



---

Horst Kant (MLS), Norbert Mertzsch (MLS)

## „Ein wissenschaftlich-technisches Meisterwerk“<sup>1</sup>

Einige Anmerkungen zur Frühgeschichte der Elektronenmikroskopentwicklung

Veröffentlicht: 25. Juni 2021

---

**Vor 80 Jahren verlieh die Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin ihre Silberne Leibniz-Medaille gleich an sieben Personen für die Entwicklung des Elektronenmikroskops. Ernst Ruska, einer der Empfänger dieser Medaille, erhielt 1986 dafür den Nobelpreis für Physik. Der Artikel beleuchtet die Frühgeschichte dieses bedeutenden Forschungsinstrumentes, die damit verbundene Konkurrenz zwischen den beteiligten Unternehmen AEG und Siemens, und geht auf die Prioritätsdiskussionen ein, die mit dieser Entwicklung des Elektronenmikroskops verknüpft waren und sind.**

In den gegenwärtigen Zeiten der Corona-Pandemie rückt ein Forschungsinstrument wieder ein bisschen mehr in den öffentlichen Fokus, ohne das wir uns kein visuelles Bild des Corona-Virus machen könnten – das Elektronenmikroskop. Entwickelt wurde es vor rund 90 Jahren vor allem in Berlin, und bereits damals spielte die Virusforschung dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle. Und vor 80 Jahren vergab die Preußische Akademie der Wissenschaften für eben diese Entwicklung gleich an sieben Elektrotechniker/Technikwissenschaftler ihre Silberne Leibniz-Medaille.<sup>2</sup> Die Medailleempfänger waren (in dieser Reihenfolge angegeben):<sup>3</sup> Baron Manfred von Ardenne, Dr. Hans Boersch, Dr.-Ing. Bodo von Borries, Dr.-Ing. habil. Ernst Brüche, Dozent Dr.-Ing. Max Knoll, Dr.-Ing. Ernst Ruska und Dr. Hans Mahl. Die Ausgezeichneten gehörten drei mehr oder weniger miteinander konkurrierenden Forschungsgruppen an: Max Knoll (1897–1969), Ernst Ruska (1906–1988) und Bodo von Borries (1905–1956) bei Siemens & Halske/Telefunken in Berlin, Ernst Brüche (1900–1985), Hans Boersch (1909–1986) und Hans Mahl (1909–1985) im AEG-Forschungslaboratorium in Berlin und Manfred von Ardenne (1907–1997) in seinem eigenen Forschungslaboratorium für Elektronenphysik in Berlin-Lichterfelde. Dabei war die erstgenannte Gruppe Anfang der 1930er Jahre noch an der Technischen Hochschule Berlin angesiedelt.

---

<sup>1</sup> Pressebericht über die öffentliche Festsitzung der Preußischen Akademie der Wissenschaften aus Anlass des Leibniz-Tages am Donnerstag, den 3. Juli 1941, S. 2 [Archiv der BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-V-196].

<sup>2</sup> Die Leibniz-Medaille war 1906 von der Akademie gestiftet worden und wurde ab 1907 am Leibniz-Tag vergeben (jeweils eine in Gold und bis zu drei in Silber). Die Leibniz-Medaille hatte vor allem eine wissenschaftspolitische Aufgabe: es sollten Leistungen gewürdigt werden, die außerhalb des Akademierahmens erbracht wurden, die aber aus unterschiedlichen Gründen nicht als Grundlage für eine Zuwahl akzeptiert wurden. Mit der Goldenen Leibniz-Medaille wurden meist Persönlichkeiten geehrt, die durch finanzielle Zuwendungen die Wissenschaft unterstützten, mit der Silbernen Leibniz-Medaille eher „Hobbyforscher“ oder „Erfinder“ (im weiteren Sinne). – Eine so hohe Anzahl war nur noch 1910 vergeben worden. Die Akademie musste also für diese hohe Zahl von Medaillen die Genehmigung des Reichserziehungsministers einholen [vgl. Schreiben vom 27.2.1941 – Archiv der BBAW, Sign. PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 26–33] und erhielt diese am 4.4.1941 [ebenda, Bl. 36].

<sup>3</sup> Eine weitere – achte – Medaille wurde in jenem Jahr an den akademischen Zeichenlehrer und passionierten Ethnologen des Maghreb Ernst Rackow (1888–1959) vergeben [Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 30–32.]. – Vgl. dazu auch H.-R. Singer: Ernst Rackow. Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft, Vol. 110/n.F. 35 (1960) 1, S. 15–19.

Der Antrag zur Verleihung der Silbernen Leibniz-Medaille war von den Akademiemitgliedern Max von Laue (1879–1960), Karl Willy Wagner (1883–1953) und Hans Geiger (1882–1945) eingebracht worden. In der ersten Fassung befanden sich auf der Liste nur die Namen von v. Ardenne, Boersch, v. Borries, Brüche, Knoll und Ruska.<sup>4</sup> Zur Begründung hieß es darin:

„[...] hat 1931 Max Knoll die ersten entscheidenden Schritte getan, indem er zusammen mit Ernst Ruska die optischen Eigenschaften magnetischer und elektrischer Linsen theoretisch und experimentell erforschte. Bodo von Borries und Ernst Ruska haben dann die magnetische, Ernst Brüche und seine Mitarbeiter die elektrische Linse bis zu ihrer heutigen Leistungsfähigkeit vervollkommen. Manfred von Ardenne hat dem Mikroskop noch die Möglichkeit zu stereoskopischen Aufnahmen hinzugefügt. Hans Boersch wandelte das Abbildungsprinzip nach einem besonders einfachen Gedanken um, indem er das Schattenmikroskop konstruierte; [...]“<sup>5</sup>

Nach einem Protestbrief von Carl Ramsauer (1879–1955), dem Direktor des 1928 gegründeten Forschungslaboratoriums der AEG, vom 24.6.1941 an Akademie-Präsident Theodor Vahlen (1869–1945) sowie an Max von Laue wurde zusätzlich noch Mahl auf die Liste gesetzt.<sup>6</sup> Ramsauer würdigte ausführlich die Verdienste von Mahl und betonte, dass es auf Unverständnis treffen würde, wenn man ihn nicht berücksichtige.<sup>7</sup> Deshalb berief Vahlen noch am 27.6.41 kurzfristig eine außerordentliche Gesamtsitzung der Akademiemitglieder für den 30.6.41 ein, um über den Zusatzantrag abzustimmen;<sup>8</sup> dem Antrag wurde zugestimmt. So konnte Mahl dann noch rechtzeitig auf die Liste gesetzt werden.<sup>9</sup>

Nicht genannt wurde Reinhold Rüdenberg (1883–1961), der seit 1923 „Chefelektriker“ und (seit 1927) Leiter der neu etablierten Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckertwerke (SSW) geworden und insbesondere für das Patentwesen des Konzerns mitverantwortlich war, der 1931 die ersten Patente zum Elektronenmikroskop für den Siemens-Konzern angemeldet hatte.<sup>10</sup> Doch da er Jude war, musste er 1936 emigrieren (zunächst nach Großbritannien und 1938 in die USA).<sup>11</sup>

<sup>4</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 1r+v.

<sup>5</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 8 (Entwurf für die Vorlage zur Abstimmung in der Sitzung am 20. Februar 1941).

<sup>6</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 39, 40.

<sup>7</sup> [Ebenda; dazu auch Bl. 41–44]. Ramsauer bezeichnete ihn dort als den eigentlichen Schöpfer des elektrostatischen Übermikroskops. Er erwähnte dabei, dass er von Brüche auf Grund der ergangenen Einladung zur Verleihung von dem Vorgang erfahren habe und dass Brüche ihm gegenüber angeboten habe, auf die Medaille zu verzichten, falls es wegen der Anzahl der zu vergebenden Medaillen Probleme geben sollte.

<sup>8</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 45. – Vahlen verweist hier ergänzend auch auf eine diesbezügliche Rücksprache mit Max Planck (1858–1947). Geiger, Wagner und v. Laue schienen nicht so ganz von Ramsauers Argumentation überzeugt zu sein, akzeptierten sie aber [ebenda, Bl. 45]; vermutlich wollten es sich die Physiker nicht mit dem damaligen Vorsitzenden der Deutschen Physikalischen Gesellschaft verderben.

<sup>9</sup> Der noch am 30.6.41 gestellte Antrag an den Reichserziehungsminister wurde bereits am 1.7.41 positiv beschieden [Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 83, 84]. – In dem Antrag der Akademie an den Reichserziehungsminister vom 27.2.1941 hatte sich für eine achte Medaille noch der Name von Ludwig Bückmann (1858–1941) befunden, ein Heimatforscher aus Lüneburg [Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 32]. In dem Antrag vom 30.6. hieß es nun: „Da Professor Dr. Ludwig B ü c k m a n n inzwischen verstorben ist, bitte ich zu genehmigen, dass die frei gewordene Medaille Dr. M a h l verliehen wird.“ [ebenda, Bl. 83] Dadurch blieb es bei der ursprünglich geplanten Zahl von acht Medaillen und Mahl konnte problemlos „nachrücken“.

<sup>10</sup> Siehe: Reinhold Rüdenberg. In: [Feldtkeller/Goetzler (1994), S. 53–59]. – Interessanterweise erwähnt Ferdinand Trendelenburg (1896–1973) in seiner Darstellung über die Geschichte der Forschung bei Siemens [Trendelenburg (1975)] die hervorgehobene Rolle von Rüdenberg an mehreren Stellen, nimmt aber keinen Bezug auf dessen Patente zum Elektronenmikroskop. Die Elektro-

Wir wollen im Folgenden die Entwicklungsgeschichte des Elektronenmikroskops in ihren Anfängen ein wenig näher beleuchten, um den Vorschlag zur Auszeichnung mit so ungewöhnlich vielen Silbernen Leibniz-Medaillen besser nachvollziehen zu können.<sup>12</sup> In der Vorschlagbegründung wurde betont:

„[...] Es besteht sichere Aussicht auf weitere erhebliche Steigerung seiner Leistungsfähigkeit. Aber schon jetzt scheint uns die Anerkennung des Geleisteten durch die Akademie geboten, um so mehr, als sich die Entwicklung ganz auf deutschem Boden vollzogen hat.“<sup>13</sup>

Auch wenn diese Betonung – gerade im Kriege – durchaus einen nationalistischen Unterton hatte, so trifft es für die Grundlagen dieser Entwicklung doch weitestgehend zu. Auf Bemühungen in den 1930er Jahren in verschiedenen anderen Ländern verweisen wir an dieser Stelle deshalb nur pauschal (vgl. dazu u.a. [Van Gorkom (2018)]).

\*\*\*

Grundlage für die Entwicklung des Elektronenmikroskops waren die Arbeiten des Physikers und Elektrotechnikers Hans Busch (1884–1973), der 1926 an der Universität Jena die Grundlagen der Elektronenoptik legte [Busch (1926)]. Auf dieser Basis entwickelte er eine elektromagnetische Linse, die zunächst für Kathodenstrahloszillographen von Bedeutung war [Busch (1927)]. Brüche schreibt dazu im Rückblick:

„[...] Er bemerkte, daß Elektronen, die von einem Punkt einer Ebene ausgehen, an einem Punkt einer anderen Ebene auf der entgegengesetzten Seite einer magnetischen Spule zusammengeführt werden und daß dabei die Linsenformel der Optik Gültigkeit hat. Er bezeichnete das rotationssymmetrische magnetische Feld als „Elektronenlinse“ und eröffnete damit das neue Forschungsgebiet [...]“ [Brüche (1957), S. 494].

Es wird immer wieder suggeriert, dass die Erfindung des Elektronenmikroskops nach den Veröffentlichungen von Busch quasi in der Luft lag. Das wird gewissermaßen auch bestätigt durch eine Anekdote, die Dennis Gabor (1900–1979), Nobelpreisträger 1971 für die Erfindung der Holografie, zum Besten gab (um dies dann in seinen nachfolgenden Ausführungen selbst zu widerlegen); sein Freund Leo Szilard (1898–1964) habe ihm 1928 bei einem Gespräch in einem Berliner Café geraten: „Du weißt, *Busch* hat gezeigt, daß man Elektronenlinsen machen kann. [...] warum machst Du nicht ein Mikroskop mit Elektronen?“ [Gabor (1957), S. 522]. – Szilard selbst hatte dann im Juli 1931 ebenfalls ein Patent zum Elektronenmikroskop eingereicht, verfolgte die Idee allerdings nicht weiter (was durchaus typisch für ihn war) [Lanouette (1992), S. 94, 101].<sup>14</sup>

Bereits 1932 hielten Brüche und Johannson dazu fest:

„Unter „Elektronenmikroskop“ wollen wir gegenüber einem normalen „Lichtmikroskop“ eine stark vergrößernde Vorrichtung verstehen, bei der Elektronenstrahlen an Stelle von Lichtstrahlen verwandt werden. [...]“

---

nenmikroskop-Arbeiten setzen bei Trendelenburg erst 1937 mit der Gründung der Entwicklungsstelle für Elektronenmikroskopie ein (vgl. [ebenda, S. 76 f]).

<sup>11</sup> Wir kommen darauf zurück.

<sup>12</sup> Zahlreiche Anregungen und Hinweise verdanken wir dabei der Publikation von Lin (1995); des Weiteren sind hier besonders zu nennen: Gelderblom/Krüger (2014), Haguenau (2003), Lettkemann (2019), Ude (2000), Wolpers (1991).

<sup>13</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 1r+v.

<sup>14</sup> Vgl. auch: [The Collected Works (1972), S. 707 sowie S. 527]. – Der stets umtriebige Szilard, der Ende der 1920er Jahre auch gemeinsam mit Albert Einstein (1879–1955) einen speziellen Kühlschrank entwickelte und patentieren ließ, hatte ständig zahlreiche Patentideen. Seit Anfang der 1930er Jahre konzentrierte er sich allerdings stärker auf die Nuklear- und Teilchenphysik, war aber außerdem infolge des aufkommenden Nationalsozialismus verstärkt mit Emigrationsüberlegungen befasst, was seine zahlreichen wissenschaftlich-technischen Ideen zeitweilig etwas in den Hintergrund drängte; kurz nach dem Reichstagsbrand 1933 emigrierte er.

Wollen wir ein Mikroskop bauen, so müssen wir geometrische Optik kennen. Wollen wir ein Elektronenmikroskop bauen, so müssen wir geometrische Elektronenoptik treiben. Die grundlegenden Betrachtungen dieses Gebiets enthält eine Arbeit von BUSCH aus dem Jahre 1926. [...]

Aber die Physik war 1927 zu sehr mit anderen Fragen beschäftigt, als daß die Anregung durch BUSCH sofort weiter verfolgt worden wäre. Insbesondere waren die Elektronen-Fachleute mit der Ausbildung des anderen Teiles der Elektronenoptik, der Wellenoptik des Elektrons, vollauf beschäftigt. [...] [Brüche/Johannson (1932) S. 353].<sup>15</sup>

Seit 1925 war Adolph Matthias (1882–1961) – zuvor bei der AEG – Professor für Hochspannungstechnik und elektrische Anlagen an der TH Berlin-Charlottenburg und leitete dort das neugegründete Hochspannungslaboratorium (das 1932 nach (Neu-)Babelsberg umgesiedelt wurde); wichtigstes Messgerät – Matthias forschte u.a. über Gewitterwirkungen auf Hochspannungsanlagen – war das Kathodenstrahloszilloskop. Max Knoll übernahm 1927 nach seiner Promotion dort eine Arbeitsgruppe für Elektronenforschung. Matthias gründete 1928 eine kleine Studenten-Arbeitsgruppe, die die Kathodenstrahlröhre für die geplanten Messzwecke weiterentwickeln sollte;<sup>16</sup> Knoll wurde die Leitung übertragen. Ruska hatte sein Elektrotechnikstudium 1925 an der TU München begonnen und wechselte 1927 an die TH Berlin; in der Arbeitsgruppe von Knoll fertigte er von November 1928 bis Mai 1929 eine Studienarbeit an, mit der er Buschs Theorie überprüfen sollte [Ruska (1929)];<sup>17</sup> die Ergebnisse bestätigten diese. In seiner Diplomarbeit beschäftigte sich Ruska 1930 dann erneut mit einem Thema der geometrischen Elektronenoptik. Diese Arbeit markierte die Trennung der elektronenoptischen Forschung von den Kathodenstrahlzillographen (vgl. [Lin (1995), S. 28]).

In Weiterführung der elektronenoptischen Arbeiten gelang Ruska und Knoll am 07. April 1931 erstmalig eine zweistufige Vergrößerung mittels Elektronenstrahlen mit zwei hintereinander angeordneten Konzentrierspulen. Dabei gelang eine 17,4-fache Vergrößerung eines Metallnetzes. Nach diesen Versuchen entstand die Veröffentlichung „Die magnetische Sammelspule für schnelle Elektronenstrahlen“, welche am 28. April 1931 bei der *Zeitschrift für technische Physik* eingereicht wurde [Knoll/Ruska (1931)].

Auf dem „Kolloquium über Probleme der technischen Physik“, das am 4. Juni 1931 an der TH Berlin stattfand,<sup>18</sup> hielt Knoll einen Vortrag zum Thema „Berechnungsgrundlagen und neuere Ausführungsformen des Kathodenstrahl-Oszillographen“. In diesem ging er auch auf die elektronenoptischen Versuche ein.<sup>19</sup> Der Begriff „Elektronenmikroskopie“ wurde damals noch nicht geprägt [Lin (1995), S. 36–38]. Dies erfolgte erst mit der am 10. September 1931 von Knoll und Ruska bei den *Annalen der Physik* eingereichten Arbeit [Knoll/Ruska (1932a), S. 647].<sup>20</sup> In diesem Jahr realisierten

<sup>15</sup> Einen ersten Vergleich zwischen den Möglichkeiten eines Lichtmikroskops, eines elektrostatischen und eines magnetischen Elektronenmikroskops regte Brüche bereits 1932 im AEG-Forschungsinstitut an (vgl. [Knecht, 1934]).

<sup>16</sup> Dazu gehörten auch Martin M. Friendly und Dennis Gabor (kurzzeitig) – beide emigrierten noch 1933. – Auch Fritz Houtermans (1903–1966) arbeitete zeitweise mit der Gruppe zusammen; Ruska erinnerte sich, dass von ihm 1932 der Hinweis stammte, de Broglies Materiewellen bei den Betrachtungen zu berücksichtigen ([Ruska (1979), S. 33]; vgl. auch [Frenkel (2011) S. 25]). – Clinton J. Davisson (1881–1958) und Lester H. Germer (1896–1971) hatten 1927 die Welleneigenschaften der Elektronenstrahlen nachgewiesen.

<sup>17</sup> Vgl. auch [Lambert & Mulvey (1996), S. 13 ff].

<sup>18</sup> Man spricht in der Literatur allgemein vom Cranz-Kolloquium, benannt nach Carl Cranz (1858–1945), der von 1929–1935 ord. Professor für Technische Physik an der TH Berlin war und dieses Kolloquium leitete.

<sup>19</sup> Dieser Vortrag beruhte wesentlich auf Ruskas Studienarbeit von 1929 (vgl. [Ruska (1929); Ruska (1979), S. 23]).

<sup>20</sup> Ruska meinte später, man wollte bis dato „Effekthascherei“ vermeiden [Ruska (1979) S. 32]. Intern muss der Begriff aber schon gebraucht worden sein, denn Brüche verwendet ihn in seiner Kurznotiz für die *Naturwissenschaften* ebenfalls [Brüche (1932)]. Und in ihrem Beitrag [Knoll/Ruska (1932b)] (eingegangen am 16.6.1932) vermerken die Autoren in Fußnote 1: „Vorläu-

Ruska und Knoll ein zweistufiges magnetisches Durchstrahlungs- und Emissions-Elektronenmikroskop.

Inzwischen gehörte auch Bodo von Borries zu der Studiengruppe [H. v. Borries (1991) S. 128f.], andererseits verließ Knoll die TH 1932 und v. Borries wurde sein Nachfolger als Leiter der Arbeitsgruppe.<sup>21</sup> Doch auch v. Borries verließ im Frühjahr 1933 und Ruska nach seiner Promotion im Sommer 1933 die Arbeitsgruppe, denn die Weltwirtschaftskrise von 1929 wirkte sich noch immer aus und so zeigte sich keine Chance für eine industrielle Entwicklung.<sup>22</sup>

Im März 1933 hatte Ruska an die Notgemeinschaft noch einen Unterstützungsantrag gestellt zur Finanzierung eines neuen Elektronenmikroskops, das er im Hochspannungslaboratorium in (Neu-)Babelsberg aufbaute. Laue unterstützte als Gutachter der Notgemeinschaft diesen Antrag und er wurde genehmigt [Ruska (1979) S. 48]. Mit diesem Gerät konnte Ruska Ende 1933 erstmals die Auflösung von optischen Mikroskopen übertreffen [ebenda] und es wurde damit zum Prototyp für die weitere Entwicklung. In den Folgejahren konnten einige Studenten mit dem Gerät weitere Experimente durchführen, die Ruska nebenher durchaus verfolgte. So gelangen Eberhard Driest und Heinz Otto Müller (1911–1945) 1935 Bilder der Flügel einer Stubenfliege (ein „Chitinobjekt“) in besserer Auflösung als mit dem Lichtmikroskop – doch die Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* lehnte eine Publikation ab.<sup>23</sup> Der Medizinstudent Friedrich Krause (1914–1945) setzte diese Arbeiten fort; 1937 hielt er fest [Krause (1937) S. 824]:

„Für die Aufnahme von Viruskörperchen wird diese Methode besondere Bedeutung gewinnen.“<sup>24</sup>

Brüche hatte die Fragestellung mit seiner Arbeitsgruppe um 1930 ebenfalls aufgegriffen [Brüche/Johannson (1932) S. 354]. Brüche hatte in Danzig Maschinenbau und Physik studiert und ging mit seinem Mentor Carl Ramsauer 1928 zur AEG in Berlin,<sup>25</sup> wo er Leiter des physikalischen Laboratoriums im AEG-Forschungsinstitut wurde und sich der weiteren Erforschung der Elektronenstrahlen widmete, was 1930 zu einer ersten Veröffentlichung auf diesem Gebiet führte [Brüche (1930)]. Brüches Mitarbeiter Helmut Johannson erzielte Mitte 1931 Abbildungen von Kathodenoberflächen in 60- bis 80-facher Vergrößerung. In seiner bereits erwähnten Kurzmitteilung von 1932 an die Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* hatte Brüche darauf hingewiesen, dass er es anlässlich eines Gespräches mit Knoll über die diesbezüglichen Arbeiten an der TH Berlin (und den von Knoll/Ruska eingereichten Artikel an die *Annalen der Physik*) für erforderlich hielt, auf die entsprechenden Arbeiten

---

fige Mitteilung darüber anlässlich eines Vortrages von M. Knoll im Koll. d. Inst. f. Techn. Physik der Techn. Hochschule Berlin am 4. Juni 1931 [...].“ Sie definieren dort ein Elektronenmikroskop als „[...] eine elektronenoptische Anordnung, die zur Untersuchung emittierender oder bestrahlter Objekte durch vergrößerte Abbildung dieser Objekte dient, wobei mindestens die erste Stufe der Abbildung durch Elektronenstrahlen erfolgt.“ [ebenda, S. 318].

<sup>21</sup> Von Borries promovierte im März 1932 bei Matthias; Knoll hatte seine Habilitation abgeschlossen und ging zu Telefunken, wo er die Entwicklung von Fernsehröhren leitete.

<sup>22</sup> Von Borries ging zunächst zum Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk (und 1934 zu S&H in Berlin) und Ruska ab 1.12.1933 zur Entwicklungsabteilung der 1930 gegründeten Berliner Fernseh-AG.

<sup>23</sup> Der Herausgeber der renommierten Zeitschrift *Die Naturwissenschaften*, Arnold Berliner (1862–1942), schrieb, dass elektronenoptische Vergrößerungen in seiner Zeitschrift keinen Sinn machten, verwies auf Zeitschriften wie *Die Koralle* oder *Die Umschau* und schloss: „[...] Ich kann daher von dem Manuskript keinen Gebrauch machen.“ (Zit. nach [Ruska (1979) S. 109]) – Die Arbeit erschien dann in der *Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und mikroskopische Technik*.

<sup>24</sup> Nun hatte die Thematik also auch Eingang in *Die Naturwissenschaften* gefunden. Gleich anschließend wurde noch ein Beitrag über den Einsatz des Elektronenmikroskops für die Kolloidforschung gedruckt, verfasst von Krause und Dietrich Beischer (1908–?), einem Assistenten am KWI für Physikalische Chemie und Elektrochemie (vgl. auch [Steinhauser et.al. (2011), S. 119]).

<sup>25</sup> Zu Brüche siehe u.a. [Rechenberg (2003)].

und Aufgabenstellungen bei der AEG kurz hinzuweisen [Brüche (1932)].<sup>26</sup> Brüche und seine Mitarbeiter konzentrierten sich dabei auf die elektrostatische Variante.<sup>27</sup> Schwerpunkte der Arbeiten unter der Leitung von Brüche waren in dieser Zeit die Untersuchung von Kathoden und das weite Feld der geometrische Elektronenoptik [Lin (1995) S. 101].

Zur besseren Abgrenzung gegenüber dem Lichtmikroskop wurde bald auch der Begriff „Übermikroskop“ (wegen des höheren Auflösungsvermögens) für das Elektronenmikroskop eingeführt [Ruska (1934) S. 581].

\*\*\*

Patentrechtlich wäre wohl Rüdénberg der Erfinder des Elektronenmikroskops [Gabor (1957) S. 523].<sup>28</sup> Er hatte per 31. Mai 1931 drei Patente für die Siemens-Schuckertwerke angemeldet.<sup>29</sup> Genaugenommen hatten die Patentformulierungen der Vorstand der Siemens-Patentabteilung Ludwig Fischer sowie dessen Mitarbeiter Curt Abraham<sup>30</sup> vorgenommen, nachdem ihnen Rüdénberg am 27. Mai 1931 mit Hilfe mehrerer Skizzen seine Gedanken erläutert hatte [Rudenberg & Rudenberg, (2010) S. 233 ff].

Um die Diskussionen um Rüdénbergs Patentanmeldung besser zu verstehen, sei hier auf Ausführungen seines Mitarbeiters (seit 1927) Max Steenbeck (1904–1981) verwiesen [Steenbeck (1977)]:

Vor allem war die Wissenschaftliche Abteilung für die neuen Aufgaben der sich gerade erst entwickelnden Starkstromelektronik zuständig. Für die große Zahl solcher Aufgaben war die Abteilung natürlich zu klein, aber für den Konzern wichtig war „[...] 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 der wesentliche Auftrag

---

<sup>26</sup> Die Mitteilung [Brüche (1932)] war im November 1931 für die Rubrik „Kurze Originalmitteilungen“ bei den *Naturwissenschaften* eingegangen, etwa zwei Monate, nachdem die Arbeit von Knoll/Ruska an die *Annalen der Physik* abgesandt worden war, aber sie erschien noch, bevor jene erschien.

<sup>27</sup> Interessanterweise vermeidet es Brüche in seinem bereits erwähnten Rückblick ausdrücklich, Namen zu nennen. Er verweist nur in einer Fußnote [Brüche, 1957, S. 496] auf die Namen der Empfänger der Leibniz-Medaille.

<sup>28</sup> Gabor hatte bereits 1946 in einem Brief an Rüdénberg festgestellt: „It seems to be more or less accepted practise nowadays in the scietific world, that patents are priority before the Law, but not in science.“ (zit. nach [Rudenberg & Rudenberg (2010) S. 249]).

<sup>29</sup> Diese Patente seien hier benannt: Rüdénberg (1931): Deutsches Patentamt. Patentschrift Nr. 889.660. Siemens-Schuckertwerke. Anordnung zur Beeinflussung von Elektronenstrahlen durch elektrisch geladenen Feldblenden. Patentiert vom 31. Mai 1931 an. Patentanmeldung vom Reichspatentamt bekanntgemacht am 7. März 1940, vom Deutschen Patentamt erneut bekanntgemacht am 18. Dezember 1952. Patenterteilung bekanntgemacht am 30. Juli 1953. Erfinder Reinhold Rüdénberg. – Rüdénberg (1931): Deutsches Patentamt. Patentschrift Nr. 895.635. Siemens-Schuckertwerke. Anordnung zur vergrößerten Abbildung von Gegenständen mittels Elektronenstrahlen und mittels den Gang der Elektronenstrahlen beeinflussender elektrostatischer oder elektromagnetischer Felder. Patentiert vom 31. Mai 1931 an. Patentanmeldung vom Reichspatentamt bekanntgemacht am 31. März 1938, vom Deutschen Patentamt erneut bekanntgemacht am 12. Februar 1953. Patenterteilung bekanntgemacht am 24. September 1953. Erfinder Reinhold Rüdénberg. – Rüdénberg (1931): Deutsches Patentamt. Patentschrift Nr. 906.737. Siemens-Schuckertwerke. Anordnung zum vergrößerten Abbilden von Gegenständen mittels Elektronenstrahlen. Patentiert vom 31. Mai 1931 an. Patentanmeldung bekanntgemacht am 25. Juni 1953. Patenterteilung bekanntgemacht am 4. Februar 1954. Erfinder Reinhold Rüdénberg.

Im Mai 1932 wurden entsprechende Patente Rüdénbergs von SSW in Frankreich, Österreich, Schweiz, Großbritannien, Niederlande und USA angemeldet.

<sup>30</sup> Abraham emigrierte 1937 in die USA und änderte seinen Namen 1939 in Curt M. Avery; vgl. [Rudenberg & Rudenberg, (2010) S. 234 (FN 16)].

an den Chefelektriker [...]“ (S. 48). – Intern bezeichnete man solche Patente auch als „Wegelagerpatente“ (S. 54).

„[...] Rüdberg, eher Theoretiker als Mann der Praxis, besaß ein ungewöhnlich schnelles, zielstrebig-rationales Denkvermögen, [...]“. Er besaß eine gute 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 [...]. 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 [...]“ (S. 52).

Anfang Juni 1932 informierte Rüdberg in einer Notiz in den *Naturwissenschaften* (ebenfalls in der Rubrik „Kurze Originalmitteilungen“) öffentlich über diese Arbeiten beim Siemens-Konzern mit explizitem Bezug darauf, dass inzwischen die ersten Arbeiten von Knoll und Ruska sowie Brüche erschienen seien, und betonte:

„[...] Obgleich unsere grundlegenden Patente auf Mai 1931 zurückgehen, sind ausführliche Veröffentlichungen erst beabsichtigt, wenn die praktische Entwicklung weitergetrieben ist.“  
[Rüdberg (1932)]

Doch diese angekündigten Veröffentlichungen kamen nicht, da offenbar bei Siemens kein Interesse an einer weiteren Entwicklung bestand (einige erste Forschungsansätze hatte es allerdings ab 1931 gegeben, so u.a. von Ernst Lübcke (1890–1971), Karl Pohlhausen (1892–1980) und Richard Swinne (1885–1939)).<sup>31</sup> – Ende 1932 wurden die Rüdberg-Patente erstmals in Paris öffentlich.

Rüdberg gibt an, infolge der Erkrankung seines jüngeren Sohnes an Kinderlähmung im Herbst 1930 auf die Idee des Elektronenmikroskops gekommen zu sein. Der behandelnde Arzt hatte ihm erzählt, dass die Polioviren leider unter dem normalen Lichtmikroskop nicht zu sehen wären, da die Auflösung nicht ausreicht. Eine Visualisierung des Virus wäre jedoch für eine Verbesserung der Behandlungsmöglichkeiten wünschenswert [Rudenberg & Rudenberg (2010), S. 216 ff.]. Rüdberg wurde klar, dass man im Durchstrahlungs-Mikroskop zu Wellenlängen übergehen müsste, die wesentlich kürzer als Lichtwellen waren. Die Publikationen von Busch kannte er.<sup>32</sup> Angespornt wurde Rüdberg offenbar auch durch seine Frau, die seit 1928 Biologie studierte und gern mikroskopierte [Rüdberg, (2010) S. 182]. Umstritten ist, welche Kenntnisse sich Rüdberg letztendlich bis zur Formulierung der ersten Patente selbst erarbeitet und welche er von Knoll/Ruska übernommen hatte. Tatsache ist, dass Steenbeck Knoll im April/Mai 1931 in seinem Labor an der TH besucht hatte und Knoll ihm den Versuchsaufbau erläuterte. Steenbeck hatte Rüdberg darüber informiert – und das war wohl noch vor Ende Mai. Steenbeck hält dazu in einem Brief an Knoll vom 8.11.1960 fest:

„[...] und dabei habe ich sicher von der überzeugenden Demonstrierung der Busch’schen Linsenformel gesprochen. Rüdberg, der durch keine experimentellen Erfahrungen gehemmt

<sup>31</sup> Die Hintergründe erscheinen etwas unklar. Bei [Rudenberg & Rudenberg (2010) S. 241] heißt es u.a., dass die genannte Mitteilung in den *Naturwissenschaften* nur das Relikt eines längeren Aufsatzes war, den Rüdberg vorbereitet hatte. Zudem soll es eine informelle Vereinbarung zwischen der AEG und Siemens gegeben haben – offenbar zwischen den beiden Vorstandsvorsitzenden Herrmann Bücher (1882–1951) und Heinrich von Buol (1880–1945) Anfang der 1930er Jahre getroffen (vgl. dazu [Müller (2009) e-book-Fassung Pos. 3086 ff]) –, dass Siemens auf dem Gebiet der Elektronenoptik nicht weiter aktiv werden würde; davon wusste Rüdberg anscheinend nichts. – Offenbar schwand mit Beginn der nationalsozialistischen Herrschaft der Einfluss Rüdbergs im Siemens-Konzern; auch verlor er seine Honorar-Professur an der TH Berlin. Der Erlass der Nürnberger Gesetze war dann der letzte Anstoß für ihn, Deutschland zu verlassen. Nach seiner Emigration wurde die Wissenschaftliche Abteilung aufgelöst. [Steenbeck (1977), S. 53, 62]. Laut [Rudenberg & Rudenberg (2010) S. 245 ff] war Carl Friedrich von Siemens (1872–1941) bei der Emigration behilflich.

<sup>32</sup> Unklar bleibt, ob Rüdberg zu dieser Zeit auch mit der Hypothese über die Wellennatur der Elektronen von Louis de Broglie (1892–1987) von 1924 vertraut war (Busch war es beispielsweise zunächst offenbar nicht). Das gilt aber auch für Knoll, Ruska usw. – Aus heutiger Sicht scheint dies eine logische Voraussetzung zu sein, in der damaligen Realität orientierte man sich aber auch an praktischen Erfahrungen (wie dies häufig in der experimentellen Forschung der Fall ist).

diese Zusammenhänge hörte, wird dann für sich die Kombination gemacht haben [...]. So hat er diesen Gedanken zum Patent angemeldet, ohne daß ich davon etwas wußte. [...] 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 Erfinder des Elektronenmikroskops ansieht [...]“ (Zit. nach der Faksimile-Abbildung in [Ruska (1984) S. 542]).

Überliefert wird, dass Rüdénberg an dem oben erwähnten Cranz-Kolloquium teilgenommen, sich aber nicht geäußert habe [Ruska (1984) S. 531].<sup>33</sup> Rüdénberg hat dann 1943 in den USA seine Patentansprüche publik gemacht [Rüdénberg (1943)].

\*\*\*

Wie gesagt, zeigte die Industrie zunächst wenig Interesse bezüglich einer industriellen Entwicklung (und damit kommerziellen Verwertung) des Elektronenmikroskops, zumal auch in der Wissenschaft die Skepsis vorherrschend war, ob dieses Instrument überhaupt breiter nützlich verwendbar sei.<sup>34</sup> Wohlwollend sprach Ruska rückblickend von einer „dreijährigen Inkubationszeit“ [Ruska (1970), S. 27].<sup>35</sup>

In einem „Werbevortrag“ im Jahre 1934 betonte v. Borries:

„Die Lichtmikroskopie hat entscheidende Verbesserungen nicht mehr zu erwarten. Das Elektronenmikroskop dagegen hat in dreijähriger rascher Entwicklung das Lichtmikroskop bereits heute im Auflösungsvermögen überholt. Wenn es auch das Lichtmikroskop niemals verdrängen oder überflüssig machen wird, so wird es sich doch danebenstellen und hoffentlich unsere Erkenntnis um Größenordnungen in das Gebiet des Kleinsten hinein erweitern, wenn es gelingt, Interesse und Beteiligung an dieser Arbeit zu erwecken.“<sup>36</sup>

Ernst Ruskas jüngerer Bruder, der Mediziner Helmut Ruska (1908–1973), der bei Ludolf von Krehl (1861–1937) in Heidelberg promoviert hatte, erkannte die Chance, die das Elektronenmikroskop beispielsweise für die Virusforschung bieten könnte, da Viren zu klein waren, um im Lichtmikroskop beobachtet zu werden. Seit 1936 war er Assistent an der Berliner Charité und er überredete seinen Chef Richard Siebeck (1883–1965), seit 1934 Leiter der 1. Medizinischen Klinik der Berliner Charité, zu einem Treffen mit seinem Bruder, um über die Möglichkeiten des Elektronenmikroskops in Biologie und Medizin zu sprechen. Daraufhin verfasste Siebeck mit Datum 2.10.1936 ein Gutachten:

„Nach den Ausführungen der Herren [B. v. Borries und E. Ruska – HK/NM] und nach vorgelegten Aufnahmen bietet das EM gegenüber dem Lichtmikroskop zwei neue Möglichkeiten:

1. werden durch die andere Strahlungsart andere Einzelheiten sichtbar, man sieht die Dinge in einem anderen Licht,
2. hat man die Möglichkeit über das Auflösungsvermögen unserer seitherigen Mikroskope hinauszukommen.

[...]

Ich möchte an die Entwicklung der Röntgentechnik erinnern. Als es Röntgen gelang [...] ahnte niemand, welche Ausdehnung und Bedeutung diese Strahlenart in der Medizin in kurzer Zeit erreichen würde. [...]“ (Zit. nach [Ruska (1979), S. 123–124 (Anhang F)].)

Dieses Gutachten half endlich als Türöffner. Von Borries und Ruska erläuterten am 5.10.1936 ihre Vorstellungen mit den Vorstandsmitgliedern Carl Köttgen (1871–1951)/SSW und von Buol/S&H sowie

<sup>33</sup> Auch bei Lin bleibt eine eindeutige Prioritätsfestlegung letztlich offen [Lin (1995) S. 46 ff].

<sup>34</sup> Ruska listet im Anhang E [Ruska (1979), S. 120–122] die zahlreichen Versuche auf, die er und v. Borries zwischen 1934 und 1936 unternahmen, um finanzielle Unterstützung für die weitere Entwicklung des Elektronenmikroskops einzuwerben.

<sup>35</sup> [Lin (1995) S. 69] und [van Gorkom (2018) S. 44] greifen diesen Gedanken als durchaus zweckmäßig auf.

<sup>36</sup> B. v. Borries in einem Vortrag im Haus der Technik in Essen am 12.12.1934. Zit nach [H. v. Borries (1991) S. 141].



am 10.10.1936 mit den Geschäftsleitern von Carl Zeiss in Jena. Nun zeigten sich beide Unternehmen interessiert. Letztlich entschieden sich von Borries und Ruska dann für S&H; dafür sprachen u.a. folgende Gründe: S&H hielt bereits die Rüdtenberg- und weitere Patente, die elektrotechnische Kompetenz erschien wichtiger als die feinmechanisch-optische und beide wollten in Berlin bleiben. So folgten sie ab Februar 1937 dem Angebot von S&H, richteten in einem leerstehenden Gebäude in Berlin-Spandau das Laboratorium für Übermikroskopie ein (Wernerwerk F der Siemens-Halske AG) und übernahmen dort die weitere Entwicklung (vgl. [Ruska (1979), S. 68 ff]; auch [H. v. Borries (1991), S. 140 ff]).

Als weitere Mitarbeiter wurden nun u.a. gewonnen: Walter Glaser (1906–1960), Heinz-Otto Müller (1911–1945) und Helmut Ruska (der von Siebeck ebenso wie sein Assistent Carlheinrich Wolpers (1906–2003) freigestellt worden war). Bereits Anfang 1938 gelang der Bau eines – gegenüber dem Gerät von 1933 elektronenoptisch und handhabungsmäßig verbesserten – Instrumentes, das als Grundmodell für eine kommerzielle/serienmäßige Ausführung anzusehen ist [Borries/Ruska (1938); Ruska (1979) S. 69 ff; Lin (1995) S. 75 ff]. In einem Vortrag vor der Berliner Medizinischen Gesellschaft konnte Helmut Ruska im Juni 1938 erstmals das Bild eines Virus zeigen [Borries/E.Ruska/H.Ruska (1938) S. 921]. Bis 1945 baute Siemens dann etwa 38 Geräte und bot sie gezielt verschiedenen Forschungseinrichtungen an;<sup>37</sup> zudem ließ Hermann von Siemens (1885–1986), seit 1929 im Konzern zuständig für das Zentral-Laboratorium, neben dem Werkslaboratorium 1940 ein Gastlabor einrichten, das H. Ruska leitete und in dem an vier Geräten Gastwissenschaftler aus anderen Einrichtungen eigene Forschungen durchführen konnten [Müller (2009) e-book-Fassung Pos. 3108 ff].

Bei der AEG hatte es nach den oben genannten Anfangserfolgen ebenfalls eine gewisse Flaute in der Weiterentwicklung gegeben, was nicht zuletzt mit der beginnenden Ausrichtung auf Rüstungsforschung zusammenhing – das Elektronenmikroskop war jedenfalls nach 1933 ein „Problem zweiten Grades“ und wurde auf Eis gelegt (vgl. [Weiss (2002) S. 127]).<sup>38</sup> Zwischen 1932 und 1934 hatte Brüche in seiner Arbeitsgruppe auch den Sommerfeld-Schüler Otto Scherzer (1909–1982) beschäftigt, mit dem er die erste umfassende Monographie über Elektronenoptik verfasste [Brüche/Scherzer (1934)].<sup>39</sup> Ab 1938 wurde die Entwicklung jedoch auch in der AEG wieder verstärkt betrieben, vor allem durch Mahl, der seit 1934 bei der AEG war, und Boersch,<sup>40</sup> der 1935 dazu kam. 1940 ging das elektrostatische Elektronenmikroskop der AEG in Produktion. Infolge des einsetzenden Krieges wurde auch die Zusammenarbeit mit Carl Zeiss forciert, um das AEG-Elektronenmikroskop zu vermarkten [Ude (2000) S. 100 ff]. Außerdem gewann Brüche das Robert-Koch-Institut als Partner (indem die AEG dem Institut ein Gerät überließ).

Parallel dazu entwickelte nun Ardenne ab 1937 sein Raster-Elektronenmikroskop, das im Gegensatz zum Durchstrahlungsmikroskop vor allem die Oberflächenuntersuchung beispielsweise von Metallen oder Fasern ermöglicht [Ardenne (1938)]. Außerdem hatte er das Durchstrahlungsmikroskop zu einem leistungsfähigen (mit hoher Auflösung) Universal-Elektronenmikroskop weiterentwickelt. In einem Vertrag mit Siemens bezüglich des Raster-Elektronenmikroskops wurde ihm jedoch ausdrück-

<sup>37</sup> Z.B. ging eines der ersten dieser Geräte an das Physikalische Laboratorium der IG-Farben-Werke in Höchst [Ruska (1979) S. 74].

<sup>38</sup> Vgl. dazu andererseits FN 31.

<sup>39</sup> Vgl. auch [Sommerfeld/Scherzer (1934)]. Die Autoren zeigen sich zu diesem Zeitpunkt – dem allgemeinen Trend entsprechend – noch relativ skeptisch über die künftigen Nutzungsmöglichkeiten: „[...] Die Frage, ob auch die B i o l o g i e und M e d i z i n in naher Zukunft auf eine Bereicherung durch die Elektronenmikroskopie rechnen dürfen, ist leider n i c h t in so günstigem Sinne zu beantworten. [...]“ (S. 1860).

<sup>40</sup> Boersch hatte 1939 das Schattenmikroskop als eine spezielle Entwicklung in einer kurzen Original-Mitteilung vorgestellt [Boersch (1939); Niedrig (2009) S. 15]. – Ardenne bemerkt dazu in seinen Erinnerungen, dass er bereits ein Jahr vorher ein solches Gerät realisiert hatte, dass es aber von v. Borries und Ruska (im Rahmen der Zusammenarbeit mit Siemens) so schlecht beurteilt wurde, dass er auf eine Veröffentlichung leider verzichtete [Ardenne (1997), S. 174].

lich die weitere Arbeit am Durchstrahlungsmikroskop untersagt [Ardenne (1997) S. 177].<sup>41</sup> Doch mit Unterstützung des Direktors des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physikalische Chemie und Elektrochemie Peter Adolf Thiessen (1899–1990) konnte die Weiterentwicklung abgesichert werden [Barkleit (2006) S. 59ff.].

\*\*\*

In ihrem Antrag zur Verleihung der Silbernen Leibniz-Medaille hatten Laue, Wagner und Geiger u.a. geschrieben:

„[...] Viel unumgänglich notwendige technische Kleinarbeit ist mehreren der Genannten gemeinsam zuzusprechen. In jeder seiner Ausführungen stellt das Elektronenmikroskop ein wissenschaftlich-technisches Meisterwerk dar.

[...] eine gerechte Abwägung dieser Verdienste gegeneinander wäre recht schwierig; [...]“<sup>42</sup>

In dem Entwurf des Schreibens an den Reichserziehungsminister nannten sie zudem einige Personen, die noch erwähnt werden sollten, aber für die Leibniz-Medaille nicht (mehr) in Frage kämen:

„Die Möglichkeit, mittels Korpuskularstrahlen optische Abbildungen zu verwirklichen, ist eigentlich schon lange bekannt; 1926 hat Hans B u s c h sie den Physikern noch in zwei Veröffentlichungen besonders nahe gebracht. Aber die Entwicklung von einer wissenschaftlichen Idee zum technisch durchgebildeten, zur Anwendung auf Forschung geeigneten Instrument hat das Elektronenmikroskop erst in den Jahren seit 1931 durchgemacht.“<sup>43</sup>

„Von den Forschern, die sich darum verdient gemacht haben, müssen im vorliegenden Fall zwei aus dem Kreis ausscheiden: Walter G l a s e r (Professor an der deutschen Universität in Prag) und O. S c h e r z e r (Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt), denen man wichtige mathematische Untersuchungen über die Abbildungsfehler verdankt, deren Verdienste aber bereits durch die Berufung auf ordentliche Lehrstühle gewürdigt worden sind.“<sup>44</sup>

Die frühen Entwicklungslinien der Elektronenmikroskopie zeigen recht deutlich das Wechselspiel zwischen Grundlagenforschung und technischer Entwicklung, andererseits auch Interessenlagen und -probleme der Geldgeber für diese technische Entwicklung. Und sie verdeutlichen die Rivalitäten der beteiligten Forscher, die sowohl Ansporn als auch Behinderung sein können.

„Zwischen „beiden Seiten“ gab es stürmische Auseinandersetzungen, an denen Brüche mit jugendlichem Temperament regen Anteil hatte“,

schreibt [Kersten (1985) S. 134].<sup>45</sup> Ruska resümierte diese Auseinandersetzungen folgendermaßen:

„Es entstand zwischen ihnen von Anfang an eine gewisse Konkurrenz-Situation, welche den natürlichen Leistungswillen der auf beiden Seiten tätigen, meist noch jungen Physiker und Ingenieure anfachte. Ihr ist sicher die rasche Entwicklung der Elektronenoptik und Elektronenmikroskopie in diesen Jahren mit zu verdanken.“ [Ruska (1979) S. 97]

In gewisser Weise kann man sagen, die Verleihung der Leibniz-Medaille sollte diese persönliche Konkurrenzsituation etwas „befrieden“, da Beteiligte aus allen drei Gruppen ausgezeichnet wurden.

---

<sup>41</sup> Es kam dann allerdings zu einem „Ergänzungsvertrag“, der Ardenne die weitere Entwicklung des Universal-Elektronenmikroskops ermöglichte. Einer der ersten, die sich von den Möglichkeiten dieses Instruments überzeugten, war im Dezember 1939 Laue, bald darauf auch Planck [Ardenne (1997) S. 182, 186].

<sup>42</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 1v.

<sup>43</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 28.

<sup>44</sup> Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-X-10, Bl. 29. – Das wurde später auch in der Pressemitteilung erwähnt [Archiv BBAW, Bestand PAW (1812–1945), II-V-196, Bl. 2].

<sup>45</sup> Martin Kersten (1906–1999) arbeitete in den 1930er Jahren bei SSH. Karl Küpfmüller (1897–1977), seit 1937 Chef der Technischen Entwicklung im Wernerwerk (dazu gehörte auch das Laboratorium für Elektronenoptik) bat ihn wohl des Öfteren, bei der Abfassung von Texten zwischen den „Parteien“ zu vermitteln.

Doch wurden die Prioritätsdiskussionen auch danach weitergeführt, ja nahmen sogar zu.<sup>46</sup> Lettkemann meint, dass die patentrechtliche Lage als Katalysator für die intellektuellen Prioritätsstreitigkeiten fungierte und dass die Forschungsgruppen zudem eine Art Stellvertreterkrieg zwischen Siemens und AEG ausfochten; er schlussfolgert:

„Die fachliche Kontroverse ist ein eindrucksvoller Beleg für die Integrationskraft sozialer Konflikte. Denn der Reputationsstreit diente den Forschern zugleich als Identität stiftender Bezugspunkt. Die scharfe Konkurrenz innerhalb des kleinen Fachgebiets der Elektronenoptik erlaubte keiner Seite, die Leistungen und Fortschritte der Gegenpartei zu ignorieren. So entstand bei aller Konkurrenz eine Praktikergemeinschaft, in der ein kollektiv geteiltes Wissen über den Stand der Forschung erwuchs.“ [Lettkemann (2019) S. 222]

\*\*\*

Abschließend noch einige knappe Anmerkungen zur weiteren Entwicklung einiger der Beteiligten nach 1945. Ruska habilitierte sich 1944 an der TH Berlin und baute nach dem Kriege das Laboratorium für Elektronenoptik bei Siemens wieder auf. Ab 1949 hat er die Abteilung Elektronenmikroskopie am ehemaligen Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie – das ab 1953 unter Laues Leitung als Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin-Dahlem firmierte – aufgebaut, die 1957 zu einem eigenständigen Teilinstitut avancierte [vgl. u.a. Steinhauser etc. (2011) S. 168 ff]. Von Borries gründete 1948 das Rheinisch-Westfälische Institut für Übermikroskopie in Düsseldorf. Brüche ging nach Mosbach in Baden und baute dort mit Unterstützung der AEG die Süddeutschen Laboratorien zur Entwicklung und Herstellung von Elektronenmikroskopen auf, später wurde die Zusammenarbeit mit dem in Oberkochen ansässigen Zweig von Carl Zeiss wieder aufgenommen. Boersch ging 1948 an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig und wurde 1954 Leiter des 1. Physikalischen Instituts der TU Berlin; er arbeitete u.a. zur Elektronenmikroskopie bei Tiefsttemperaturen und zur Laserphysik. Mahl arbeitete zunächst in Mosbach bei Brüche und wechselte 1953 zu Carl Zeiss in Oberkochen, wo er die Abteilung für Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik leitete. Seit 1934 war auch Alfred Recknagel (1910–1994) Mitarbeiter in Brüches Gruppe gewesen<sup>47</sup> und er setzte nach 1945 die Zusammenarbeit mit Carl Zeiss in Jena fort; ab 1948 war er Direktor des Instituts für Experimentalphysik der TH Dresden und baute dort eine Abteilung für Elektronenmikroskopie auf. Ardenne gründete nach der Rückkehr aus der Sowjetunion sein privates Forschungsinstitut auf dem Weißen Hirsch in Dresden, das sich der anwendungsorientierten Forschung widmete; die Forschungen zum Elektronenmikroskop wurden fortgesetzt, ab den 1960er Jahren wandte sich Ardenne aber stärker medizinischen Fragestellungen zu.

Die Verleihung einer Hälfte des Nobelpreises für Physik im Jahre 1986 an Ernst Ruska für seine „fundamentalen elektronenoptischen Arbeiten und die Konstruktion des ersten Elektronenmikroskops“<sup>48</sup> hat diese Anfänge dann noch gekrönt.<sup>49</sup> Dass dies nicht schon früher geschah, hing nicht

---

<sup>46</sup> Vgl. u.a. [Brüche (1943)], [Borries/Ruska (1944)]. – Bereits die AEG-Publikation [Ramsauer (1941)] zielte darauf, den Beitrag der AEG besonders hervorzuheben, indem man sich nur auf das elektrostatische Elektronenmikroskop bezog. Und im Vorwort zur 2.Auflage 1942 wird zwar auf die inzwischen erfolgte Verleihung der Silbernen Leibniz-Medaille verwiesen, es werden aber nur die AEG-Mitarbeiter genannt. [<https://docplayer.org/54725642-Elektronenmikroskopie.html>].

<sup>47</sup> Gemeinsam mit Brüche hat er 1941 eine Monographie herausgegeben [Brüche/Recknagel (1941)].

<sup>48</sup> [http://ernst.ruska.de/daten\\_d/nobelpreis/hintergruende/hintergruende.html](http://ernst.ruska.de/daten_d/nobelpreis/hintergruende/hintergruende.html)  
(Zugriff: 28.5.2021.)

<sup>49</sup> Die andere Hälfte des Physik-Nobelpreises 1986 ging gemeinsam an Gerd Binnig (\*1947) und Heinrich Rohrer (1933–2013) für ihre Erfindung des Rastertunnelmikroskops. Interessanterweise wurden damit zwei Erfindungen ausgezeichnet, die ziemlich gut 50 Jahre auseinanderliegen und deren Funktionsprinzipien wenig miteinander zu tun haben. Das Nobelpreiskomitee hat diese etwas ungewöhnliche Kombination nicht näher erklärt, aber vermerkte in der Pressemitteilung,

zuletzt damit zusammen, dass beim Nobelpreis ebenfalls nicht mehr als drei Personen ausgezeichnet werden können und die Auswahl deshalb eben schwer gefallen wäre.

„A number of researchers have taken part in both this and the earlier development, but Ruska's pioneering work is clearly the outstanding achievement.“<sup>50</sup>

Dabei betonte das Nobelpreis-Komitee in seiner Pressemitteilung auch, dass das Elektronenmikroskop zweifellos eine der bedeutendsten Erfindungen des 20. Jahrhunderts sei. Ruska war bereits in den Jahren 1955, 1957, 1960, 1961, 1965 und 1966 vorgeschlagen worden<sup>51</sup> (zum Teil gemeinsam mit Busch, v. Borries und Knoll)<sup>52</sup>. Warum Manfred von Ardenne, Miteempfänger der Leibniz-Medaille 1941, nicht für den Nobelpreis vorgeschlagen wird, bleibt unklar.<sup>53</sup> In seiner Nobelpreisrede erwähnte ihn Ruska interessanterweise nicht [Ruska (1986)]; ebenso nicht in [Ruska (1984)], wo es ihm hauptsächlich um den Patenstreit mit Rüdénberg ging, ebenso wenig aber auch in [Ruska (1979)]. So schwelten die Prioritätsstreitigkeiten fort.

Solche Prioritätsstreitigkeiten sind in Wissenschaft wie Technik bekanntermaßen durchaus nichts Ungewöhnliches, und sie schließen sowohl Prestige- als auch finanzielle Fragen ein (wobei Beides durchaus in direktem Zusammenhang steht). Schließen wir deshalb mit einem Zitat, das Brüche an den Schluss eines seiner polemischen Artikel um die Urheberschaft setzte. Er zitierte den italienischen Jesuitenpater, Mikroskopbauer und Naturforscher Filippo Bonanni (1638–1725) mit den Worten:

„Weg also mit den akademischen Streitereien, wodurch die redlichen Bestrebungen so mancher Künstler, verschiedene Mikroskope zu konstruieren, als überflüssig beurteilt werden! Ich wenigstens möchte allen die gebührende Anerkennung zollen, wenn nur ihre Arbeiten exakt und vollendet sind.“ [Brüche (1943) S. 180]

## Literatur

Wir danken Frau Wiebke Witzel vom Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften für die kurzfristige Bereitstellung der erwähnten Archivmaterialien sowie den Mitarbeitern der Bibliothek des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte für ihre Unterstützung bei der Literaturbeschaffung.

Ardenne, M. v. (1938): Das Elektronen-Rastermikroskop. Theoretische Grundlagen. In: Zeitschrift für Physik, Jg. 108, Nr. 9/10, S. 553–572.

Ardenne, M. v. (1997): Erinnerungen, fortgeschrieben. Düsseldorf.

Barkleit, G. (2006): Manfred von Ardenne. Selbstverwirklichung im Jahrhundert der Diktaturen. (= Zeitgeschichtliche Forschungen 30) Berlin.

---

dass das Elektronenmikroskop bereits ein gut eingeführtes Forschungsinstrument sei, während das Rastertunnelmikroskop erst am Beginn seiner Entwicklung stehe [wie FN 48].

<sup>50</sup> <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1986/press-release/> (Zugriff: 23.5.2021)

<sup>51</sup> Weiter als bis 1966 reicht die online-Zugänglichkeit der Archivunterlagen aus archivrechtlichen Gründen bisher nicht, aber hier soll auch nur angedeutet werden, dass Ruska mehrfach vorgeschlagen wurde. Vgl. dazu:

<https://www.nobelprize.org/nomination/archive/search.php?prize=0&startyear=1945&endyear=1965&cname=Ruska&ccity=&cuniversity=&ccountry=0&cgender=A&nname=&ncity=&nuniversity=&ncountry=0&ngender=A> (Zugriff: 23.5.2021)

<sup>52</sup> Bis zur endgültigen Nobelpreisvergabe waren diese drei ebenso bereits verstorben, wie auch die in dem genannten Zeitraum noch vorgeschlagenen Ladislaus Laszlo Marton (1901–1979) und Erwin Müller (1911–1977).

<sup>53</sup> Zu Vermutungen, warum Manfred von Ardenne nicht berücksichtigt wurde, vgl. z.B. [Herrmann (2016a & b)], außerdem [Barkleit (2006) S. 266-275]. – In obengenannter Pressemitteilung des Nobelkomitees (FN 50) wird das Raster-Elektronenmikroskop – ohne Namensnennung – als eine Weiterentwicklung immerhin erwähnt.

- Boersch, H. (1939): Das Schatten-Mikroskop, ein neues Elektronen-Mikroskop. In: Die Naturwissenschaften, Jg. 27, Nr.23/24, S. 418 .
- Borries, B. v. & E. Ruska (1938): Vorläufige Mitteilung über Fortschritte im Bau und in der Leistung des Übermikroskops. In: Wiss. Veröff. Siemens, Bd. 17, S. 99–106.
- Borries, B. v. & E. Ruska, H. Ruska (1938): Bakterien und Virus in übermikroskopischer Aufnahme. In: Klinische Wochenschrift, Jg.17, Nr. 27, S. 921–925.
- Borries B. v. & E. Ruska (1944): Neue Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Elektronenmikroskopie und der Übermikroskopie. In: Physikalische Zeitschrift, Jg. 45, S. 314–326.
- Borries, H. v. (1991): Bodo von Borries – Pioneer of Electron Microscopy. In: Advances in Imaging and Electron Physics, Vol. 81, S. 127–176.
- Brüche, E. (1930): Strahlen langsamer Elektronen und ihre technische Anwendung. In: Forschung und Technik. Ausschnitt aus neueren Arbeiten der AEG. Hrsg. Waldemar Petersen. Berlin, S. 23–46.
- Brüche, E. (1932): Elektronenmikroskop. In: Die Naturwissenschaften, Jg. 20, Nr. 3, S. 49.
- Brüche, E. (1943): Zum Entstehen des Elektronenmikroskops. In: Physikalische Zeitschrift, Jg. 44, S. 176–180
- Brüche, E. (1957): Gedanken zum 25-jährigen Bestehen des Elektronenmikroskops. In: Physikalische Blätter, Jg. 13, Nr.11, S. 493–500.
- Brüche, E. & H. Johannson (1932): Elektronenoptik und Elektronenmikroskopie. In: Die Naturwissenschaften, Jg. 20, S. 353–358.
- Brüche, E. & A. Recknagel (1941): Elektronengeräte – Prinzipien und Systematik. Berlin.
- Brüche, E. & O. Scherzer (1934): Geometrische Elektronenoptik. Grundlagen und Anwendungen. Berlin.
- Busch, H. (1926): Berechnung der Bahn von Kathodenstrahlen im axialsymmetrischen elektromagnetischen Felde. In: Annalen der Physik, Bd. 386 (NF81), Nr. 25, S. 974–993.
- Busch, H. (1927): Über die Wirkungsweise der Konzentrierungsspule bei der Braunschen Röhre. In: Archiv für Elektrotechnik, Jg. 28, S. 583–594.
- Feldtkeller, E. & H. Goetzeler (Hrsg.) (1994): Pioniere der Wissenschaft bei Siemens. Erlangen.
- Frenkel, V. J. (2011): Professor Friedrich Houtermans – Arbeit, Leben, Schicksal. Biographie eines Physikers des zwanzigsten Jahrhunderts. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, Preprint 414.
- Freundlich, M. M. (1963): Origin of the Electron Microscop. In: Science, Vol. 142. Nr. 3589, S. 185–188.
- Gabor, D. (1957): Die Entwicklungsgeschichte des Elektronenmikroskops. In: Elektrotechnische Zeitschrift, Jg. A 78, S. 522–530.
- Gelderblom, H. R. & D. H. Krüger (2014): Helmut Ruska (1908–1973): His Role in the Evolution of Electron Microscopy in the Life Sciences, and Especially Virology. In: Advances in Imaging and Electron Physics, Vol. 182, S. 1–94.
- Haguenau, F. et al. (2003): Key events in the history of electron microscopy. In: Microscopy and Microanalysis, Vol. 9, S. 96–138.
- Herrmann, D. B. (2016a): Ardenne ohne Nobelpreis – war das gerecht? In: Das Blättchen, Jg. 19, Nr. 20.  
<https://das-blaettchen.de/2016/09/ardenne-ohne-nobelpreis-%e2%80%93-war-das-gerecht-37305.html>
- Herrmann, D. B. (2016b): Ardenne kein Akademik – war das gerecht? In: Das Blättchen, Jg. 19, Nr. 21.  
<https://das-blaettchen.de/2016/10/ardenne-kein-akademik-war-das-gerecht-37578.html>
- Kersten, M. (1985): Erinnerungen an Ernst Brüche. In: Physikalische Blätter, Jg. 41, Nr. 5, S. 134–135.
- Knecht, W. (1934): Das kombinierte Licht- und Elektronenmikroskop, seine Eigenschaften und seine Anwendungen. In: Annalen der Physik, Bd. 412, Nr. 2, S. 161–182.
- Knoll, M & E. Ruska (1932a): Beitrag zur geometrischen Elektronenoptik I + II. In: Annalen der Physik, Bd. 404, Nr. 5, S. 607–640; Nr. 6, S. 641–661.
- Knoll, M. & E. Ruska (1932b): Das Elektronenmikroskop. In: Zeitschrift für Physik, Jg. 78, S. 318–339.
- Krause, F. (1937): Das magnetische Elektronenmikroskop und seine Anwendung in der Biologie. In: Die Naturwissenschaften, Jg. 25, Nr. 51, S. 817–825.

- Lambert, L. & Mulvey, T. (1996): Ernst Ruska (1906-1988), Designer Extraordinaire of the Electron Microscope – A Memoir. In: *Advances in Imaging and Electron Physics*, Vol. 95, S. 1–61.
- Lanouette, William (with Bela Szilard) (1992): *Genius in the Shadows – A Biography of Leo Szilard. The Man Behind the Bomb*. New York/Toronto etc.
- Lettkemann, E. (2019): Innovationsbiografische Analyse. Am Beispiel Elektronenmikroskopie. In: *Berliner Schlüssel zur Techniksoziologie*. Hrsg. von C. Schubert & I. Schulz-Schaeffer. Wiesbaden, S. 205–240.
- Lin Qing (1995): *Zur Frühgeschichte des Elektronenmikroskops*. Stuttgart.
- Müller, F. (2009): The birth of a modern instrument and its development during World War II: Electron microscopy in Germany from the 1930s to 1945. In: Ad Maas und Hans Hooijmaijers (Hrsg.): *Scientific Research in World War II. What Scientists did in the War*. New York/ London, S. 121–146.
- Niedrig, H. (2009): Vor 100 Jahren wurde ein Pionier der Elektronenmikroskopie geboren – Hans Boersch. In: *Elektronenmikroskopie*, Jg. 29, S. 15–21.
- Ramsauer, C. (Hrsg.) (1941): *Zehn Jahre Elektronenmikroskopie. Ein Selbstbericht des AEG-Forschungsinstituts*. Berlin.
- Rechenberg, H. (2003): Vom „Übermikroskop“ zu den Physikalischen Blättern. Erinnerung an Ernst Brüche zum 100. Geburtstag. In: *Physikalische Blätter*, Jg. 56, Nr. 3, S. 75–77.
- Rudenberg, H.G. & P. G. Rudenberg (2010): Origin and Background of the Invention of the Electron Microscope: Commentary and Expanded Notes on Memoir of Reinhold Rüdenberg. In: *Advances in Imaging and Electron Physics*, Vol. 160, S. 207–286.
- Rüdenberg, R. (1932): Elektronenmikroskop. In: *Die Naturwissenschaften*, Jg. 20, Nr. 28, S. 522.
- Rüdenberg, R. (1943): The Early History of the Electron Microscope. In: *Journal of Applied Physics*, Vol. 14 (Aug.), S. 434–436.
- Rüdenberg, R. (2010): Origin and Background of the Invention of the Electron Microscope. In: *Advances in Imaging and Electron Physics*, Vol. 160, S. 171–205.
- Ruska, E. (1929): Über eine Berechnungsmethode des Kathodenstrahloszillographen auf Grund der experimentell gefundenen Abhängigkeit des Schreibleckdurchmesser von der Stellung der Konzentrierspule. Studienarbeit.  
<https://ernstruska.digilibrary.de/bibliographie/q001/q001.pdf>
- Ruska, E. (1934): Über die Fortschritte im Bau und in der Leistung des magnetischen Elektronenmikroskops. In: *Zeitschrift für Physik*, Jg. 87, Nr. 9/10, S. 580–602.
- Ruska, E. (1970): Erinnerungen an die Anfänge der Elektronenmikroskopie. Festschrift Verleihung des Paul-Ehrlich- und Ludwig-Darmstaedter-Preises 1970, H. 66, S. 19–34.
- Ruska, E. (1979): Die frühe Entwicklung der Elektronenlinsen und der Elektronenmikroskopie. *Acta Historica Leopoldina* Nr. 12. Leipzig.
- Ruska, E. (1984): Die Entstehung des Elektronenmikroskops (Zusammenhang zwischen Realisierung und erster Patentanmeldung, Dokumente einer Erfindung). In: *Archiv der Geschichte der Naturwissenschaften*, H. 11/12, S. 525–551.
- Ruska, E. (1987): Das Entstehen des Elektronenmikroskops und der Elektronenmikroskopie. (= Nobel-Vortrag 1986). In: *Physikalische Blätter*, Jg. 43, Nr. 7, S. 271–281.
- Ruska, E. & M. Knoll (1931): Die magnetische Sammelspule für schnelle Elektronenstrahlen. In: *Zeitschrift für technische Physik*, Jg. 12, Nr. 8, S. 389–400 und 448.
- Ruska, H. & B. v. Borries, E. Ruska (1939): Die Bedeutung der Übermikroskopie für die Virusforschung. In: *Archiv für die gesamte Virusforschung*, Jg. 1, S. 155–169.
- Sommerfeld, A. & O. Scherzer (1934): Über das Elektronenmikroskop. In: *Münchener Medizinische Wochenschrift*, Jg. 81, S. 1859–1860.
- Steenbeck, M. (1977): *Impulse und Wirkungen*. Berlin.
- Steinhauser, Th. & J. James, D. Hoffmann, B. Friedrich (2011): *Hundert Jahre an der Schnittstelle von Chemie und Physik. Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft zwischen 1911 und 2011*. Berlin.
- The Collected Works of Leo Szilard. Vol. I Scientific Papers. Bernard T. Feld & Gertrud Weiss Szilard (Eds). The MIT Press (1972).

- Trendelenburg, F. (1975): Aus der Geschichte der Forschung im Hause Siemens. Düsseldorf.
- Ude, J. (2000): Die frühe Entwicklung des Elektronenmikroskops – Eine Innovation und ihre Grundlagen. In: Verein Technikgeschichte in Jena (Hrsg.), Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte 2, Jena. S. 83–109.
- Van Gorkom, J. (2018): The Early Electron Microscopes: Incubation. In: Advances in Imaging and Electron Physics, Vol. 208, S. 44–128.
- Weiss, B. (2002): Rüstungsforschung am Forschungsinstitut der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft bis 1945. In: H. Maier (Hrsg.): Rüstungsforschung im Nationalsozialismus. Organisation, Mobilisierung und Entgrenzung der Technikwissenschaften. Göttingen, S. 109–141.
- Wolpers, C. (1991): Electron microscopy in Berlin 1928–1945. In: Advances in Electronics and Electron Physics, Vol. 8, S. 211–229.

**E-Mail-Adressen der Verfasser:** [kant@mpiwg-berlin.mpg.de](mailto:kant@mpiwg-berlin.mpg.de)  
[mertzsch@t-online.de](mailto:mertzsch@t-online.de)