

Technik-Geschichte
in Jena e.V.



VERLAG
VOPELIUS
JENA

JENAER JAHRBUCH ZUR TECHNIK- UND INDUSTRIEGESCHICHTE

Renate Tobies (Jena)

Henry Wilhelm Friedrich Siedentopf

JJB 24 (2021) S. 221–238

Nutzungsbedingungen:

Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Renate Tobies (Jena)

Henry Wilhelm Friedrich Siedentopf



Bild 1: Henry Wilhelm Friedrich Siedentopf
(Zeiss Archiv BI 27735).

Physiker, Erfinder

- geboren: 22.9.1872 Bremen, gestorben: 8.5.1940 Jena
- *Vater*: Heinrich Siedentopf (1845–1924), Kaufmann (Sohn des Johann Hennig Conrad Siedentopf, Zimmergeselle und der Katharina Elisabeth Höhne);
- *Mutter*: Agnes Siedentopf geb. Noltemeyer (1846–1925), aus

- Braunschweig.
- *Ehefrau*: Elsa Schroeter (1878–1955), Tochter des Timon Schroeter (1844–1907) aus Vorsalz, Realschulrektor, päd. Schriftsteller, Gründer des Deutschen Schriftstellerheims in Jena, und der Mathilde Stoltenberg (1849–1930) aus Oldesloe. *Heirat* 28. 3.1906.
 - *Kinder*: *Tochter* Mega (29. 10.1907), *Tochter* Thea (22. 2.1910), *Sohn* Heinrich Timon (3.1.1914).
 - *Enkel* Gerwald Kern stiftete eine Gedenktafel für H. Siedentopf, die am 28. Mai 2006 am ehemaligen Wohnhaus (August-Bebel-Str. 7, Jena) angebracht wurde; eine weitere Gedenktafel zierte seit 29. Mai 2006 das Abbeanum (gestiftet von der Universität); Anlass war der 80. Jahrestag der Verleihung des Nobelpreises an Richard Zsigmondy (1865–1929)¹ – dessen erste wichtige Ergebnisse maßgeblich auf der Kooperation mit Siedentopf basierten.

Der Weg in die Wissenschaft

Henry Siedentopf kam aus einem Elternhaus, das ihm den Weg in die Wissenschaft nicht automatisch vorzeichnete. Mathematisch-naturwissenschaftlich begabt, studierte er nach dem Abitur in Bremen ab WS 1891 drei Semester an der Universität Leipzig, ab SS 1893 sieben Semester in Göttingen. Noch als Student wurde er zum 1. Dezember 1895 Assistent am Kgl. mineralogisch-petrographischen Institut bei Theodor Liebisch (1852–1922) mit einer Jahresremuneration von 1200 Mark; die für ein Jahr vorgesehene Stelle wurde bis zum 31.3.1897 verlängert [UAG, Kur. 1522]. Die Dissertation *Ueber Capillaritätsconstanten geschmolzener Metalle*, ausgeführt am Institut des Physikers Woldemar Voigt (1850–1919), reichte Siedentopf am 9.11.1896 ein. Voigt urteilte, dass die Erkenntnisse für neuere Untersuchungen in der Physikalischen Chemie wichtig sind. Das Rigorosum absolvierte er am 7.12.1896 im Hauptfach Physik (Voigt) und den Nebenfächern Mathematik (Felix Klein) und Mineralogie (Liebisch) mit der Note *cum laude* ([UAG]; Bild 2b). Siedentopf hatte in Göttingen mehrfach in Felix Kleins (1849–1925) höheren mathematischen Seminaren vorgelesen, u. a. aktuelle französische Arbeiten über Kugelfunktionen analysiert – die bei Zeiss wichtig wurden (vgl. Tobies 2020: 37–40); Siedentopfs mathematische Grundkenntnisse² – die er vor allem in Leipzig erworben hatte – ließen allerdings im Rigorosum etwas zu wünschen übrig (Bild 2b).

Lebenslauf.

Ich Henry Wilhelm Friedrich Siedentopf bin
 geboren am 21. September 1872 zu Bremen als Sohn
 des Kaufmanns Heinrich Siedentopf und der Frau Anna
 Siedentopf geb. Lüdemeyer. In meiner Geburtsstadt bewachte
 ich das Gymnasium von Michaelis 1890 bis Michaelis 1896
 und legte mich dann nach Empfang vom Studium
 der Mathematik und der ersten Naturwissenschaften
 im März 1896 ab. Ich wohnte während meines Aufenthalts
 fortwährend dem 6. Dezember 1896 bin ich Abschied
 von 41. mineralogisch-physiologischen Institut der
 Universität Göttingen. Auf dem Wege nach
 Leipzig bei dem Herrn Professor J. Kleinmann,
Abthaler, Leo, E. Baumann, Engel, Freund, Lieberke,
Rindmann, Engel und dem Herrn Dr. Köpfer und
Dr. Willebrand, in Göttingen bei dem Herrn Professor
Dr. Voigt, F. Klein, Liebisch, v. Koenig, E. Lehmann,
Witten, Rindt, Willebrand, Klein, Baumann, F. H. Müller,
Witten, Lieberke, v. Baumbach, Lindt, Lorenz, Dr. Lindner,
 Alle meine akademischen Lehrer werde ich
 hoch mit aufrichtiger Dankbarkeit gedenken.

Die folgende Liste enthält die Namen der Herren,
 die mir während meines Aufenthalts in Göttingen
 als Lehrer, Assistenten oder Oberassistenten
 in der Naturwissenschaftlichen Fakultät
 in Göttingen, Leipzig und Berlin
 die Ehre ertheilten, mich in meine
 wissenschaftliche Ausbildung zu unterstützen.
 (Vergleiche die Liste der Herren in Leipzig, Göttingen
 und Berlin.)
 Oben sind die Herren, die mich während
 meines Aufenthalts in Göttingen, Leipzig
 und Berlin unterstützt haben.

Voigt

Im Jahr 1896 legte ich die Prüfung ab, die mich zum
 Kandidaten der Philosophie machte.

Ich habe mich in der Zeit nach meiner
 Promotion in Göttingen in die
 Naturwissenschaften, insbesondere
 in die Physik und Chemie,
 beschäftigt.

Meine wissenschaftliche
 Ausbildung wurde durch die
 Unterstützung der Herren
 Kleinmann, Engel, Freund, Lieberke,
 Rindmann, Engel und des
 Herrn Dr. Köpfer in Göttingen
 und der Herren Voigt, Klein,
 Liebisch, v. Koenig, E. Lehmann,
 Witten, Rindt, Willebrand,
 Klein, Baumann, F. H. Müller,
 Witten, Lieberke, v. Baumbach,
 Lindt, Lorenz, Dr. Lindner
 in Leipzig und Berlin.
 Ich bin sehr dankbar für die
 Unterstützung, die ich von
 diesen Herren erhalten habe.

Klein

Die Prüfung in der Naturwissenschaftlichen
 Fakultät in Leipzig wurde am
 12. April 1897 abgelegt. Ich
 wurde zum Kandidaten der
 Philosophie ernannt.
 Ich bin sehr dankbar für die
 Unterstützung, die ich von
 den Herren Kleinmann, Engel,
 Freund, Lieberke, Rindmann,
 Engel und dem Herrn Dr. Köpfer
 in Göttingen erhalten habe.

Kleinmann

Lieberke

Da eine wissenschaftliche Karriere wenig sicher schien, absolvierte Siedentopf 1897 noch das Oberlehrer-Examen für die Fächer Mathematik, Physik und Chemie/Mineralogie. Die Ergebnisse seiner Dissertation fanden jedoch schnell Anerkennung, da er für die Messung von „Capillaritätskonstanten geschmolzener Metalle“ eine genauere Methode entwickelt hatte als die bisher vorliegende des bedeutenden Physikers Georg Heinrich Quincke (1834–1924). Siedentopfs „Messungen und die Berechnung der gefundenen Größen führten zu Werthen für die Oberflächenspannung und spezifische Cohäsion der geschmolzenen Metalle, welche in der That grösser waren als die von Quincke beobachteten [...]“, wie in der Naturwissenschaftlichen Rundschau (12 (1897), Nr. 23: 292) geurteilt wurde. Er erhielt zum 1. April 1897 die Stelle als Erster Assistent bei Franz Richarz (1860–1920), Direktor des Physikalischen Instituts an der Universität Greifswald. Der Vertrag für die Assistenz (ebenfalls mit 1200 Mark jährlich dotiert³⁾ war für zwei Jahre vorgesehen. Siedentopf musste jedoch ab 1. Oktober 1898 seiner „Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger“

Bild 2a: Lebenslauf von Henry Siedentopf, u. a. Aufzählung seiner Professoren in Leipzig und Göttingen 9.11.1896 [UAG].
 Bild 2b: Auszug aus dem Protokoll des Rigorosums vom 7.12.1896 mit dem Gesamturteil „cum laude“ Unterschriften von Voigt, Klein, Baumann, Liebisch [UAG].

genügen.⁴ Auch Abbe in Jena waren die Ergebnisse von Siedentopf nicht verborgen geblieben. Am 5. März 1899 wandte sich Czapski an Richarz (der wie Czapski im Jahre 1884 bei Helmholtz promoviert worden war), um mitzuteilen, dass sie (er und Abbe) „einen jüngeren wissenschaftlichen Mitarbeiter [suchen], der theoretisch und experimentell gut geschult sein und einiges Interesse und Geschick für technische Aufgaben mit bringen“ solle. Voigt in Göttingen hatte ihnen seinen Doktorschüler Siedentopf empfohlen, über den Czapski nun noch weitere Auskünfte über dessen „geistigen und moralischen Habitus“ erbat. Die Kriterien, nach denen Abbe/Czapski einen jungen Forscher auswählten, sind höchst bemerkenswert und von allgemeinem Interesse. Czapski fragte Richarz insbesondere:

„Halten Sie Herrn Dr. S. für gut beanlagt? Wie stellt er sich bei der Behandlung theoretischer und experimenteller Aufgaben? Hat er Initiative oder thut er nur, was ihm aufgetragen wird? Ist er in seinen Angaben durchaus zuverlässig? Nimmt er sein Amt gewissenhaft wahr, ist er einer Hingabe auch an das, was ihm keinen besonderen geistigen oder materiellen Gewinn bringt, fähig? (Gerade dies würde mich sehr interessiren.) Ferner: wie ist er im Umgange mit Hoch, Niedrig und Seinesgleichen? Weiss er mit den Menschen auszukommen? Auch auf diese Eigenschaften kommt es in einem grösseren Betriebe sehr an.“⁵

Aus weiteren Schreiben von Czapski an Richarz geht hervor, dass Richarz' Urteil über Siedentopf sehr positiv ausgefallen war. Bereits vor dem 5. April 1899 weilte Siedentopf 1,5 Tage in Jena, wo er zum 1. Oktober 1899 für die Zeiss-Werkstätte engagiert wurde.⁶

Erste wissenschaftliche Aufgaben bei Zeiss

Siedentopf wurde mit Eintritt bei Zeiss in Abbes „Allgemeines“ Labor integriert, wohin auch Moritz von Rohr zum selben Zeitpunkt auf Abbes Wunsch gewechselt war. Abbe befasste sich seit Frühjahr 1899 damit, „mehrere Fehler zugleich mit einer einzigen nichtkugeligen (deformierten) Fläche zu beheben“ und hatte die Rechenarbeit dazu im Oktober 1899 an v. Rohr übergeben, der die schwierige mathematische Aufgabe mit Siedentopfs besonderer Geschicklichkeit lösen konnte.⁷

Daneben entwickelte Siedentopf relativ schnell Ideen für neue Geräte, darunter eine neue *Quecksilberbogenlampe*, eine „neue,

auf die Lichtemission eines Hg-Kraters gegründete Lampenkonstruktion“, die er in einer am 1.12.1903 eingereichten Arbeit beschrieb (Siedentopf 1904a: 22): Bild 3. Er gab an, dass diese von ihm entwickelte Lampe bei Zeiss bereits seit mehr als zwei Jahren regelmäßig in Gebrauch war, hergestellt und vertrieben wurde. Die Helligkeit dieser Lampe reichte mit „der völlig klaren Durchsicht und der günstigen Zusammenfassung der Strahlung durch das Gehäuse zu Projektionen im monochromatischen Licht“ (ebd.: 24) und wurde für das Ultramikroskop wichtig. Seit Herbst 1902 leitete Siedentopf eine eigene, neu gegründete optische Versuchswerkstatt „zur Bearbeitung deformierter Flächen“ [CZA, Arch. 10967], wo es zur Kooperation mit Zsigmondy kam.

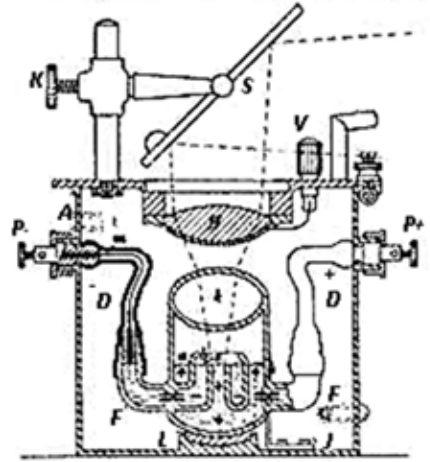


Bild 3: Siedentopf Quecksilber-Bogenlampe (Siedentopf 1904a: 23): P+, P- Strom-zuführungen; J Federn; D Gummischlauch; H Bikonvexe Linse; S Spiegel.

Das Ultramikroskop (optische Dunkelfeldmethode)

Diese Erfindung wird Siedentopf und dem in Wien geborenen Richard Zsigmondy gemeinsam zugeschrieben. Es sei zunächst gesagt, dass Zsigmondy von 1900–07 in seinem Privatlaboratorium in Jena forschte und zuvor, von 1897 bis 1900, wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Schott gewesen war (als bereits Habilitierter). Er hatte u. a. das sog. Jenaer Milchglas erfunden, mehrere Patente erworben und in einem Artikel (Zsigmondy 1901), eingereicht im Oktober 1900, die unter seiner Leitung bei Schott entwickelten ersten, z. T. noch instabilen Farbgläser beschrieben.

Körper (2007) bezeichnete die Entwicklung eines Spalt-Ultramikroskops (slit-ultramicroscope) als Siedentopfs wichtigste Leistung; er habe dies 1902–03 in Zusammenarbeit mit Zsigmondy perfektioniert. Sie konstruierten das Gerät, um die Goldeinschlüsse im Rubinglas sichtbar zu machen, was Zsigmondy allein erfolglos versucht hatte. Das Gerät basierte auf dem Prinzip, dass unter intensiver Beleuchtung mit einer elektrischen Bogenlampe die ultramikroskopischen Teilchen zum Ursprung kleiner Beugungskegel gemacht werden können, die im Objektiv sichtbar sind. In dem Gerät wurden die kleinsten Teilchen nicht mehr wie im gewöhnlichen Mikroskop von unten beleuchtet, sondern von der Seite; und das von ihnen gebeugte (gestreute) Licht erschien im Blickfeld des Ultramikroskops. (Bild 4) In einem Artikel in

Über Sichtbarmachung und Größenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen, mit besonderer Anwendung auf Goldrühringläser.

Von H. Siedentopf und R. Zsigmondy. *Ann. d. Physik* 20, S. 1, 1903.

1. Abbe und Helmholtz haben bewiesen, daß mit den stärksten Mikroskopen zwei Objekte nicht mehr getrennt wahrgenommen werden können, wenn ihr Abstand kleiner ist als die durch die Apertur N des Objektivs und die Wellenlänge λ des abbildenden Lichtes bestimmte Größe $d = \lambda/2N$. Siedentopf und Zsigmondy haben sich nicht die Aufgabe gestellt, diese Grenze d des Auflösungsvermögens weiter als bisher möglich herabzusetzen. Das Verdienst der Verf. liegt vielmehr darin, sehr kleine, aber weit von einander entfernte Teilchen sichtbar gemacht und näher untersucht zu haben.



Gegenstand der meisten Beobachtungen war Glas mit eingelagerten Goldpartikelchen, sog. Goldrühringlas. Ein Dünnschliff aus Goldrühringlas im durchfallenden Lichte erscheint vollkommen homogen. Dies erklärt sich aus der Kleinheit der Teilchen; jedes Partikelchen wird zwar im Gesichtsfeld ein Beugungsscheibchen hervorrufen, welches etwas dunkler ist als die Umgebung; aber das Verhältnis der Flächenhölle von Scheibchen und Umgebung ist so wenig von 1 verschieden, daß das Scheibchen nicht sichtbar ist. Die gewöhnliche Dunkelfeldmethode sollte helle Beugungsscheibchen auf dunklem Grunde hervorbringen, führt indes nicht zum Ziele, weil infolge der wiederholten Reflexionen im Kondensator und Objektiv das ganze Gesichtsfeld merklich beleuchtet wird. Die Verf. haben daher eine neue Methode angewandt, bei welcher tatsächlich keiner der beleuchtenden Strahlen in dem zur Sichtbarmachung verwendeten Beleuchtungskegel vorhanden ist. Das Prinzip geht aus Fig. 1 hervor. Der Kondensator entwirft ein äußerst schmales Spaltbild unter dem Mikroskop-

objektiv; die vom Kondensator kommenden Strahlen gehen am Objektiv vorbei. Am Goldteilchen wird dagegen ein Teil des auffallenden Lichtes gebeugt und in die Öffnung des Mikroskopobjektivs geworfen. In der Bildebene des Mikroskops entsteht ein helles Beugungsscheibchen von ρ , in völlig dunkler Umgebung und deshalb gut sichtbar. Als Kondensator wählen die Verf. ein Mikroskopobjektiv von der Apertur 0,30; als Beobachtungsobjektive können neben schwächeren auch die schärfsten Systeme benutzt werden. Die nähere Einrichtung der benutzten Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Kondensator und Mikroskop sind an den Enden einer optischen Bank (Dreikantelschiene) aufgestellt.

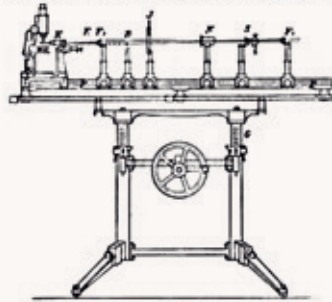


Fig. 2.

Die zur Beleuchtung dienenden Teile sind folgende. Ein Fernrohrobjektiv F , entwirft auf dem horizontalen Spalt S ein Bild der Sonne (oder es entwirft ein Kondensator auf S das Bild eines Kohlelichtbogens). Nachdem die Strahlen eine Irisblende J und eine stummelförmige Blende B passiert haben, werden sie durch ein Objektiv F_1 zu einem Spaltbilde K vereinigt. Letzteres wird von dem Kondensator K in der Achse des Mikroskoptubus scharf abgebildet. Glaszer werden in Schiffchen von 2 mm Dicke mit anpolierter Stirnfläche untersucht. Flüssigkeiten werden in einen kleinen, mit einem Quarzfenster versehenen Trog gefüllt; das Objektiv wird direkt in die Flüssigkeit eingetaucht.

2. Nachdem die Sichtbarmachung der einzelnen Goldpartikelchen gelungen war, bestimmten die Verf. die in 1 Kubikmillimeter enthaltene Teilchenzahl. Am einfachsten ist es, den Abstand der Beugungsscheibchen mit dem Okularmikrometer zu messen und den Teilchenabstand daraus zu berechnen; viel genauere Resultate erhält man durch Auszählen der in einem bestimmten kleinen Volumen enthaltenen Teilchen. Ist außer der Anzahl n noch die Gesamtmenge A des Goldes in 1 Kubikmillimeter bekannt, setzt man das spezifische Gewicht des Goldes gleich 20 und nimmt würfelförmige Gestalt der Teilchen an, so findet sich die Teilchengröße (genauer die Seitenlänge)

$$l = \sqrt[3]{\frac{A}{20n}}$$

In gefärbten Goldlösungen ist die Menge des gelösten Goldes durch Analyse zu bestimmen. Nach dem Vorgange von Faraday wird nun das zu untersuchende Glas mit Goldlösung von bekanntem Prozentgehalt kolorimetrisch verglichen und angenommen, daß bei gleicher Farbe der durch Lösung und Glas hindurchgegangenen Lichtbündel die im Strahlungsbereich befindliche Menge färbenden Goldes gleich sei.

3. Die Verf. untersuchten eine Serie von 11 verschiedenen Goldrühringgläsern; die Teilchengröße liegt zwischen 0,01 μ und 5 μ , also zwischen 0,001 und 5 milliontel Millimeter. Die Gläser mit den größeren Teilchen waren farblos, die Gläser mit Teilchen unter 100 μ im durchfallenden Lichte rot, bläulichen blau gefärbt. Die Goldteilchen in den wässrigen Lösungen sind in lebhafter, pendelartiger Bewegung begriffen. Vielleicht gelingt es nach der Methode der Verf., außer kolloidalen Goldteilchen noch andere große Molekülkomplexe (z. B. Zirkel, Kartoffelstärke) sichtbar zu machen und zu messen. Dadurch dürfte unsere Kenntnis nicht nur von der Natur der Lösungen, sondern auch von Bau der Materie eine wesentliche Bereicherung erfahren.

M.

Bild 4: Referat zum Artikel von Siedentopf/Zsigmondy (1903), aus Zeitschrift für Instrumentenkunde 23 (1903): 253–54.

den *Annalen der Physik* (Siedentopf/Zsigmondy 1903) erklärten sie das neue Gerät.

Nachfolgend entwickelten beide Forscher das Gerät in unterschiedlichen Richtungen weiter. Zsigmondy, seit 1907 Professor für anorganische Chemie an der Universität Göttingen, patentierte 1912 ein „verbessertes *Immersions-Ultramikroskop*“ (mit dem Partikel von einer Größe von 1 Millionstel Millimeter sichtbar gemacht werden konnten); weitere Erfindungen folgten, worauf hier nicht weiter eingegangen wird.

Siedentopf schuf das *Kardioid-Ultramikroskop* (s. u.). Er hatte in seiner Versuchswerkstatt die Forschungen zum Ultramikroskop in eigener Richtung fortgesetzt, Anwendungsbereiche geprüft und propagierte die unter ihm erzielten Fortschritte; seit 1907 leitete er die Abteilung für Mikroskopie. Sein Antrag (vom Dezember 1906) an die Zeiss-Schott-Geschäftsführung, sich in Marburg habilitieren zu dürfen, war nicht genehmigt worden, obgleich das Geschäftsleitungsmitglied Czapski († 29.6.1907) dies noch als im Interesse der Firma liegend bezeichnet hatte (vgl. Tobies 2017: 150–51). Um den initiativreichen Forscher nicht zu verlieren, hatte er die Position des Abteilungsleiters erhalten, die zuvor, seit 1899, der Botaniker Hermann Ambronn (1856–1927) ausgeübt hatte. Ambronn hatte 1902 zusätzlich ein Universitätsinstitut für wissenschaftliche Mikroskopie erhalten (von Abbe mit Mitteln der Carl-Zeiss-Stiftung 1902 etabliert) und konnte sich jetzt darauf konzentrieren. Er kooperierte weiterhin auch mit Zeiss-Forschern (vgl. z. B. Ambronn/Siedentopf 1913).

In der *Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie* erschienen regelmäßig Artikel über neue Ergebnisse und Erklärungen zu den möglichen Anwendungen der verschiedenen Methoden/Geräte (vgl. Siedentopf 1907; 1908a,b, 1909, 1910 etc.). In Siedentopf (1908b) gab er eine „kleine Erweiterung der Theorie der Sichtbarmachung auf solche Objekte [], die nur nach zwei Dimensionen ultramikroskopisch sind, dagegen nach einer dritten Richtung größere Ausdehnung besitzen.“ (Ebd.: 425) Dabei formulierte er einen Satz über die Beugung an Kanten, der sich auf eine spezielle Lage der Hauptachse der abgebeugten Strahlen, d. h. parallel der Mikroskopachse (für die mikroskopische Beobachtung am wichtigsten).

Am 20. September 1909 hielt Siedentopf einen Vortrag „Anwendungsbereich des Ultramikroskops nach Siedentopf und Zsigmondy“ in der Sektion Physik auf der Jahrestagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Salzburg. Dieser spiegelt eine tiefe Ein- und Übersicht über alle einschlägigen Entwick-

Die Sichtbarmachung von Kanten im mikro- skopischen Bilde.

Von

H. Siedentopf

In Jena.

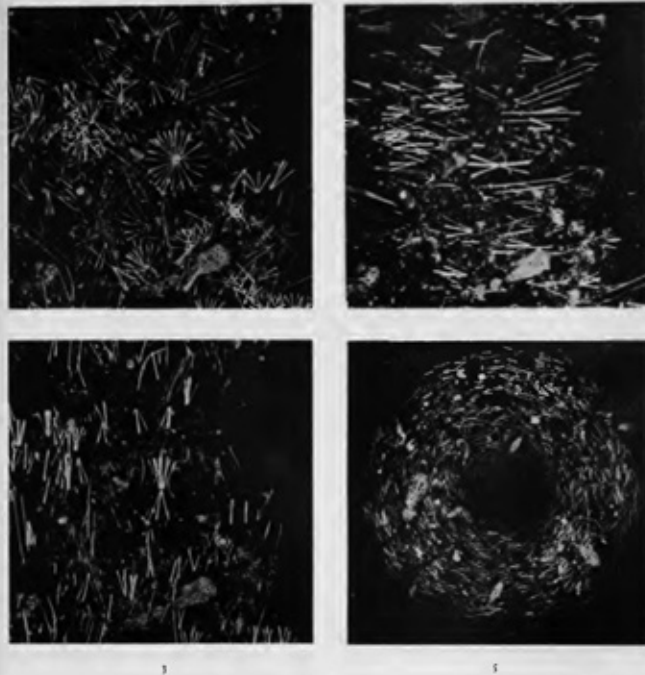
Hierzu 6 Abbildungen auf 1 Tafel (Tab. IV) und im Text.

Die vornehmste Aufgabe der mikroskopischen Forschung stellt die Untersuchung feiner Strukturen dar. Daher bildet mit Recht den Kern der Theorie des mikroskopischen Sehens die hauptsächlich von Annäherung aufgestellte Lehre von den Bedingungen und der Grenze der objektähnlichen Abbildung. Das Mikroskop macht aber auch vieles sichtbar, was nicht mehr ähnlich abgebildet wird. Hier muß sich die Theorie darauf beschränken, die Art, die Grenze und die Bedingungen der bloßen Sichtbarmachung aufzustellen. Ich habe dieses bisher versucht für die Ultramikronen der festen und flüssigen Kolloide, deren Dimensionen nach allen Richtungen ultra-

Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. Bd. XXV, 4.

Taf. IV.

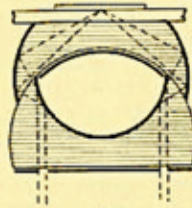
Abhängigkeit der Sichtbarmachung vom Azimut der Beleuchtung.



Die Fig. 2—4 geben dieselbe Stelle (in $45\times$ Vergr.) wieder. Das Azimut der Beleuchtung liegt in Fig. 2 in allen Punkten des Sehfeldes allseitig, in Fig. 3 von links nach rechts, in Fig. 4 von oben nach unten, in Fig. 5 radial.

Bild 5: Siedentopf (1908b):
424 und Tafel IV.

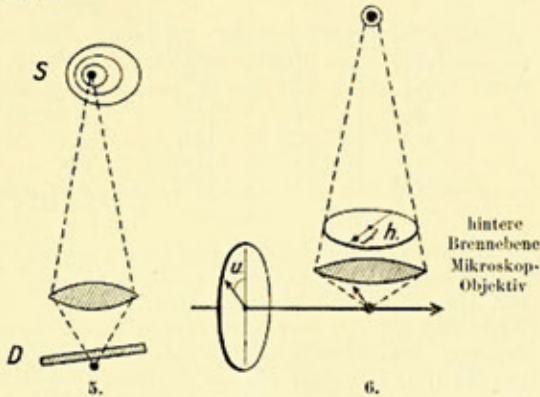
Bei der Benutzung des aplanatischen Kardioidekkondensors muß man einige Unbequemlichkeiten in der Handhabung in den Kauf nehmen, die beim Paraboloidkondensor nicht in dem Maße vorkommen. Erstens müssen Mikroskop-Objektiv und Kondensor viel genauer gegeneinander zentriert sein und ferner kann die größere Lichtstärke nur ausgenutzt werden, wenn Objektträger von ganz genau vorgeschriebener Dicke benutzt werden, oder was dasselbe ist, der Kondensor muß sehr genau gegen die meist nur 1 bis 2 μ dünne Präparatfläche fokussiert sein. Man wird daher wegen seiner einfacheren Handhabung in den meisten Fällen etwa den Paraboloidkondensor vorziehen, also stets wenn man nur mit Gas- oder elektrischem Glühlicht arbeitet. Erst wenn man Bogen- oder Sonnenlicht anwendet und die alleräußerste Lichtstärke, wie bei feinen Kolloiden, notwendig ist, wird der Kardioidekkondensor seine besondere Leistungsfähigkeit entfalten.



4.
Kardioidekkondensor.

Bild 6: Auszüge aus Siedentopf (1909): 401, Kardioidekkondensor.

Man benutzt am besten Systeme homogener Immersion zu der Beobachtung, durch die man einen Winkelbereich, der sich im Glase von 0 bis $\pm 60^\circ$ ausdehnt, in der hinteren Brennebene auf einmal übersehen kann.



5.
Beugungsscheibchen *S*
bei schief liegendem Deckglas *D*.

6.
Beugung an einem isotropen
Ultramikron.

Jedes Goldteilchen verhält sich also wie eine linear polarisierte Lichtquelle, deren Schwingungen parallel zur Schwingungsebene des Polarisators liegen. In der Richtung dieser Schwingungen kann kein Licht emittiert werden — daher der dunkle Fleck — weil das ja sonst auf longitudinale Schwingungen führen würde.

Zur messenden Verfolgung dieser Erscheinung benutzte ich ein Goldrubinglas, das von Hrn. Dr. SCHALLER im Glaswerk von SCHOTT und Genossen in Jena hergestellt war. Dessen grünes Licht abbeugende Teilchen waren relativ groß und besaßen eine durchschnittliche Größe von etwa 100 $\mu\mu$. Sie erteilten dem Glase bereits einen grünen Schimmer, wenn man es im auffallenden Licht vor dunklem Hintergrund betrachtete. Der Brechungsindex des Glases

Bild 7: Auszüge aus Siedentopf (1909): 405. Kontrastenstellung an Goldteilchen des Rubinglases.

lungen, über die alten und neuen theoretischen Grundlagen, die komplizierten Berechnungsmethoden wie über die erforderlichen experimentellen Verfahren und über sichere Kriterien für die richtige Bauweise von Geräten. Siedentopf beschrieb die Vor- und Nachteile verschiedener, auch von anderen entwickelter Methoden der Dunkelfeldbeleuchtung und erklärte die verbesserten *Formen* eines Kondensors, die seit 1908 in seinem Labor bei Zeiss nach seinen Angaben ausgeführt wurden und damals, „nicht bloß theoretisch, sondern auch *praktisch das Maximum des an Lichtstärke überhaupt Erreichbaren*“ darstellten (ebd.: 398). Er erläuterte die Geometrie und die besondere Rolle des „Kardioid-Kondensors“, und auch, wie er das bei Schott von Dr. Schaller (weiter)entwickelte Goldrubinglas verwendete (vgl. Bild 6).



Bild 8: Siedentopf (1909), Anhang.

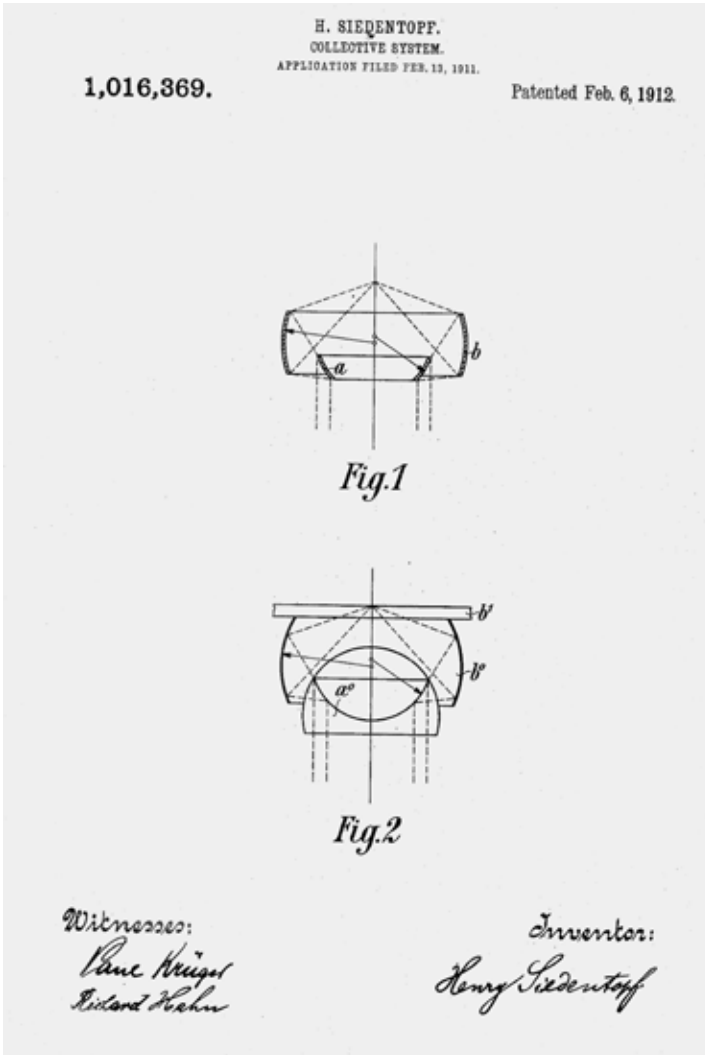


Bild 9: Siedentopf, Zeichnung zum US-Patent zu zwei Bauformen des Mikroskop-Kondensors, 1912.

Siedentopf zeigte hier ebenfalls, wie ultramikroskopische Aufnahmen schnell ablaufender Vorgänge (Bilder lebender Bakterien, lebender Spermatozoen des Menschen und die Brownsche Molekularbewegung) aufgenommen werden; dabei verwies er auf den bequem möglichen Vergleich seines Abbildungsverfahrens mit der von Einstein und Smoluchowski aufgestellten Theorie (ebd.: 407–08; Anhang Tafel IV Brownsche Molekularbewegung: Aufnahme bei Zeiss, Bild 8).

Die generellen Möglichkeiten und Grenzen der ultramikroskopischen Abbildung – deren Prinzip auf Lord Rayleigh zurückgeht

– beschrieb Otto Lummer (1926) detailliert. Im Unterschied zu einer Abbildung in rein mikroskopischem Sinn wird hier auf die Ähnlichkeit des Bildes mit dem Gegenstand verzichtet; man begnügt sich mit dem Nachweis kleiner Objekte, wodurch man noch kleinere Abstände trennen kann.

Mit dem Kardioid-Ultramikroskop konnte Siedentopf (1910a, 1910b) die Lichtstärke im Vergleich zum Spalt-Ultramikroskop etwa um das Zwanzigfache erhöhen, wodurch eine photochemische Reduktion bei mehr als 1500-facher Vergrößerung verfolgt werden konnte. Für zwei Bauformen, die als Mikroskopkondensoren für die Dunkelfeldbeleuchtung im Einsatz waren, erhielt Siedentopf am 6.2.1912 auch ein US-Patent (Bild 9).

Siedentopf erzielte zahlreiche weitere Patente, publizierte mehr als fünfzig wissenschaftliche Beiträge, die hier nicht alle aufgelistet werden können (vgl. aber Poggendorff). Gemeinsam mit August Köhler (Abteilung Mikrophotographie und Projektion) kreierte Siedentopf regelmäßige Mikroskop-Schulungen (der erste Kurs fand 1907 in Jena statt). Er edierte außerdem eine Reihe *Übungen zur wissenschaftlichen Mikroskopie* (Heft 1: *Übungen zur Dunkelfeldbeleuchtung*. Leipzig: Hirzel, 1912 (16 S.); Heft 2: Amronn/Siedentopf 1913), die als wichtige Handbücher beurteilt wurden. Im Folgenden sollen Siedentopfs weitere maßgebliche gerätetechnische Erfindungen hervorgehoben werden.

Fluoreszenzmikroskopie

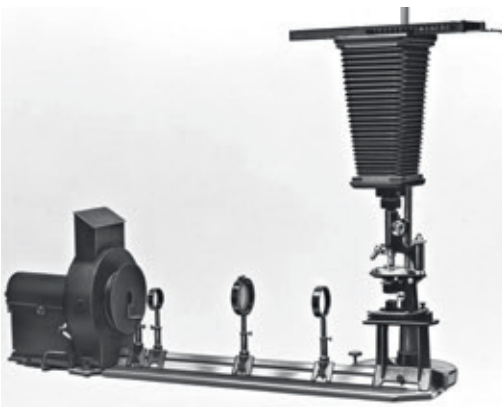


Bild 10: Versuchsaufbau zum Fluoreszenzmikroskop von Siedentopf und Köhler, 1908.

Nachdem Köhler bereits 1904 die Möglichkeit gesehen hatte, die Fluoreszenz geeignet zu nutzen, entwickelten er und Siedentopf einen entsprechenden Apparat. Bei einem Mikroskop-Kurs im April 1908 am Botanischen Institut in Wien präsentierten beide ihr Fluoreszenzmikroskop erstmals der Öffentlichkeit (Bild 10). Diese Form der Aufsichtmikroskopie wird genauer als Epifluoreszenzmikroskopie bezeichnet. Dabei werden die Probe oder einzelne Strukturen mit einem Fluoreszenzfarbstoff (Fluorophor) markiert. Dieser Farbstoff wird durch Licht einer bestimmten Wellenlänge angeregt. Die Lichtquelle war zunächst eine Quecksilberdampfampe (später wurde auch ein Laser dafür verwendet).

Erstes serienreifes Lumineszenzmikroskop

Wir lesen in den meisten Übersichtsartikeln: „Das erste serienreife Lumineszenzmikroskop von Carl Zeiss entwickelten Dr. Hans Lehmann und Prof. Henry Siedentopf. Es wurde etwa ab 1913 gefertigt.“ Hans Lehmann (1875–1917), der von 1906–11 bei Zeiss tätig war, beschrieb detaillierter: „[...] 1910 habe ich in Gemeinschaft mit H. Siedentopf mit einer vollkommeneren Anordnung eine feine Emulsion von Sidot-Blende beobachtet, wobei ein sogenannter Kardioid Spiegelkondensor zur Anwendung kam (vgl. auch Siedentopf 1912a). Wir gelangten aber damals zu der Überzeugung, daß auch diese Kombination eine weitere Verfolgung der mikroskopischen Beobachtung von lumineszierenden Objekten noch nicht aussichtsreich genug erscheinen ließ.“ (Lehmann 1913: 424) Lehmann erreichte schließlich bei den E. Ernemann-Werken in Dresden (Er war dort Leiter der wissenschaftlichen Abteilung) die erfolgreiche Entwicklung eines Lumineszenz-Mikroskops, wobei die volle Apertur des Kondensors realisiert war (die Hellfeldbeleuchtung); mit einem Strahlenfilter hinter dem fluoreszierenden Präparat konnten bisher störende Wirkungen beseitigt werden. Die Fertigung erfolgte unter Siedentopfs Leitung bei Zeiss (ebd.: 425; vgl. auch Hauser 1952: 58–59).

Mikrokinematographie

Seit 1907 arbeitete Siedentopf an mikro-kinematographischen Apparaten für Aufnahmen im Labor, u. a. Zeitlupen- und Zeitrafferverfahren betreffend. Eine Hauptforderung bei diesen Apparaten bestand darin, Mikroskop und Aufnahmeapparat voneinander getrennt zu postieren; durch den Motorantrieb der Kamera hätten ansonsten Erschütterungen auf das Mikroskop übertragen werden können. Hauser (1952: 55) publizierte erstmals eine Aufnahme einer derartigen Anlage, die im Labor von Siedentopf entwickelt worden war (Bild 11); Siedentopf drehte mit derartigen Anordnungen auch Filme, berichtete und publizierte mehrfach darüber (vgl. ebd.: 56).

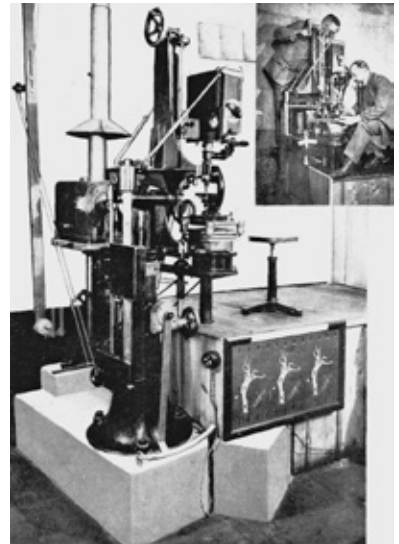


Bild 11: Mikrokinematistische Einrichtung nach Siedentopf, 1912 (Quelle: Zeiss Archiv Bill 13767).

Aufsetzkamera und Anordnungen für Kleinbildmikrophotographie

Aufsetzkameras, die andernorts schon länger auf dem Markt waren, brachte Zeiss erstmals 1920. Siedentopf entwickelte davon ausgehend ein *Photographisches Okular (Phoku)*, das 1922 präsentiert wurde. Im Vergleich zur bisherigen Aufsetzkamera wurde durch das Aufsetzen des *Phoku* die mechanische Tubuslänge von 160 mm auf 230 mm verlängert. Zum optischen Ausgleich der Differenz dienten achromatische Negativlinsen, die in den unteren, runden Teil des *Phoku* einzuschrauben waren (Bild 12). Es wurden damit wesentlich bessere Resultate als bisher erzielt (vgl. dazu und zu Weiterentwicklungen Hauser 1952: 48–50). Siedentopf benutzte dieses *Phoku* auch für eine Einrichtung zu mikrophotographischen Aufnahmen von Fingerkapillaren (Bild 13).

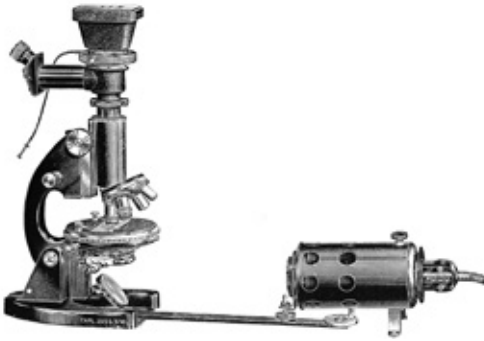


Bild 12: Photographisches Okular (Phoku) nach Siedentopf, 1922 (Quelle: Hauser 1952: 48).



Bild 13: Kapillaren-Mikroskop nach Siedentopf, 1923 (Quelle: Hauser 1952: 49).

Damit waren Siedentopfs Leistungen nicht erschöpft. In der Abteilung für Mikroskopie – die er bis 1938 leitete – wurden die bisherigen Geräte regelmäßig weiterentwickelt. Es entstanden auch Geräte mit Scheinwerfern und Verteilerspiegeln, die als Beleuchtungsvorrichtungen in Operationssälen dienten.

Ehrungen

Der Senat seiner Geburtsstadt ehrte Siedentopf am 9.7.1918 mit dem Professorentitel. An der Universität Jena wurde er am 30.9.1919 zum unbesoldeten außerordentlichen Professor für Mikroskopie ernannt und lehrte über Ultramikroskopie und Dunkel-feldbeleuchtung [UAJ]. 1922 erhielt er die Ehrendoktorwürde Dr.-Ing. e. h. von der TH Hannover. Die 1922 in Leipzig durch Wilhelm Ostwald gegründete Kolloid-Gesellschaft zeichnete Siedentopf im

Jahre 1925 mit dem Laura-R.-Leonard-Preis aus, der für die allgemeine Förderung der Kolloidforschung verliehen wurde.⁸ Siedentopf wurde Auswärtiges Mitglied der Gesellschaft für Künste und Wissenschaft in Utrecht und Heidelberg; Mitglied der Gesellschaft Deutscher Naturforscher Leopoldina in Halle; Korrespondierendes Mitglied der botanischen Gesellschaft in Wien.

Bildquellen

Bild 10: bereitgestellt von Zeiss Microscopy unter <https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/6892933462> als CC BY-SA 2.0, ohne Änderungen übernommen.

Danksagung

Wir danken dem Zeiss Archiv Jena, den Universitätsarchiven Göttingen, Greifswald und Jena für die freundlichen Genehmigungen zu den Bildquellen.

Bibliographie und Quellen

- [CAZ] Carl-Zeiss-Archiv Jena, Arch. 23021; Arch. 10967; Nr. 794; St. 132; 30566, Pat. 110.
- [UAG] Universitätsarchiv Göttingen, Phil. Fak.182b, Nr. 16 (Promotionsakte Siedentopf); Kur 1522 (Assistenten d. Mineralog. Instituts)
- [UAGr] Universitätsarchiv Greifswald, K 544b (Kuratoriumsakten: Assistenten des Physikalischen Instituts); Phil.Fak 435
- [UAJ] Universitätsarchiv Jena, Bestand BA, Nr. 2165; Personalakte Siedentopf Bestand D, Nr. 2734 (Personalakte Siedentopf).
- AMBRONN, Hermann; Siedentopf, Henry (1913): *Zur Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung nach Abbe* (Übungen zur wissenschaftlichen Mikroskopie, H. 2, Hsrg. V. H. Siedentopf)Leipzig: S. Hirzel.
- CAHAN, David (1996): "The Zeiss Werke and the ultramicroscope: the creation of a scientific instrument in context". In: Buchwald, J. Z. (Ed.), *Scientific Credibility and Technical Standards in 19th and early 20th Century Germany and Britain*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 67–115.
- GERLACH, Detlef (2009): *Geschichte der Mikroskopie*. Frankfurt/M.: Harri Deutsch (1045 S.) zu Siedentopf S. 668, 671.

- HAUSER, Friedrich (1952): „Die Entwicklung mikrophotographischer Apparate bei der Firma Zeiss in dem ersten Jahrhundert ihres Bestehens“. *Jenaer Jahrbuch*. Jena: Gustav Fischer.
- JUNG, Peter; Trautinger, Franz (2013): „Kapillarmikroskopie“. *Journal of the German Society of Dermatology* 713–36.
- KÖHLER, August; Loos, W. (1941): „Das Phasenkontrastverfahren und seine Anwendungen in der Mikroskopie“. *Die Naturwissenschaften* 29, 49–61 (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-51845-4_6).
- KÖRBER, Hans-Günther (2007): „Henry Siedentopf“. *Dictionary of Scientific Biography*. <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/siedentopf-henry-friedrich-wilhelm>, zuletzt aufgerufen am 10.09.2021
- LEHMANN, Hans (1913): „Das Lumineszenzmikroskop, seine Grundlagen und seine Anwendungen“. *Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und mikroskopische Technik* (im Folg.: *Z. f. wiss. Mikroskopie*) 30: 417–70.
- LUMMER, Otto (1926): „Ultramikroskopische Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte (Ultramikronen)“. In: *Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik*, 11. Aufl., Bd. 2.1: *Lehre von der strahlenden Energie (Optik)*. Braunschweig: Vieweg; 877 ff.
- MAPPES, Timo; Jahr, Norbert; Csáki, Andrea; Vogler, Nadine; Popp, Jürgen; Fritzsche, Wolfgang (2012): „Die Erfindung des Immersions-Ultramikroskops 1912 – Beginn der Nanotechnologie?“ *Angewandte Chemie* 124, Nr. 45, S. 11370–75.
- MASTERS, Barry R. (2020): *Superresolution Optical Microscopy. The Quest for Enhanced Resolution and Contrast*. Cham: Springer.
- Poggendorffs *Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften*, Bde. IV, V, VI, VIIa.
- SIEDENTOPF, Henry (1897): *Ueber Capillaritätsconstanten geschmolzener Metalle* (mit 6 Figuren, 1 Tafel). Inaugural-Dissertation, Universität Göttingen: Dieterich'sche Univ.-Buchdruckerei.
- SIEDENTOPF, Henry (1903): „Über die physikalischen Prinzipien der Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen“. *Berliner klinische Wochenschrift*, No. 32 (7 S.)
- SIEDENTOPF, Henry (1904a): „Eine neue Quecksilberbogenlampe“. *Zeitschrift für Instrumentenkunde* 24: 22–25, vgl. auch S. 121.
- SIEDENTOPF, Henry (1904b): „Die Berechtigung einer geometrischen Optik“, in: M. v. Rohr (Hg.), *Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik*. Berlin: J. Springer, 1–35; trans. (R. Kanthack), „Fundamental principles of geometrical optics,” in: M. v. Rohr (ed.), *Geometrical Investigation*

- of the Formation of Images in Optical Instruments*. London: H. M. Stationery Office, 1–34.
- SIEDENTOPF, Henry (1907): „Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie“. *Z. f. wiss. Mikroskopie* 24: 13–20. (Artikel eingegangen 11. 3. 1907).
- SIEDENTOPF, Henry (1908a): „Über mikroskopische Beobachtungen bei Dunkelfeldbeleuchtung“. Ebd. 25: 273–82; (1908b) „Die Sichtbarmachung von Kanten im mikroskopischen Bilde“. Ebd. 424–31.
- SIEDENTOPF, Henry (1909): „Über ultramikroskopische Abbildung“. Ebd. 26: 391–410, Anhang mit Tafeln.
- SIEDENTOPF, Henry (1910a): „Lichtreaktionen im Kardioid-Ultramikroskop“. *Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide* 6: 3–6.
- SIEDENTOPF, Henry (1910b): „Über die Umwandlung des Phosphors im Kardioid-Ultramikroskop“. *Berichte der dt. chem. Gesellschaft*: 692–94.
- SIEDENTOPF, Henry (1912a): „Über biosphärische Spiegelkondensoren für Ultramikroskopie“. *Annalen der Physik* 4. Folge 39: 1175–84.
- SIEDENTOPF, Henry (1912b): „Über ultramikroskopische Abbildung linearer Objekte“. *Z. f. wiss. Mikroskopie* 29: 1–47.
- SIEDENTOPF, Henry (1912c): *Dunkelfeldbeleuchtung* (Übungen zur wissenschaftlichen Mikroskopie, H. 1). Leipzig: Hirzel.
- SIEDENTOPF, Henry; Zsigmondy, Richard (1903). „Ueber Sichtbarmachung und Grössenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen mit besonderer Anwendung auf Goldrubingläser“. *Annalen der Physik* 10: 1–39. (Referat in *Z. für wiss. Mikroskopie* 20 (1903): 253–54).
- STIER, Friedrich (2010): „Henry Siedentopf“. In: *Neue Deutsche Biographie* 24: 334–35.
- TOBIES, Renate (2017): „Moritz von Rohr: Optik – Mathematik – Medizintechnik“. *JJB* 20: 117–69.
- TOBIES, Renate (2020): „Symbiose von Wissenschaft & Industrie. Der Ernst Abbe-Gedächtnispreis und der Einfluss des ersten Preisträgers auf Entwicklungen an der Universität Jena.“ *JJB* 23: 11–67.
- ZSIGMONDY, R. (1901): „Ueber Farbgläser für wissenschaftliche und technische Zwecke“. *Zeitschrift für Instrumentenkunde* 21: 97–101.

Anmerkungen

- 1 Nobelpreis für Chemie 1925, verliehen 1926, „für die Aufklärung der heterogenen Natur kolloidaler Lösungen sowie für die dabei angewandten Methoden, die grundlegend für die moderne Kolloidchemie sind“.

- 2 Siedentopf hörte bei Klein nur eine 2-stündige Vorlesung „Ausgewählte Fragen der Elementargeometrie“ (SS 1894); David Hilbert (1862–1943) kam erst zum SS 1895 als Professor nach Göttingen, dessen Veranstaltungen besuchte Siedentopf nicht. In Leipzig hatte er Mathematik bei Sophus Lie, Adolph Mayer, Carl Neumann, Friedrich Engel und Georg Scheffers gehört (vgl. Lebenslauf, Bild 2a).
- 3 [UAGr] Phil. Fak. 435, Bl. 96.
- 4 Mitteilung von Richarz v. 8.9.1898 an den Curator der Universität Greifswald [UAGr] K544b, Bl. 131.
- 5 [UAGr] Phil. Fak. 435, Bl. 98r
- 6 Ebd. Bl. 100-102 (Schreiben von Czapski an Richarz, 5.4.1899)
- 7 M. v. Rohr (1938): „Ernst Abbe als Leiter der Werkstätte bis zu seinem Tode, III“. *Forschungen zur Geschichte der Optik* 2: 342.
- 8 Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Kolloid-Gesellschaft#Laura-R.-Leonard-Preis>.

Renate Tobies



studierte Mathematik, Chemie, Physik, Pädagogik, Psychologie in Leipzig, ist für Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften habilitiert. Sie leitete 20 Jahre lang die *NTM-Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin* (*NTM-International Journal of History and Ethics of Natural Sciences, Technology, and Medicine* (Birkhäuser, Basel) als Managing editor, publizierte mehr als 10 Bücher und Hunderte von Artikeln (darunter zu Zeiss-Forschern). Sie lehrte als Gastprofessorin in Braunschweig, Kaiserslautern, Saarbrücken, Stuttgart; Linz und Graz (Österreich), seit 2010 an der FSU Jena. Sie ist Ordentliches Mitglied der Académie Internationale d’Histoire des Sciences (Paris) und Auswärtiges Mitglied der Agder Academy of Sciences and Letters (Kristiansand, Norwegen).