Sammelspule in der zweiten Bildebene auf dem Leuchtschirm abzubilden. Praktisch wurde der Versuch so ausgeführt, daß in beiden Bildebenen feinmaschige Netze angebracht waren und das erste Netz auf die Ebene des zweiten abgebildet wurde. Bild 9 zeigt Ihnen das Ergebnis. Bei richtiger Einstellung der Sammelspulen erscheinen beide Netze gleich scharf auf dem Leuchtschirm, das eine in der Vergr. 4 : 1, das andere in der Vergr. 17 : 1.

Im nächsten Bild sehen Sie die von Ruska benutzte Versuchsanordnung zur Nachprüfung der Gesetzmäßigkeit für den Abbildungsmaßstab.“

Rüdenberg war bei diesem Vortrag anwesend, beteiligte sich aber nicht an der anschließenden Diskussion. Der Verfasser kannte Rüdenberg persönlich, weil er dessen Vorlesung über „Elektrische Wanderwellen“ an der Technischen Hochschule Berlin besucht hatte und weil dieser ihn Ende 1930 als Diplomand in diesem Fach geprüft hatte.

III. Erste Patentanmeldung zur vergrößerten, elektronenoptischen Abbildung von Gegenständen (R. Rüdenberg)

Die von Knoll am 4. 6. 1931 vorgetragenen Untersuchungen des Verfassers und weitere gemeinsame Ergebnisse wurden am 10. 9. 1931 zur Veröffentlichung¹⁰⁾ eingereicht. Nachdem diese ausführliche Arbeit in den Ann. d. Phys. erschienen war, reichte Rüdenberg am 7. 6. 1932 den Naturwissenschaften die nachstehende kurze Notiz¹¹⁾ ein (s. Abb. 2).

Veröffentlichungen, wie sie in der Notiz angekündigt wurden, sind jedoch nie erfolgt. Allerdings mußte Rüdenberg 1936 emigrieren. Er ging damals nach England und 1939 nach den USA. Hätte Rüdenberg in seiner Notiz für die Anmeldung von Patenten statt „auf Mai 1931“ den tatsächlichen Anmeldetag, den 30. Mai 1931, angegeben, wäre es für Knoll und mich schon damals sicher gewesen, daß die erwähnten Patentanmeldungen erst nach dem Besuch von Steenbeck bei uns zustandegekommen sind. So aber blieb noch die Möglichkeit offen, daß sie schon in den ersten Maitagen und demnach vielleicht noch vor diesem Besuch zustandegekommen sind.

Die ersten Veröffentlichungen über die auf Rüdenberg zurückgehenden, zwischen dem 30. 5. 1931 und 12. 8. 1932 eingereichten deutschen Patent-

die strahlende Oberfläche gelangt. Man kann daher annehmen, daß A_p mit den Sonnenfleckenrelativzahlen f stochastisch linear verbunden ist¹. Wir setzen dementsprechend

$$E(A_p) = \alpha_1 + \alpha_2 f, \quad (\alpha_1 \text{ und } \alpha_2 \text{ positiv}) \quad (2)$$

wobei $E(A_p)$ die mathematische Erwartung von A_p bedeutet.

Die dunklen $H\alpha$ -Flocculi sind Wasserstoffansammlungen in der Sonnenatmosphäre, in denen entsprechende Teile der Photosphärenstrahlung absorbiert werden. Die absorbierte Energie wird wieder ausgestrahlt, und zwar nach allen Richtungen, also auch zurück zur Photosphäre. Es besteht kein zwingender Grund zur Annahme, daß die Gesamtabsorption in der Sonnenatmosphäre der $H\alpha$ -Absorption auch nur ungefähr proportional ist, wir können aber eine derartige Annahme als Arbeitshypothese einführen und dementsprechend versuchsweise

$$E(\eta) = \beta_1 + \beta_2 h, \quad (\beta_1 \text{ und } \beta_2 \text{ positiv}) \quad (3)$$

setzen, wobei h die Charakterzahl der dunklen $H\alpha$ -Flocculi bedeutet.

Aus (1), (2) und (3) folgt

$$E(I_0) = \gamma_1 + \gamma_2 f + \gamma_3 h + \gamma_4 / h. \quad (4)$$

Die Bestimmung der Koeffizienten γ nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den Halbjahresmitteln von I_0 , f und h im Zeitraum 1923–1931 und die Berechnung von I_0 nach (4) führt zu Werten der Solarkonstante, die mit den zugehörigen Halbjahresmitteln der tatsächlich beobachteten Solarkonstante den Korrelationskoeffizienten $+0,66 \pm 0,09$ ergeben. Dieser Korrelationskoeffizient ist ungefähr gleich dem Korrelationskoeffizienten zwischen den Halbjahresmitteln der Sonnenfleckenrelativzahlen und den gleichzeitigen Halbjahresmitteln der erdmagnetischen Aktivität.

Aus der ziemlich hohen Korrelation der berechneten

¹ F. BAUR, a. a. O. S. 185.

und beobachteten Werte der Solarkonstante kann gefolgert werden,

1. daß die der Berechnung zugrunde gelegten Annahmen wirklichkeitsnahe sind,

2. daß die zeitlichen Schwankungen, welche die Halbjahresmittel der von ANNOR und seinen Mitarbeitern erhaltenen Solarkonstante-Werte aufweisen, zum mindesten größtenteils tatsächlich Schwankungen der von der Sonne ausgehenden Strahlung entsprechen, so daß wir *berechtigt sind, die Sonne als einen veränderlichen Stern anzusehen*.

Frankfurt a. M., den 4. Juni 1932.

FRANZ BAUR.

Elektronenmikroskop.

Da in letzter Zeit von verschiedenen Seiten Vorschläge zum Bau von Elektronenmikroskopen veröffentlicht wurden¹, so erlaube ich mir den Hinweis, daß auch innerhalb des Siemens-Konzerns seit längerer Zeit Arbeiten in dieser Richtung im Gange sind, um magnetische oder elektrische Felder zu Mikroskopen oder Fernrohren für Elektronenstrahlen oder Protonenstrahlen zu verwenden. Als Ziel schwebt uns vor allem vor, submikroskopische ruhende oder bewegte Objekte vielfach vergrößert abzubilden. Wenn man sie nicht dem vollen Hochvakuum aussetzen darf, so kann man sie durch durchlässige Fenster belichten und beobachten und das Leuchtschirmbild kann nach Bedarf durch ein optisches Mikroskop weiter vergrößert werden. Obgleich unsere grundlegenden Patente auf Mai 1931 zurückgehen, sind ausführliche Veröffentlichungen erst beabsichtigt, wenn die praktische Entwicklung weitergetrieben ist.

Berlin-Siemensstadt, den 7. Juni 1932.

R. RÜDENBERG.

¹ M. KNOLL u. E. RUSKA, Ann. Physik 12, 607 u. 641 (1932). — E. BRÜCHE, Naturwiss. 20, 49 (1932). — F. HAMACHER, Arch. Elektrotechnik 24, 215 (1932). — E. BRÜCHE u. H. JOHANNSON, Naturwiss. 20, 353 (1932).

Die neuen mitogenetischen Methoden.

(Zusammenfassung der Ergebnisse.)

Von A. GURWITSCH, Leningrad.

Die Bewertung der Ergebnisse mitogenetischer Forschung hängt naturgemäß aufs innigste mit dem Grad des Vertrauens zusammen, das man der Methodik des Nachweises des mitogenetischen Effektes entgegenbringt. Im Laufe des letzten Jahres hat sich aber gerade in methodischer Hinsicht ein vollständiger Umschwung vollzogen, der in meiner vor kurzem erschienenen Monographie¹ zwar bereits angezeigt, aber nur kaum verwertet werden konnte. Es ließen sich vielmehr nur einige Stichproben der neueren Verfahren geben. Da inzwischen mit den neueren Methoden in mehreren Laboratorien von Leningrad und Moskau viel gearbeitet wurde, hat sich ein großes Material von mehreren tausend Versuchen ergeben, das wohl einen Überblick und sogar ein abschließendes Urteil über deren Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit gewährt.

Wenn wir von den rein physikalischen Nachweismethoden, wie sie von RAJEWSKY und etwas später von FRANK und RODIONOW angegeben wurden, absehen, weil sie zur Zeit noch nicht Gemeingut, namentlich für Biologen, sein können, so beruhen alle übrigen Verfahren auf einem gemeinsamen Prinzip.

¹ Die mitogenetische Strahlung. (Berlin: Julius Springer 1932.)

Indem als Detektor für die etwaige Strahlung Hefe- oder Bakterienkulturen in flüssigen Medien genommen werden, läßt sich der Induktionseffekt durch Bewertung oder Abzählung der *Zellindividuenzahl* in der bestrahlten und der zugehörigen Kontrollkultur feststellen. Es kann dies in verschiedener Weise geschehen.

Sofern es sich um Bakterien handelt, wurden von zwei Bakteriologen (ACZ in Budapest und WOLFF, gemeinsam mit RASS in Utrecht) mit bestem Erfolg die gewöhnlichen Methoden der Aussaat und Abzählung der Kolonien angewandt. Von FRANK wurde die Abschätzung mittels eines von ihm konstruierten, sehr empfindlichen photoelektrischen Nephelometers durchgeführt. (Auch für Hefekulturen anwendbar.)

Über all diese Methoden fehlt uns jede persönliche Erfahrung. Es kamen dagegen bei uns im weitesten Maße folgende zwei Methoden zur Anwendung, die allerdings nur für die Hefe geeignet sind:

- a) Direkte Abzählung der Individuenzahl in der gewöhnlichen Blutzählkammer (POROZKY und SALKIND).
- b) Die der Hämatokritmethode nachgebildete *Myzetokritmethode* nach BRAINES.

Das erste Verfahren hat keine spezielle Eigenart aufzuweisen, da die Abzählung der Hefezellen schon längst Gemeingut der Mykologen geworden ist. Es sei

anmeldungen erschienen 1932 in Frankreich¹²⁾ und 1934 in der Schweiz¹³⁾ und in Österreich¹⁴⁾. Nach Kenntnisnahme dieser Patentveröffentlichungen schrieb der Verfasser an Rüdtenberg¹⁵⁾.

22. 7. 35.

Herrn

Professor Dr. R. Rüdtenberg

Siemens-Schuckert Werke

B e r l i n - Siemensstadt

Sehr geehrter Herr Professor !

Gelegentlich wurde mir das Österreichische Patent 137 611 und das französische Patent 737 716, beide das Elektronenmikroskop betreffend, bekannt. Die Auslegung dieser beiden Anmeldungen in Wien und Paris war mir entgangen. Wie ich vom Reichspatentamt höre, sind die zugrundeliegenden deutschen Anmeldungen noch nicht bekannt gemacht.

Ich nehme an, dass Sie davon unterrichtet sind, dass ich im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin vor dem Prioritätsdatum Ihrer ersten deutschen Anmeldung Elektronenmikroskope gebaut und damit Untersuchungen gemacht habe. Seitdem habe ich auf diesem Gebiete laufend weiter gearbeitet und besitze auch jetzt noch an der ferneren Entwicklung des Gegenstandes Interesse. Natürlich möchte ich nicht, dass mir durch so weitgehende Schutzrechte, die Sie die beiden Patentschriften darstellen, später vielleicht einmal die Hände gebunden wären.

Es erscheint mir z. ecklässig, wenn man sich vor dem et. eigen Auftreten konkreter Fälle über das mir zustehende Mitbenutzungsrecht verständigte. Eine weiter zu behandelnde Frage scheint mir darin zu liegen, dass, wie Sie selbst wissen werden, sehr wesent-

-2-

liche Vorveröffentlichungen auf dem Gebiet vorliegen, die offenbar beim Prüfungsverfahren der erteilten ausländischen Patente nicht berücksichtigt worden sind. Schliesslich würde mich interessieren, ob Sie für den Fall, dass die Siemens-Schuckert Werke an einer Weiterverfolgung des Elektronenmikroskops kein Interesse haben, bereit sind, mit mir in Verkaufsverhandlungen einzutreten.

Ich würde es begrüssen, wenn Sie mir Gelegenheit geben würden, diese ganze Sachlage mit Ihnen durchzusprechen. Zu diesem Zweck bin ich gern bereit nach Siemensstadt heraus zu kommen.

In ausgezeichnetester Hochachtung

Ihr sehr ergebener

E. Purkin.

Rüdenberg ¹⁶⁾ antwortete darauf:

C 4 C011

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
WISSENSCHAFTLICHE ABTEILUNG (WA)

Drahtanschrift:
Wernerwerkung Berlin

Fernsprecher:
Amt Wilhelm ~~1008-3035~~
Hausapparat Nr 2026

Reichsbank-Girokonto
Postcheckkonto:
Berlin Nr. 1469

Herrn

Dr. Ing. E. R u s k a ,
Berlin - Z e h l e n d o r f .

Annastr. 2.

Ihre Zeichen
-
Ihre Nachricht vom
22.7.35.
Betreff
Elektronenmikroskop.

Unsere Zeichen
WA 14287/R.
(In der Antwort bitte angeben!)

Bi.
Berlin-Siemensstadt, den
Verwaltungsgebäude
29. Juli 1935.

Sehr geehrter Herr Dr. Ruska !

Auf Grund Ihres freundlichen Schreibens vom 22.7.35 lasse ich zunächst von unserer Patentabteilung das diesbezügliche Material zusammentragen. Nun gehe ich selbst aber in den nächsten Tagen auf einen mehrwöchentlichen Urlaub, sodass ich erst Anfang September auf die Angelegenheit persönlich zurückkommen kann. Sollten Sie den Wunsch haben, diese Dinge schon in der Zwischenzeit zu behandeln, so möchte ich Sie bitten, sich an Herrn Dipl. Ing. Wolf von unserer Patentabteilung zu wenden.

Mit den ergebensten Grüßen

Ihr

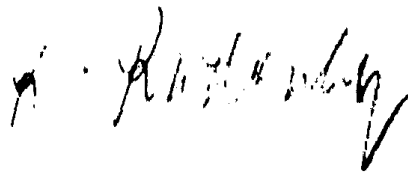


Abb. 4: Brief vom 29. 7. 1935.

Auf einen Brief des Verfassers vom 30. 7. 1935 an Dipl.-Ing. Wolf erfolgte keine Antwort.

Aufgrund der drei ersten auf Rüdénberg als Erfinder zurückgehenden deutschen Patentanmeldungen wurden 1953 – erst nach Ablauf der normalen Schutzfrist von 18 Jahren – drei deutsche Patente¹⁷⁾ erteilt:

Nr. 889660 „Anordnung zur Beeinflussung des Verlaufs von Elektronenstrahlen durch elektrisch geladene Feldblenden“ schützt im Hauptanspruch zur Verwendung in einem Mikroskop eine solche elektrostatische Vergrößerungslinse, wie wir sie heute als „Einzellinse“ bezeichnen. Ein Patent über eine entsprechende Linse, bei der zwei für den Strahledurchtritt mit einer kreisförmigen Öffnung versehene Elektroden von untereinander gleichem Potential eine ebensolche Elektrode mit davon verschiedenem Potential einschließen, hatte das deutsche Patentamt schon M. Knoll aufgrund seiner Anmeldung vom 10. 11. 1929 als Sammellinse von Kathodenstrahlzyllographen erteilt¹⁸⁾.

Nr. 895635 „Anordnung zur vergrößerten Abbildung von Gegenständen mittels Elektronenstrahlen und mittels den Gang des Elektronenstrahles beeinflussender elektrostatischer oder elektromagnetischer Felder“ schützt im Hauptanspruch ein aus mehreren elektrostatischen oder elektromagnetischen Vergrößerungslinsen zusammengesetztes Mikroskop.

Nr. 906737 „Anordnung zur Beeinflussung des Verlaufs von Elektronenstrahlen durch elektrisch geladene Feldblenden“ schützt im Hauptanspruch eine Anordnung zum vergrößerten Abbilden von Gegenständen mittels Elektronenstrahlen, die von dem Gegenstand direkt oder indirekt ausgehen oder ihn durchdringen, gekennzeichnet durch Verwendung von elektrostatischen Elektronenlinsen, jedoch ohne Beschränkung auf die „Einzellinse“.

In diesen Patenten sind keine Erkenntnisse enthalten, die über unsere seinerzeit schon erzielten experimentellen Ergebnisse hinausgehen. Dagegen findet sich dort sowohl in der Beschreibung wie in einigen Ansprüchen unsere damalige – falsche – Vorstellung wieder, daß man mittels des elektrischen Feldes zwischen durchbohrten Elektroden durch eine gegenüber den Außenelektroden positive Innenelektrode eine Zerstreuungslinse erhalten könne. Weder in der Rüdénberg-Anmeldung vom 30. 5. 1931 noch im Knoll-Vortrag vom 4. 6. 1931 ist schon von der Materiewelle der Elektronen und von deren viel kürzerer Wellenlänge im Vergleich zu der von Lichtwellen die Rede. Statt dessen wird im Text der Anmeldungen – wie damals auch von uns – die Hoffnugn auf eine bessere Auflösung lediglich mit der fehlenden Beschränkung durch die Wellenlänge des Lichts begründet. Auch das Wort „Elektronenmikroskop“ wird noch nirgends verwendet. Es findet sich erstmals in der bereits erwähnten

Veröffentlichung¹⁰⁾, die am 10. 9. 1931 eingereicht wurde und im Februar 1932 erschien. Bei Rüdénberg taucht dieses Wort erstmals in der Patentanmeldung vom 31. 10. 1932¹⁹⁾ auf.

Zwischen dem 27. 6. 1931 und dem 13. 8. 1932 wurden von Rüdénberg noch fünf weitere Patente¹⁹⁾ und am 18. 6. 1932 von seinem Mitarbeiter R. Swinne zwei das Elektronenmikroskop betreffende Patente²⁰⁾ angemeldet.

1943 findet sich in der Literatur ein weiterer Hinweis von Rüdénberg²¹⁾ auf seine Patentanmeldungen. Danach ist bei ihm die Idee der Abbildung mittels Elektronen und Elektronenlinsen 1930 im Zusammenhang mit einer Viruserkrankung in seiner Familie entstanden.

Rüdénberg hat als Deutscher Emigrant in den USA 1947 in Boston gegen Clark, den Treuhänder für das alliierte Eigentum, auf Herausnahme seiner das Elektronenmikroskop betreffenden Patente aus dem nach dem zweiten Weltkrieg von den Alliierten beschlagnahmten Deutschen Patentbesitz erfolgreich geklagt²²⁾. In diesem Prozeß wurde das Zustandekommen dieser Anmeldungen bei Siemens & Schuckert und bei Siemens & Halske in der Woche vor dem Knoll-Vortrag, und zwar vom 27. bis 30. 5. 1931, ausführlich diskutiert. Mulvey²³⁾ hat u. a. aus diesen Prozeßunterlagen bereits gefolgert, daß Rüdénberg seinerzeit sowohl durch Steenbeck von den Untersuchungen von Knoll und dem Verfasser als auch von dem kurz bevorstehenden Vortrag von Knoll unterrichtet war.

Die Radio Corporation of America (RCA) hatte während des 2. Weltkriegs begonnen, ebenfalls Durchstrahlungs-Elektronenmikroskope mit magnetischen Linsen zu liefern. Offenbar in Zusammenhang mit Vergütungsansprüchen von Rüdénberg bemühte sich im Verlauf des Jahres 1948 Mister Donald C. Paine, Manager dieser Gesellschaft, bei der Patentabteilung von Siemens und beim Verfasser in Berlin um eine Aufklärung des Zustandekommens der Rüdénberg-Patente. Damals konnte jedoch der Beweis dafür, daß die Ergebnisse der Arbeiten von Knoll und dem Verfasser über Steenbeck an Rüdénberg gelangt waren, noch nicht erbracht werden.

Steenbeck, der bis 1945 Mitarbeiter der Siemens-Schuckert-Werke Berlin war und dann seit 1945 in der UdSSR arbeitete, kam erst im Juli 1956 nach Deutschland (DDR, Jena) zurück. Knoll, bis 1945 Mitarbeiter von Telefunken Berlin, lehrte seit 1945 an der Universität München, arbeitete seit 1947 in den USA (University of Princeton) und kehrte ebenfalls 1956 nach Deutschland zurück (BRD, TU München). Knoll schrieb am 17. 10. 1960 an Steenbeck²⁴⁾ und bat ihn um Auskunft über seinen Besuch bei uns im Jahre 1931 (s. Abb. 5).

17. Okt. 1960

===== 5592/576

Herrn
Prof. Dr. Steenbeck
Physikalisches Institut
der Universität Jena
J e n a

Institut für
Magnetohydrodynamik
Deutsche Akademie
der Wissenschaften
J e n a

Lieber Herr Steenbeck !

Leider ist es mir noch nicht möglich gewesen, Ihnen zu Ihrer glücklichen Rückkehr zu gratulieren und über unsere Erlebnisse in den verschiedenen Ländern Meinungen auszutauschen. Dagegen habe ich Herrn von Engel mehrere Male seit dem Krieg getroffen, das letzte Mal in Princeton.

Ich möchte Sie heute bitten, wenn es Ihnen möglich ist, mir eine Frage in der leidigen Elektronenmikroskop-Angelegenheit zu beantworten. Von verschiedenen Seiten wird mir geschrieben, daß Rüdénberg in Amerika sich als den Erfinder des Elektronenmikroskops hinstellt aufgrund seiner Patentanmeldung vom 31. Mai 1931. Wie Sie wissen, hielt ich nicht nur einige Tage später (4. Juni 1931) einen Vortrag im Kranz-Kolloquium über das Elektronenmikroskop (wobei Rüdénberg in der ersten Reihe saß und in der Diskussion kein Wort sprach), sondern wir hatten auch unser Elektronenmikroskop schon seit 1 1/2 bis 2 Jahren in Betrieb. Sie hatten uns, wenn ich mich recht erinnere, im April oder Mai 1931 besucht, und zwar auf Veranlassung von Rüdénberg, um Einzelheiten unseres Instrumentes kennenzulernen, worüber Sie ihm dann berichtet haben. Finden Sie es nicht sehr merkwürdig von Rüdénberg, daß er aufgrund dieser Sachlage, die ja ganz allgemein bekannt ist und durch meine Doktoranden als Zeugen belegt werden kann, sich ständig als alleinigen Erfinder des Elektronenmikroskops ausgibt? Schließlich hat er doch auch später, wie aus seinen Publikationen zu entnehmen ist, nicht ein einziges optisches Experiment gemacht, geschweige ein Elektronenmikroskop gebaut.

Neuerdings hat Herr Rüdénberg wiederum einen Vorstoß in dieser Richtung gemacht, den ich nicht unwidersprochen lassen kann. Der Herausgeber der Encyclopedia of Chemistry schreibt mir:

Abb. 5: Brief vom 17. 10. 1960.

-2-

"Professor Rüdberg hat uns einen langen Aufsatz geschickt, in dem er behauptet, Alleinerfinder zu sein. Ihr Name wird so am Rande erwähnt. Sie hätten zwar über Fokussierungsbedingungen an Elektronenstrahlen gearbeitet, aber niemals an eine Bilderzeugung gedacht. Dies hätte er allein zuerst getan und in einem französischen Patent im Jahre 1932, mit der Priorität von 1931, veröffentlicht. . .etc."

Ich möchte Sie nun bitten, mir verstehen zu helfen, wie Rüdberg solche Äußerungen machen kann. Ich habe nun seit vielen Jahren nicht dazu gesagt, weil Prioritätsstreitigkeiten immer für beide Teile unangenehm sind, aber ich kann mir auf die Dauer solche Entstellungen tatsächlicher Vorgänge nicht gefallen lassen und Herr Ruska ist der gleichen Meinung.

Ich hoffe, daß es Ihnen und Ihrer Familie gut geht und daß Sie doch einmal durch München kommen, um uns zu besuchen und sich über alte Zeiten zu unterhalten.

Mit besten Grüßen
Ihr

K.H.

PS: Vor zwei Wochen hatten wir einen schweren Verlust zu beklagen. Prof. M. Schön ist unerwartet nach einer Operation gestorben.

Abb. 5: Fortsetzung.

Steenbeck gab in seiner Antwort²⁵⁾ vom 8. 11. 1960 die erbetene Auskunft.

DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN, TECHNISCHEN UND MEDIZINISCHEN INSTITUTE

Institut für Magnetohydrodynamik

Der Direktor

JENA, den 8. November 1960

FROBELSTIEG 3

Telefon: 1741/42, 4409

Prof. Stb/Kö.-

Herrn
Professor Dr. Ing. Max Knoll
Direktor des Instituts für Technische Elektronik
der TH München

M ü n c h e n 2
Arcisstrasse 21

Lieber Herr Knoll !

Es war für mich wirklich eine große Freude, von Ihnen nach rund 20 Jahren wieder einmal zu hören. Uns alle hat der große Knall ziemlich durch die Welt gewirbelt und aus diesem Chaos hat sich ja in zum Teil erst sehr langer Zeit ein neuer Zustand sedimentiert.

Ich freue mich, daß Sie dabei offensichtlich an einen Platz gekommen sind, der mir für Sie wie geschaffen erscheint.

Zu Ihrer Frage in der "leidigen Elektronenmikroskop-Angelegenheit" will ich gern aus der Erinnerung so genau antworten, wie ich es heute noch kann. Dabei kann ich mich nicht an die einzelnen Daten erinnern. Da aber die Patentanmeldung von Rüdberg und Ihr Vortrag im Kranz-Kolloquium zeitlich genau festliegen, müssen sich die Vorgänge in Ihrem Zeitablauf ja genau genug einordnen lassen.

Ich besuchte Sie im Institut vor dem Zeitpunkt, an dem Rüdberg seine Patentanmeldung über das Elektronenmikroskop machte. Ich sah damals bei Ihnen die ersten Abbildungen mit einer Luftspule und ich erinnere mich, daß Sie mir berichteten, daß Sie experimentell nachprüften, wie weit die Linsenformel von Buch richtig sei. Sie hatten eine Bestätigung der Linsenformel gefunden. Mir war dabei das Interessanteste, daß damit die Vorkonzentrierungsspule von Rogowski sozusagen rechenmäßig dimensionierbar geworden war. Gerade diese Vorkonzentrierungsspule von Rogowski gab damals Anlaß zu Streitigkeiten. - Ich sah bei Ihnen weiter Abbildungen der Anodenblende, auch einer Anodenblende mit mehreren Löchern. Ich erinnere mich weiter, daß Sie von Elektronenstrahl durchsetzte feine Drahtnetze mit einer verhältnismäßig kurzbrennweitigen Spule vergrößert

- 2 -

abbildeten. Ich erinnere mich aber nicht, ob es sich um reine Luftspulen, oder schon um eine eisenarmierte Spule handelte; wenn das letztere der Fall gewesen sein sollte, hätte ich alle Details vergessen. Ich erinnere mich an die bei der Abbildung des Netzes deutlich sichtbar werdenden Vorzeichnungen, wobei ich nicht mehr weiß, ob sie kissen- oder tonnenförmig waren (obwohl man etwas derartiges heute natürlich ohnehin wissen müßte). Ich glaube mich weiter daran zu erinnern, daß ich bereits bei diesem Besuch Versuche gesehen habe, auch mit elektrischen Feldern Reflektion und Sammellinsen zu erproben; dabei waren die elektrostatischen Elektroden durch geladene feine ebene oder gewölbte Drahtnetze hergestellt. Die Resultate dieser Abbildungen waren erheblich schlechter als die magnetischen Abbildungen, bedingt und verständlich durch die Mikrostruktur des von Drahtnetzen erzeugten elektrischen Feldes.

Mein Eindruck von diesen Versuchen war der, daß die Behandlung des Elektronenstrahles analog zur Optik offensichtlich auch experimentell durchaus gerechtfertigt sei, aber ich selbst hatte damals noch nicht begriffen, daß auf diesem Wege eine praktisch brauchbare Vergrößerung zustande kommen könne, die das optisch mögliche Gebiet wesentlich ergänzen und erweitern könnte. Ich halte es für möglich, daß Sie diese Aussichten damals schon sahen und ich halte es auch für möglich, daß Sie sogar davon gesprochen haben könnten. Ich selbst hielt das Gesehene für eine durchaus solide und interessante, für die Abbildungsscharfe von Oszillografen auch praktisch wichtige grundsätzliche Arbeit; aber an eine praktische Verwertbarkeit als Elektronenmikroskop habe ich jedenfalls zu dieser Zeit nicht geglaubt und hätte eine solche Erwartung wahrscheinlich als hemmungslose Phantasie abgelehnt; sicher auch aus der gefühlsmäßigen Erwartung, daß Raumladungen im Elektronenstrahl eine scharfe Abbildung ohnehin ausschließen müßten.

Beeindruckt hatten mich aber die experimentellen Vorführungen der optischen Gesetze, vor allem im Hinblick auf die Anwendung für den Kathodenstrahl-Oszillografen, mit dem wir um diese Zeit bei Rüdberg ernsthafte Schwierigkeiten hatten. Ich glaube, um diese Zeit versuchte Dr. Seitz bei uns mit einem von Rogowski gekauften Kathodenstrahl-Oszillografen zu arbeiten und hatte immer nur sehr mäßige Erfolge in der Fleckschärfe.

-3-

- 3 -

Ich berichtete in diesem Zusammenhang Rüdénberg sehr bald nach meinem Besuch von dem, was ich bei Ihnen gesehen hatte, in der oben angegebenen Richtung für den Kathodenstrahl-Oszillografen, und dabei habe ich sicher von der überzeugenden Demonstrierung der Busch'schen Linsenformel gesprochen. Rüdénberg, der durch keine experimentellen Erfahrungen gehemmt diese Zusammenhänge hörte, wird dann für sich die Kombination gemacht haben: Wenn Magnetspulen und elektrostatische Felder nachgewiesenermaßen wie Linsen arbeiten, dann kann man vermutlich die bekannten optischen Geräte mit Elektronenstrahlen nachmachen. So hat er diesen Gedanken zum Patent angemeldet, ohne daß ich davon etwas wußte. Wenn er mit mir gesprochen hätte, hatte ich die Sache damals ohnehin für Unfug gehalten. Die Anmeldung von Rüdénberg ist sicher erst nach meinem Besuch bei Ihnen erfolgt und sicher erst durch meinen Bericht über das Gesehene ausgelöst worden. Die Schlußfolgerung, daß nach den bei Ihnen durchgeführten Experimenten ein Elektronenmikroskop möglich oder doch zumindest denkbar sei, hat Rüdénberg in seiner bekannten generalisierenden Art des Denkens aber ebenso sicher unabhängig selbst gezogen. Ich halte es daher für denkbar, daß Herr Rüdénberg sich subjektiv mit allem Recht als den Erfinder des Elektronenmikroskops ansieht, obwohl er für die Realisierung dieses Gerätes weder ^{erweiterte} Rechnungen noch Experimente gemacht oder angeregt hat. -

Ihr Vortrag in dem Kranz-Kolloquium erfolgte ziemlich bald nach meinem ersten Besuch bei Ihnen und gefiel mir durch die Geschlossenheit und Klarheit, obwohl ich den sachlichen Inhalt im wesentlichen von meinem Besuch her schon kannte; insofern war ich von dem Vortrag nicht mehr so überrascht, wie die übrigen Zuhörer. Was mir an Ihren Arbeiten so imponierte, war die sorgfältige Systematik und das Fehlen von noch nicht bewiesenen Behauptungen. - Daß Abbildungen durch Elektronen Dinge aufzeigen konnten, die grundsätzlich über das optisch Mögliche hinausgingen, zeigte mir als erstes die Veröffentlichung von Brüche in den "Naturwissenschaften" über die Emissionsfelder von Oxydkathoden. Erst von diesem Augenblick an erkannte ich die grundsätzlich neuen Möglichkeiten in der elektronen-optischen Abbildung. Ich betone aber nochmals, daß diese Feststellung nur für mich persönlich gilt und daß ich es für durchaus wahrscheinlich halte, daß Sie auf Grund Ihrer Arbeiten viel weiter sahen. Ich kann mir selbst jetzt nur das keineswegs befriedigende Zeugnis geben, eine damals sicher nicht fernliegende Möglichkeit überhaupt nicht gesehen zu haben. Anderenfalls hätte ich mich Rüdénberg gegenüber sicher anders verhalten, und ich kann nur bedauern, ohne jede Absicht eine Entwicklung ausgelöst zu haben, die so ausschließlich auf

Abb. 6: Fortsetzung.

- 4 -

Ihre Kosten geht. Daß Sie auf dem Weg waren, der unbedingt zum Elektronenmikroskop führen mußte, daß Sie auf diesem Weg mit sicheren Resultaten auf Grund solider Rechnungen und Experimente voranschritten, so daß dann durch Sie und Ihren Schüler Ruska schließlich der große reale Erfolg erreicht wurde, macht den ganzen Vorgang so tragisch. Mir hat in diesem Zusammenhang immer leid getan, daß hier die saubere systematische wissenschaftliche Arbeit ins Hintertreffen geriet gegenüber den nach dem Patentrecht möglichen fast börsenmäßigen Spekulationen, die ja oft genug zu Wegelagererermethoden führen. Daß Ihr persönlicher Anteil an der Entwicklung der Elektronenmikroskopie dann in dem sich später entwickelnden Riesengezänk zurücktrat, hat mir sachlich leid getan, obwohl mich die Tatsache, daß Sie von niemandem angegriffen wurden, immer gefreut hat. Soweit ich weiß, bekamen Sie mit einigen anderen Elektronen-Optikern einmal von der Physikalischen Gesellschaft einen Preis; ich fand, daß dies das mindeste sei, was die Wissenschaftler Ihnen schuldig waren. Die ersten mehrlinsigen elektronen-optischen Vergrößerungen haben sicher Sie gemacht.

Ich hoffe, daß dieses aus meiner Erinnerung konstruierte Bild - gesehen durch die Trübung einer sehr bewegten dazwischenliegenden Zeit - im wesentlichen richtig ist und ich hoffe, daß es Ihnen nützt. In der vorliegenden Form ist es völlig unbeeinflusst und ich halte es für möglich, daß es etliche Bildfehler enthält. Wenn Sie glauben, daß mich meine Erinnerung in wesentlichen Zügen trägt, dann schreiben Sie mir bitte. Vielleicht wird dann bei mir wieder einiges bewußt, was zur Zeit untergegangen ist.

Das, lieber Herr Knoll, war für heute alles, was ich dazu sagen kann. - Ich hoffe, daß es Ihnen menschlich, gesundheitlich und arbeitsmäßig gut geht und ich hoffe, daß Sie wieder etwas wohler aussehen als damals, als wir uns das letztemal sahen. Ich weiß nicht mehr, wann und wo es war; ich weiß nur noch, daß es während des Krieges war und daß ich erschrocken darüber war, wie angegriffen und elend Sie damals aussahen. Wenn wir uns einmal wieder begegnen, hoffe ich, daß dieses Erinnerungsbild durch ein besseres Gegenwartsbild ersetzt werden kann.

Mit den besten Grüßen
bin ich Ihr


(Prof. Dr. Max Steenbeck)

Daß die Aufklärung dieses von Knoll und mir immer vermuteten Sachverhaltes erst so spät kam, ist durch die Zugehörigkeit von Steenbeck zu Siemens-Schuckert und seine und Knolls Auslandstätigkeit nach dem Krieg zu beiden Seiten des Eisernen Vorhangs verständlich. Vor 1945 konnte sich Steenbeck als Angehöriger von Siemens-Schuckert auch nur schwer in dieser Sache äußern, zumal er Rüdenberg sehr hoch schätzte, wie man seinem 1977 erschienenen Buch²⁶⁾ entnehmen kann.

In diesem äußert er sich rückblickend über die vom Konzern der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckert-Werke gestellten Aufgaben und über die Persönlichkeit ihres Leiters wie folgt:

„Es ist verständlich, daß die große Zahl solcher Aufgaben nicht nur mit der kleinen Wissenschaftlichen Abteilung des Chefelektrikers gelöst werden konnte. Für den Konzern wichtig war es, für derartige Probleme viele denkbare Lösungsmöglichkeiten so früh wie möglich zu sehen und lange, bevor sie ausgereift oder erprobt waren, schon patentrechtlich abzusichern. Das war ein wesentlicher Auftrag an den Chefelektriker und seine Mitarbeiter, gab aber fast immer Ärger mit denjenigen, die später derartige Projekte technisch zu realisieren hatten und dann feststellen mußten, daß viele ihrer eigenen noch neu geglaubten Ideen tatsächlich schon vorpatentiert waren; doch das war nicht zu ändern, wenn der Konzern die Konkurrenz rechtzeitig soweit wie möglich lizenzpflichtig machen und selbst lizenzfrei bleiben wollte – andere Großunternehmen machten es ja genauso. Weitere Aufgaben für Rüdenberg und seine Abteilung bestanden darin, als wissenschaftlich geschulte, mit den Problemen und ihren vielen Verflechtungen gut vertraute Berater anderen Abteilungen zu Verfügung zu stehen, auch als Gutachter bei Patenstreitigkeiten mit der Konkurrenz oder fremden Einzelerfindern. Das erforderte von jedem Mitarbeiter der Wissenschaftlichen Abteilung genaue Kenntnis in einem speziellen Gebiet; er sollte darin möglichst durch eigene Forschungsarbeiten auch in der Öffentlichkeit bekannt werden – und meine Aufgabe würde das also für die Gasentladungsphysik sein.

Noch liefen große und neuartige Projekte, und dabei forderte Rüdenberg viel von uns.

Von diesem Mann, dem ich für mein fachliches Werden sehr viel verdanke, und der Umwelt, in welcher er sich durchsetzen mußte, möchte ich zunächst einiges so berichten, wie ich es im heutigen Rückblick sehe; es hat Jahre gedauert, bis ich beides einigermaßen verstand. Rüdenberg, eher Theoretiker als Mann der Praxis, besaß ein ungewöhnlich schnelles, zielstrebig-rationales Denkvermögen, das sich auf ein umfassendes, sicher geordnetes und stets zugriffsbereites Wissen über Stand und Grenzen des von ihm vertretenen Starkstromgebietes stützte, aber keineswegs nur da-

rauf beschränkte. Er war ein ausgezeichneter Lehrer; wenn er mir, anfangs doch einem völligen Neuling in seinem Fach, hieraus einen wichtigen Zusammenhang erklärte, sagte er nur zwei oder drei kurze Sätze, das Weitere könne ich mir selbst überlegen – das konnte ich danach tatsächlich, so sehr hatte er seine Bemerkungen auf das Wesentliche konzentriert. Er besaß eine durch Übung bewußt geschulte Fähigkeit, Erkenntnisse auch aus anderen Gebieten zu verallgemeinern und daraus für sein eigenes neue Möglichkeiten zur Weiterentwicklung abzuleiten; dabei ließ er sich vorerst durch Unkenntnis von Details nie stören – die überließ er der Zukunft oder uns ohne Rechthaberei. In seinen Aufgabenstellungen war er großzügig und in den gesteckten Zielen klar, wirkte aber in seiner betonten Sachlichkeit wahrscheinlich unpersönlicher und kälter als er wollte. Er konnte mitunter ohne eine Spur von Liebenswürdigkeit recht unangenehm werden; aber notfalls deckte er uns nach außen und brachte uns – etwa bei Vorführungen aussichtsreicher oder sonst interessanter Versuche – gern in direkten Kontakt mit der Firmenspitze. Bei vielen stand er in dem Ruf, etwas als seine Idee auszugeben, was er von anderen gehört habe; ich glaube nicht, daß er das bewußt tat – er dachte nur schneller und systematischer als die meisten aus seiner Umwelt und war diesen dann mit einem Resultat voraus, das die anderen vielleicht auch bald nach ihm ähnlich so erreicht hätten.“

Die zwischen Knoll und Steenbeck 1960 gewechselten Briefe sind erst kürzlich veröffentlicht worden ²⁷⁾.

IV. Entwicklung des Elektronenmikroskops zu sublichtmikroskopischer Auflösung

Als im Verlauf von 1932 die ersten Veröffentlichungen über Elektronenmikroskope erschienen, erregte das Emissionsmikroskop zunächst mehr Interesse als das Durchstrahlungsmikroskop. Konnten doch mit ihm erstmals die örtliche Verteilung der Elektronenemission von Kathodenoberflächen abgebildet werden, was auch schon ohne sublichtmikroskopische Auflösung genügend interessant erschien. Nachdem für ein Durchstrahlungsmikroskop damals schon eine verglichen mit der Grenzauflösung des Lichtmikroskops wesentlich bessere Auflösung als vielleicht möglich diskutiert wurde ²⁸⁾, schien diese weitreichende Folgen versprechende Aussicht noch von kaum jemandem ernst genommen zu werden. Auch nachdem zu Beginn des Jahres 1934 die Beschreibung eines über 10.000fachen vergrößernden Durchstrahlungs-Elektronenmikroskops erschien ²⁹⁾, mit dem schon mindestens so gute Auflösungen als die lichtmikroskopisch möglichen und 1935 bis 1937 auch schon wesentlich bessere Auflösungen erreicht wurden, herrschte durchgehend noch die Skep-

sis vor, daß die Elektronenmikroskopie nicht erfolgreich sein könne. Man würde nämlich kaum Präparate finden, welche die Erhitzung durch die absorbierte Elektronenenergie überstehen könnten, ohne daß dabei Strukturveränderungen einträten, durch welche die Deutung solcher Abbildungen sehr erschwert würde. Auch die ersten Abbildungen von biologischen Objekten von H. O. Müller (1911–1945)³⁰⁾ und F. Krause (1914–1945)³¹⁾, die seit 1934 an dem vom Verfasser gebauten Gerät arbeiteten, sowie von L. Marton (1901–1980)³²⁾, der sich an der Universität in Brüssel ebenfalls magnetische Elektronenmikroskope gebaut hatte, führten noch nicht zum Abbau der skeptischen Haltung. Dr. Bodo v. Borries (1905–1956) und der Verfasser hatten daher lange Zeit keinen Erfolg bei ihren Bemühungen, von wissenschaftlichen bzw. industriellen Institutionen ausreichend finanzielle Mittel zur Entwicklung von kommerziellen Elektronenmikroskopen mit sublichtmikroskopischer Auflösung zu erhalten³³⁾. Erst durch ein ausführliches positives Gutachten (2. 10. 1936) von Prof. Dr. Richard Siebeck (1883–1965), damals Direktor der ersten medizinischen Klinik der Berliner Charité und klinischer Lehrer von Helmut Ruska (1908–1979), über die weitreichenden Folgen einer Mikroskopie jenseits der Auflösungsgrenze der Lichtmikroskope³³⁾ gelang es, die Firmen Siemens & Halske, Berlin, und Carl Zeiss, Jena, für eine solche Entwicklung zu interessieren. Der von uns damals beiden Firmen vorgeschlagene Weg, gemeinsam vorzugehen, wurde von beiden Seiten abgelehnt. Wir entschieden uns dann für Siemens, hauptsächlich deshalb, weil wir die größeren Schwierigkeiten der Entwicklung auf der elektrotechnischen Seite vermuteten. Natürlich hatte diese Entscheidung auch den Vorteil, daß Siemens im Besitz der Rüdénberg-Anmeldungen war. Daß von Siemens Patente über das Elektronenmikroskop angemeldet worden seien, hatte der Verfasser seinerzeit bald erfahren. Deshalb sah auch er sich damals veranlaßt, zusammen mit v. Borries zwei das Elektronenmikroskop betreffende Patentanmeldungen einzureichen. Er unterrichtete darüber seinen Institutsleiter mit dem nachstehenden Brief³⁴⁾ (s. Abb. 7).

Auf diese Anmeldungen³⁵⁾ hin wurden Mitte 1939 die beiden Patente: DRP 680 284 „Magnetische Sammellinse kurzer Feldlänge“ und DRP 679 857 „Anordnung zur Beobachtung und Kontrolle der im Strahlengang eines Elektronenmikroskops mit zwei oder mehr elektronenoptischen Vergrößerungsstufen auftretenden elektronenoptischen Bilder“ erteilt.

Da in keiner Rüdénberg-Anmeldung eine Abbildung oder ein Vorschlag enthalten ist, wie man magnetische Felder ausbilden muß, um Elektronenlinsen kurzer Brennweite zu erhalten, war für Siemens & Halske besonders die erste Patentanmeldung wertvoll. Sie war nämlich zur Herstellung von kommerziellen magnetischen Elektronenmikroskopen ebenso

Berlin - Wilmersdorf, den 16. III. 32.

Sehr geehrter Herr Professor !

Vor einigen Tagen erhielt ich Kenntnis von der Möglichkeit, daß zum Fragenkomplex der Elektronenmikroskopie gehörende Tatsachen abermals, wie das bekanntlich schon in einem Falle geschehen ist, von einer Seite außerhalb des Laboratoriums geschäftlich ausgenutzt werden sollen. Um dieser Gefahr begegnen zu können, haben Herr v. Borries u. ich uns entschlossen, Apparative Neuerungen, die zur Elektronenmikroskopie geeignet und zum Teil notwendig sind, zum Patent anzumelden, soweit sie zweifellos von uns stammen. Es war uns durch Ihre Reise trotz mehrfacher Versuche leider nicht möglich, vor der Anmeldung Ihr Einverständnis einzuholen. Da jedoch durch eine Verschiebung nur bis morgen die Priorität schon eingebüßt werden konnte, standen wir vor der Notwendigkeit, die Sache entweder mit großer Wahrscheinlichkeit ganz aufzugeben oder aber ohne Ihre Genehmigung auf unsere Kosten und Gefahr das Patent anzumelden. Wir haben uns für das letztere entschlossen und das Patent mit der Überschrift:

" Apparatur für Elektronenmikroskopie " heute abend eingereicht.

Wir glaubten das um so eher tun zu können, als es sich ausschließlich um Dinge handelt, die für das Gebiet des Kathodenstrahloszillographen nicht in Frage kommen. Unsere Auffassung war dabei, daß unsere Rechtsstellung dem Laboratorium gegenüber in keiner Weise beeinflusst wird durch die Tatsache, daß nunmehr die Anmeldung bereits erfolgt ist, und wir hoffen, mit diesem Schritt Ihren Wünschen nicht entgegengehandelt zu haben.

Zur Klärung der ganzen Sache bitten wir Sie, uns bald eine Gelegenheit zu mündlicher Aussprache zu geben. Ich selbst bin morgen und Übermorgen während des ganzen Tages in meiner Wohnung unter H 5 Brabant 236 zu erreichen. Ich habe diesen Brief mit Einverständnis von Herrn v. Borries geschrieben. Mit vorzüglicher Hochachtung bin ich

Im Auftrag abgesetzt v. Luska

wie die Rüdénberg-Anmeldung vom 30. 5. 1931 erforderlich und nicht zu umgehen. Von Borries und der Verfasser entwickelten dann gemeinsam vom Februar 1937 bis Mai 1945 bei Siemens & Halske kommerzielle Elektronenmikroskope. Das erste serienmäßige Elektronenmikroskop wurde Ende 1939 bei den Farbwerken Hoechst in Betrieb genommen und steht heute im Deutschen Museum in München. Die vom Verfasser im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule 1931 und 1933 nicht mehr auffindbar. Sie wurden daher von ihm vor einigen Jahren betriebsfähig rekonstruiert und stehen jetzt ebenfalls im Deutschen Museum.

V. Erfindungs-Prioritäten und Bedeutung der Rüdénberg-Patentanmeldungen während der Entwicklung des heutigen Elektronenmikroskops

Nach den Patentgesetzen müssen bekanntlich die in den Patentanmeldungen formulierten Ansprüche erteilt werden, wenn sie nach Ansicht des Patentamtes genügende Erfindungshöhe besitzen und nicht durch Vorveröffentlichungen bekannt sind. Da am 30. 5. 1931, dem Tage der ersten von Rüdénberg als Erfinder ausgehenden Patentanmeldung der Siemens-Schuckert-Werke von anderer Seite keine patenthindernde Vorveröffentlichung im Fachschrifttum vorlag, mußten entsprechende Patente erteilt werden. Das Patentamt konnte damals nicht wissen, daß schon vor dem Anmeldetag von Knoll und dem Verfasser elektronendurchstrahlte Objekte mittels magnetischer Elektronenlinsen in zwei hintereinander liegenden Abbildungsstufen vergrößert worden waren, daß also das Elektronenmikroskop im Grundsätzlichen schon verwirklicht worden war. Knoll und der Verfasser andererseits wußten damals noch nichts über Rüdénbergs Anmeldungen.

Die Anmeldungen der Siemens-Schuckert-Werke vom 30. 5. 1931 sind aber, wie hier nachgewiesen wurde, erst erfolgt, nachdem Rüdénberg von seinem Mitarbeiter Steenbeck über unsere gelungenen Versuche unterrichtet worden war, elektronendurchstrahlte Objekte mittels magnetischer und elektrischer Linsenfelder abzubilden und zu vergrößern. Rüdénberg hat in keinem seiner Hinweise auf die Patentanmeldung vom 30. 5. 1931 erwähnt, daß und durch wen er vor diesen Anmeldungen Kenntnis von unseren experimentellen Arbeiten erhalten hatte.

Firmen sind wegen der zu befürchtenden Konkurrenz verständlicherweise eher bereit, größere Mittel in neue Entwicklungen zu investieren, wenn die neuen Ideen schon durch in ihrem Besitz befindliche Patentanmeldungen gut abgesichert erscheinen. Diese Voraussetzung war bei Siemens erfüllt, als B. v. Borries und der Verfasser dort 1937 die Entwicklung vom kommerziellen Elektronenmikroskopen mit sublichtmikroskopischer

Auflösung aufnahmen. Der Hauptanspruch des erst 22 Jahre nach dem Einreichdatum erteilten DRP 895 635 schützt die Verwendung von mehr als einer elektrostatischen und elektromagnetischen Vergrößerungslinse in einem Mikroskop. Hierdurch war also nicht nur die bei Siemens betriebene Entwicklung und Fertigung von Durchstrahlungs-Elektronenmikroskopen mit magnetischen Linsen geschützt, sondern auch die von entsprechenden Geräten mit elektrostatischen Linsen. Gemäß einer kriegsbedingten Verfügung durften damals einer Firma gehörige, aber von ihr nicht ausgenutzte Patente durch eine andere Firma ausgewertet werden (Zwangslizenz). Deshalb konnten während des zweiten Weltkriegs bei der AEG Durchstrahlungs-Elektronenmikroskope mit elektrostatischen Linsen entwickelt und auch – erst bei der AEG und später bei Carl Zeiss Oberkochen – gefertigt werden. Die Fertigung wurde aber 1962 eingestellt, weil die elektrostatische Linse aus physikalischen Gründen der magnetischen Linse unterlegen ist.

Für die physikalische und technische Entwicklung der heute allein noch mit magnetischen Linsen gebauten Durchstrahlungs-Elektronenmikroskope war keine der Rüdtenberg-Patentanmeldungen jemals von Bedeutung. Die mehr als einstufige Vergrößerung elektronendurchstrahlter Objekte war schon fast 8 Wochen vor der Einreichung der ersten drei Patentanmeldungen vom 30. 5. 1931 realisiert worden. Darüber hinaus enthalten die Anmeldungen zum Teil physikalisch falsche Vorstellungen über die Ausbildung elektrostatischer Linsen oder andere physikalisch nicht genügend durchdachte Vorschläge, die deshalb bis heute nicht realisiert worden sind. Dagegen waren die Anmeldungen für Siemens, während dort die Elektronenmikroskope entwickelt wurden, sicherlich nützlich, weil sie für Konkurrenzbestrebungen eine psychologische Hemmschwelle bedeuteten, solange noch nicht klar war, welche Wege bei der Entwicklung die erfolgreichen sein würden.

Literaturverzeichnis

- (1) Hittorf, W.: Über die Elektrizitätsleitung der Gase I und II, in: *Ann. Physik Chemie* 16 (1869), S. 1–31 und S. 197–234, Münster 9. 10. 1868.
- (2) Birkeland, Kr.: Sur les rayons cathodiques sous l'action de forces magnétiques intenses, in: *Bibliothèque universelles Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève, Ser. 4, 1* (1896) S. 497–512.
- (3) Rankin, R.: The cathode ray oscillograph, in: *The Electric Club J. II* (1905), S. 620–631.
- (4) Busch, H.: Berechnung der Bahn von Kathodenstrahlen im axialsymmetrischen elektromagnetischen Felde, in: *Ann. Physik, 4. Folge, 81* (1926), S. 974–993, eingegangen 18. 10. 1926.

- (5) Busch, H.: Über die Wirkungsweise der Konzentrierungsspule bei der Braunschenschen Röhre, in: *Arch. Elektrotechnik* 18 (1927), S. 583–594, Jena, Physikalisches Institut, Ende März 1927.
- (6) De Broglie, L.: Recherches sur la théorie des quanta. Thèse, Paris: Masson & Cie. 1924, auch in: *Ann. de Physiques* 3 (1925), S. 22–128.
- (7) Ruska, E.: Über eine Berechnungsmethode des Kathodenstrahloszillographen auf Grund der experimentell gefundenen Abhängigkeit des Schreibfleckdurchmessers von der Stellung der Konzentrierspule. Vom 1. 11. 1928 an im Hochspannungslab. d. Techn. Hochschule Berlin (Vorstand Prof. A. Matthias) durchgeführte und am 10. 5. 1929 der elektrotechnischen Fakultät eingereichte „Studienarbeit“, 117 pp. Solche Arbeiten waren damals als Voraussetzung für die Zulassung zur Diplomprüfung vorgeschrieben.
- (8) Ruska, E., Knoll, M.: Die magnetische Sammelspule für schnelle Elektronenstrahlen, in: *Zs. techn. Physik* 12 (1931), S. 389–400 und S. 448, eingegangen am 28. 4. 1931.
- (9) Knoll, M.: Berechnungsgrundlagen und neuere Ausführungsformen des Kathodenstrahloszillographen. Manuskript vom 3. 6. 1931 eines Vortrags im Cranz-Kolloquium der Techn. Hochschule Berlin am 4. 6. 1931, S. 1–26.
- (10) Knoll, M., Ruska, E.: Beitrag zur geometrischen Elektronenoptik I und II, in: *Ann. Physik* 12 (1932), S. 607–640 und S. 641–661, eingegangen 10. 9. 1931.
- (11) Rüdénberg, R.: Elektronenmikroskop, in: *Naturwissenschaften* 20 (1932), S. 522, Berlin-Siemensstadt, 7. 6. 1932.
- (12) Französisches Patent Nr. 737716, veröffentlicht 15. 12. 1932.
- (13) Schweizer Patent Nr. 165549, veröffentlicht 2. 4. 1934.
- (14) Österreichisches Patent Nr. 137611, veröffentlicht 25. 5. 1934.
- (15) Ruska, E.: Brief an Rüdénberg, R. vom 22. 7. 1935.
- (16) Rüdénberg, R.: Brief an Ruska, E., vom 29. 7. 1935.
- (17) Deutsche Patente Nr. 889660, erteilt 30. 7. 1953, Nr. 895635, erteilt 24. 9. 1953 und Nr. 906737, erteilt 4. 2. 1954.
- (18) Deutsches Patent Nr. 690809, erteilt 11. 4. 1940.
- (19) Deutsche Patente Nr. 916838, angemeldet 27. 6. 1931, erteilt 8. 7. 1954, Nr. 911996, angemeldet 28. 6. 1931, erteilt 8. 4. 1954, Nr. 916839, angemeldet 31. 3. 1932, erteilt 8. 7. 1954, Nr. 916841, angemeldet 31. 3. 1932, erteilt 8. 7. 1954 und Nr. 915253, angemeldet 13. 8. 1932, erteilt 10. 6. 1954.
- (20) Deutsche Patente Nr. 915843, angemeldet 18. 6. 1932, erteilt 16. 6. 1954 und Nr. 916840, angemeldet 18. 6. 1932, erteilt 8. 7. 1954.
- (21) Rüdénberg, R.: The early history of the electron microscope, in: *J. Appl. Phys.* 14 (1943), S. 434–436, eingegangen 27. 5. 1943.
- (22) Rüdénberg vs Clark (Boston, USA 1947) Federal Supplement 72, p. 381–389.
- (23) Mulvey, T.: Fourty years of electron microscopy, in: *Physics Bull.* (1973), S. 147–154. Vortrag Manchester 5. 9. 1972.
- (24) Knoll, M.: Brief an Steenbeck, M., vom 17. 10. 1960.
- (25) Steenbeck, M.: Brief an Knoll, M., vom 8. 11. 1960.
- (26) Steenbeck, M.: Impulse und Wirkungen, Schritte auf meinem Lebensweg, Verlag der Nation, Berlin 1977, S. 45.
- (27) Hawkes, P. W. (ed.): The Beginnings of Electron Microscopy, Supplement 15 to *Advances in Electronics and Electron Physics*, Academic Press, New York and London (1985) p. 592–595.
- (28) Ruska, E., Knoll, M.: Das Elektronenmikroskop, in: *Zs. Physik* 78 (1932), S. 318–339, eingegangen 16. 6. 1932.

- (29) Ruska, E.: Über Fortschritte im Bau und in der Leistung des magnetischen Elektronenmikroskops, in: *Zs. Physik* 87 (1934), S. 580–602, eingegangen 12. 12. 1933.
- (30) Driest, E., Müller, H. O.: Elektronenmikroskopische Aufnahmen (Elektronenmikrogramme) von Chitinobjekten, in: *Zs. wiss. Mikroskopie* 52 (1935), S. 53–57, eingegangen 16. 1. 1935.
- (31) Krause, F.: Elektronenoptische Aufnahmen von Diatomeen mit dem magnetischen Elektronenmikroskop, in: *Zs. Physik* 102 (1936), S. 417–422, eingegangen 21. 8. 1936.
- (32) Marton, L.: Electron Microscopy of biological objects, in: *Physic. Rev.* 46 (1934), S. 527–528, abgeschlossen 7. 8. 1934.
- (33) Ruska, E.: Die frühe Entwicklung der Elektronenlinsen und der Elektronenmikroskopie, in: *Acta Historica Leopoldina*, Nr. 12 (1979), Anhang E und F.
- (34) Ruska, E.: Brief an Matthias, A. vom 16. 3. 1932.
- (35) Von Borries, B., Ruska, E.: DRP 680284, eingereicht 16. 3. 1932, erteilt 3. 8. 1939, und DRP 679857, eingereicht 16. 3. 1932, erteilt 20. 7. 1939.