

Artikel erschienen in:

Ottmar Ette, Eberhard Knobloch, Ulrich Päßler (Hrsg.)

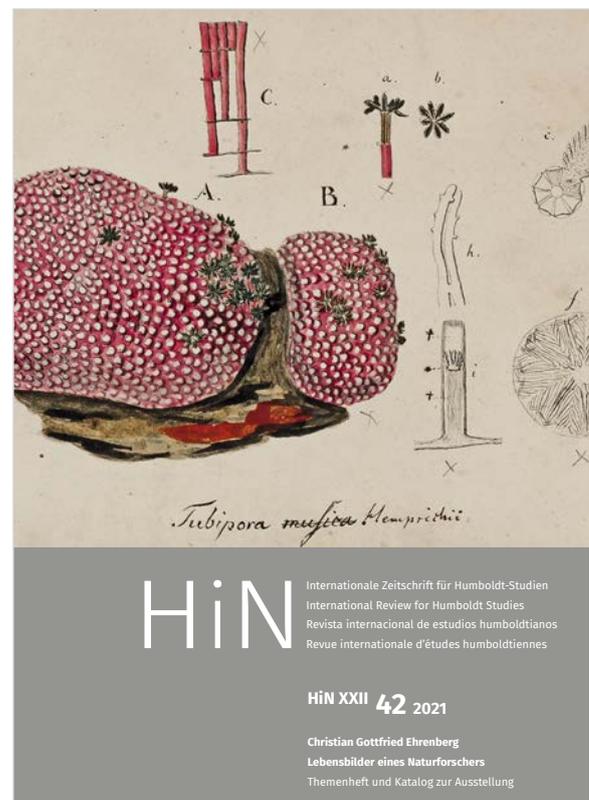
HiN : Alexander von Humboldt im Netz, XXII (2021) 42

2021 – 169 S.

ISSN (print) 2568-3543

ISSN (online) 1617-5239

DOI <https://doi.org/10.18443/hinvol22iss422021>



Empfohlene Zitation:

Ferdinand Damaschun: Christian Gottfried Ehrenberg und die Entwicklung der Mikroskop-Technik im 19. Jahrhundert, In: Ette,-Ottmar; Knobloch, Eberhard; Päßler, Ulrich (Hrsg.). HiN : Alexander von Humboldt im Netz, XXII (2021) 42, Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2021, S. 119–134.

DOI <https://doi.org/10.18443/313>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Namensnennung Nicht kommerziell 4.0. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de>

Ferdinand Damaschun

Christian Gottfried Ehrenberg und die Entwicklung der Mikroskop-Technik im 19. Jahrhundert

ZUSAMMENFASSUNG

Ab Mitte der 1820er Jahre erfuhr die Mikroskop-Technik eine stürmische Entwicklung. Dadurch, dass es gelang, nach und nach die optischen Fehler zu korrigieren, verbesserte sich die Auflösung bis zum Ende des Jahrhunderts um den Faktor 10 von 3 μm auf 0,3 μm . Um 1820 begann Christian Gottfried Ehrenberg mit mikroskopischen Untersuchungen. Er nutzte zunächst ein einfaches Nürnberger Mikroskop. 1832 erwarb er ein Mikroskop aus der Berliner Werkstatt von Pistor & Schiek, das er dann zeitlebens nutzte. Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit seines Instruments mit der für seine Untersuchungen notwendigen Auflösung zeigt, dass es für seine Untersuchungen vollkommen genügte. Für seine Untersuchungsobjekte entwickelte er Präparationstechniken und Aufbewahrungsmethoden für die Dauerpräparate. Da er auch die mikroskopischen Abbildungen bis hin zu den Vorlagen für die Kupfertafeln selbst anfertigte, behielt er den gesamten Prozess von der Präparation bis zum Druck der Ergebnisse stets in der Hand.

ABSTRACT

From the mid-1820s onwards, microscope technology underwent a rapid development. Thanks to new possibilities for correcting optical errors, microscope resolution improved by a factor of 10 from 3 μm to 0.3 μm by the end of the century. Ehrenberg began his investigations in 1820 with a simple "Nürnberger Mikroskop". In 1832, he acquired a microscope from the Berlin workshop of Pistor & Schiek, which he then used throughout his life.

By comparing the performance of his instrument with the resolution required for his objects, this article demonstrates that the Pistor & Schiek was perfectly adequate for his investigations. Furthermore, it traces Ehrenberg's process of producing microscopic images, which he controlled from start to finish: from the preparation and storage of specimens according to special methods he developed himself to the execution of the illustrations that would be used as templates for the copper plates.

RÉSUMÉ

À partir du milieu des années 1820, la technologie des microscopes a connu un développement rapide. Grâce aux nouvelles possibilités de correction des erreurs optiques, il a été possible de corriger et d'améliorer la résolution des microscopes par un facteur de 10, passant de 3 μm à 0,3 μm à la fin du siècle. Ehrenberg a commencé ses recherches en 1820 avec un simple « Nürnberger Mikroskop ». En 1832, il a acquis un microscope de l'atelier berlinois de Pistor & Schiek, qu'il a ensuite utilisé toute sa vie. En comparant les performances de son instrument avec la résolution requise pour ses objets, cet article montre que le Pistor & Schiek était parfaitement adapté à ses investigations. En outre, il retrace le processus de production d'images microscopiques d'Ehrenberg, qu'il a contrôlé de bout en bout: de la préparation et du stockage des spécimens selon des méthodes spéciales qu'il a lui-même développées jusqu'à l'exécution des illustrations qui allaient servir de modèles pour les plaques de cuivre.



Einleitung

Auslöser für diesen Beitrag war eine Anfrage von Ulrich Päßler vom Akademievorhaben „Alexander von Humboldt auf Reisen – Wissenschaft aus der Bewegung“ zu einem Foto aus der Historischen Arbeitsstelle des Museums für Naturkunde Berlin. (Abb. 1) Auf dem Foto ist Gustav Tornier (1859–1938)¹ in der „Traditionsecke“ der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin im Museum für Naturkunde zu sehen. Das Foto entstand wahrscheinlich um 1923. Zum aufgebauten Inventar der Gesellschaft gehören zwei Mikroskope. Das linke ist ein Sonnenmikroskop von Johann Gottlieb Stegmann, hergestellt wahrscheinlich zwischen 1780 und 1786 in Kassel.² Die Frage von Ulrich Päßler bezog sich auf das rechte Instrument: Könnte es sich hier um ein Mikroskop von Christian Gottfried Ehrenberg handeln, das dieser jahrzehntelang nutzte und mit dessen Hilfe er seine bahnbrechenden Untersuchungen zu den „Infusionsthierchen“ gemacht hat? Ich musste diese Frage leider verneinen, da dieses Mikroskop nicht dem von Ehrenberg genutzten Mikroskop aus der Berliner Werkstatt von Pistor & Schiek entspricht. Da das abgebildete Mikroskop in der Sammlung nicht mehr vorhanden ist, kann über den Hersteller nur spekuliert werden. Eventuell handelt es sich um ein Instrument aus der Pariser Werkstatt von Charles Louis Chevalier (1804–1859). Im Museum für Naturkunde befindet sich kein Mikroskop, das Ehrenberg zugeschrieben werden kann. In der Ehrenbergsammlung des Museums Barockschloss Delitzsch werden dagegen drei Mikroskope von Ehrenberg aufbewahrt. Alle drei Instrumente wurden dem Museum von Nachfahren Ehrenbergs übergeben. Die Instrumente werden im Text und mit Bildern vorgestellt. Ich danke dem Direktor dieses Museums, Herrn Jürgen Geisler, für diesen Hinweis und die Möglichkeit, Fotos der Instrumente verwenden zu dürfen.



Abb. 1: Gustav Tornier (1859–1938) in der Traditionsecke der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin im Museum für Naturkunde Berlin, wohl 1923, Museum für Naturkunde, HBSB, Bestand: GNF, Signatur: FM VII,1, Fotograf unbekannt.

- 1 Gustav Tornier war von 1895 bis 1923 Kustos für die Herpetologische Sammlung des Museums.
- 2 Das Mikroskop befindet sich mit der Inventar-Nummer o/029 in der Sammlung historischer wissenschaftlicher Instrumente des Museums für Naturkunde Berlin.

Entwicklung der Mikroskopie-Technik bis zum Ende des 19. Jahrhunderts

Bevor wir uns den von Ehrenberg genutzten Instrumenten zuwenden, erscheint es mir notwendig, kurz auf die Entwicklung der Mikroskopie-Technik seit Mitte des 17. Jahrhunderts einzugehen.³ Nahezu gleichzeitig wurden zwei unterschiedliche Konstruktionen eingeführt: Einfache und Zusammengesetzte Mikroskope. Einfache Mikroskope besitzen nur ein optisches System und wurden erstmals durch Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) perfektioniert. Seine Instrumente bestanden aus einer winzigen Linse⁴, die auf einer Messingplatte montiert wurde. (Abb. 2) Die erreichbare Auflösung betrug ca. $1,4 \mu\text{m}$, was einer Vergrößerung von ca. 260fach entspricht.⁵ Mit Hilfe dieses Instruments beschrieb er u. a. Bakterien und rote Blutkörperchen. Nahezu gleichzeitig nutzte Robert Hooke (1635–1703) ein Zusammengesetztes Mikroskop und bildete es ab. (Abb. 3) Zusammengesetzte Mikroskope nutzen das gleiche Prinzip wie Fernrohre und besitzen zwei optische Systeme. Das vom Objektiv erzeugte Bild wird vom Okular nachvergrößert. Hooke erreichte mit seinem Mikroskop eine Auflösung von ca. $4 \mu\text{m}$.

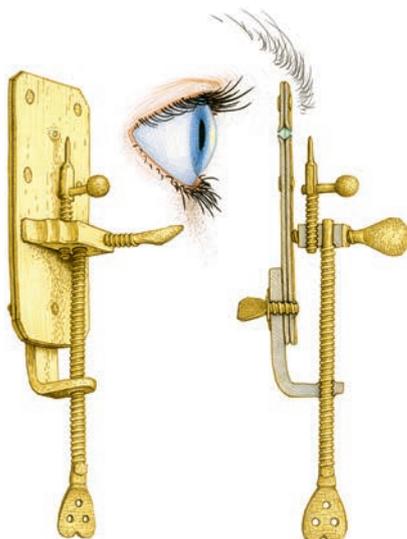


Abb. 2: Einfaches Mikroskop von Antoni Leeuwenhoek (1632–1723). Zeichnung: Elke Siebert 2020, Museum für Naturkunde Berlin.

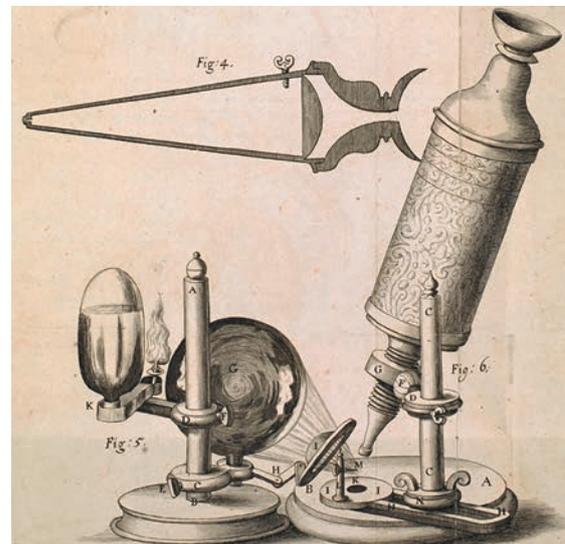


Abb. 3: Zusammengesetztes Mikroskop mit Beleuchtungsapparat von Robert Hooke (1635–1703). Das Mikroskop ist für undurchsichtige Objekte eingerichtet. Abbildung aus Hooke 1665, Ausschnitt aus Scheme: I.

Beide Systeme haben Vor- und Nachteile. Bei hohen Vergrößerungen werden bei Einfachen Mikroskopen das Gesichtsfeld und der Arbeitsabstand sehr klein; bei Zusammengesetzten Mikroskopen ergibt sich nicht nur die Gesamtvergrößerung durch Multiplikation aus den Ver-

-
- 3 Einen sehr guten Überblick zur Entwicklung der Mikroskopie gibt Wolfgang Gloede (Gloede 2013, 92–126).
 - 4 Leuwenhoeks Instrumente hatten eine freie Blende von ca. $0,7 \text{ mm}$; das bedeutet, vom Linsendurchmesser muss der für deren Fassung benötigte Teil abgezogen werden.
 - 5 Die Auflösung eines Instruments gibt an, wie weit zwei Linien voneinander entfernt sein dürfen, um sie als solche aufzulösen. Die Auflösung ist wesentlich aussagekräftiger als die Vergrößerung.

größerungen von Objektiv und Okular, sondern es multiplizieren sich auch die Fehler dieser Optiken. Die größten Fehlerursachen liegen in den Eigenschaften des Glases und in der Form der Linsen.⁶ Der Brechungsindex von Gläsern ist abhängig von der Wellenlänge des Lichtes. Diese als Dispersion bezeichnete Eigenschaft führt dazu, dass sich das durch die Linse gebrochene farbige Licht nicht in einem Punkt trifft. Beim Mikroskopieren macht sich das z. B. in Farbsäumen an den Objekträndern bemerkbar. Dieser Fehler wird chromatische Aberration genannt. Aus fertigungstechnischen Gründen haben Linsen die Form von Kugelkappen. Das hat zur Folge, dass die am Rand gebrochenen Lichtstrahlen an einem anderen Punkt fokussiert werden als die aus dem zentralen Teil. Die sphärische Aberration macht sich durch ein weiches Bild mit zwar scharfen, aber kontrastarmen Details bemerkbar.

Für die Beseitigung der Fehler wurden unterschiedliche Lösungsansätze verfolgt. Unter anderem wurde versucht, Mikroskope ohne Linsen zu bauen; stattdessen nutzte man Spiegel. Bekannt sind solche Spiegel- oder katoptrische Mikroskope z. B. von dem italienischen Instrumentenbauer Giovanni Battista Amici (1786–1863). Diese Bauart setzte sich nicht durch. Wesentlich erfolgreicher war die Beseitigung des chromatischen Fehlers durch Kombinationen von Linsen aus Gläsern mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften.⁷ Der Fehler der einen Linse wird durch den Fehler der anderen Linse kompensiert. Diese Lösung war aus dem Bau von Fernrohren schon lange bekannt. Der Pariser Instrumentenbauer Charles Louis Chevalier führte sie Mitte der 1820er Jahre als einer der ersten erfolgreich in den Bau von Mikroskopen ein. Zur Demonstration der Qualität seiner Mikroskope signierte er seine Instrumente auf dem Tubus mit „Lentilles achromatiques de Charles Louis Chevalier à Paris“. Die sphärische Aberration kann man durch Abblenden der äußeren Randstrahlen vermindern.⁸

Erhebliche Probleme gab es jedoch bei der Glasherstellung. Es gab nur wenige Glashütten, die homogene Gläser produzieren konnten. Homogen heißt vor allem schlieren- und blasenfrei sowie über den ganzen Glasblock gleiche Eigenschaften. Im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts war der in München und Benediktbeuern wirkende Joseph Fraunhofer (seit 1824 Ritter von Fraunhofer, 1787–1826) auf diesem Gebiet führend.⁹ Seine Erfindungen verbesserten wesentlich den Bau von Fernrohren sowie anderer optischer Instrumente und beeinflussten auch den Mikroskopbau nachhaltig. Auflösung und Bildqualität verbesserten sich sprunghaft und ab 1830 übertrafen Zusammengesetzte Mikroskope die Leistung Einfacher Mikroskope. Obwohl die von den Linsenschleifern verwendeten Gläser qualitativ sehr hochwertig waren, variierten sie doch von Charge zu Charge. Das führte dazu, dass die Form der Linsen der jeweiligen Glascharge angepasst werden musste. Das konnte zu dieser Zeit nur durch Probieren und langjährige Erfahrung geschehen – dieses Probieren wurde „Pröbeln“ genannt. Erst dem Jenaer „Dreigestirn“ Carl Zeiss (1816–1888), Ernst Abbe (1840–1905) und Otto Schott (1851–1935) gelang es ab den 1880er Jahren, gerechnete Objektive aus reproduzierbar erschmolzenen Glassorten herzustellen. Diese Mikroskope hatten eine bis dahin unerreichte Qualität und waren trotz ihres enormen Preises ein Verkaufsschlager.

6 Auf weitere Optikfehler und Eigenschaften von Mikroskop-Optiken, die die Bildqualität beeinflussen, soll hier nicht eingegangen werden.

7 Kron- und Flintglas.

8 Moderne Optiken nutzen zur Fehlerbeseitigung asphärische Linsen.

9 Einen sehr guten Überblick zur Geschichte der Produktion von optischen Gläsern im 19. Jahrhundert gibt der amerikanische Wissenschaftshistoriker Myles W. Jackson (Jackson 2009).

Im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts veränderten sich nicht nur die Optiken der Mikroskope, sondern auch deren Stativformen. Der aus Deutschland stammende und in Paris wirkende Georg Oberhäuser (1798–1868) erfand in den 1830er Jahren zunächst das wegen seiner Form sogenannte Trommelstativ und führte 1848 das Hufeisenstativ ein. Diese Form prägte über 100 Jahre das Aussehen der Mikroskope. (Abb. 4 und Abb. 5)



Abb. 4: Mikroskop mit Trommelstativ und Satzobjektiv, ohne Nr., Hersteller unbekannt, zweites Viertel 19. Jahrhundert, Museum für Naturkunde Berlin, Sammlung historischer wissenschaftlicher Instrumente, Inv.-Nr. o/014, Foto: Autor.



Abb. 5: Zusammengesetztes Mikroskop Typ I, Nr. 12117. Dieses Mikroskop mit einem Hufeisenstativ gehört zu den frühen Instrumenten mit von Ernst Abbe (1840–1905) gerechneten Objektiven unter Verwendung des von Otto Schott (1851–1935) produzierten Glases. Hersteller Carl Zeiss Jena, Auslieferung 1888, Museum für Naturkunde Berlin, Sammlung historischer wissenschaftlicher Instrumente, Inv.-Nr. o/098, Foto: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

Ehrenberg und sein Mikroskop

Ehrenberg begann seine mikroskopischen Studien bereits nach seiner Promotion 1818 und vor seiner Expedition mit Friedrich Wilhelm Hemprich (1796–1825) in den Nahen Osten und nach Arabien. Er schreibt 1838 dazu in seinem Werk über „Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen“:

Ich selbst habe 1820 meine ersten und glücklichen Untersuchungen über das Keimen der Schimmelsamen mit einem hölzernen Nürnberger Mikroskop à 10 Thlr., einem damals unschätzbaren Geschenk meines Bruders Ferdinand E., dem ich hiermit danke, gemacht [...]. (Ehrenberg 1838a, XVI)

Die sogenannten Nürnberger Mikroskope wurden wahrscheinlich ab dem Ende des 18. Jahrhunderts entweder in Nürnberg hergestellt oder über Nürnberg vertrieben; dazu wurden sie sowohl aus dem Schwarzwald als auch aus Tirol angekauft.¹⁰ Erhältlich waren sie noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts (Petri 1896, 151). Die Mikroskope mit einem Papp-Tubus wurden in mehreren Modellen hergestellt. Am bekanntesten sind die Modelle, bei denen der Tubus auf einem dreibeinigen Stativ und solche, bei denen er auf einem Holzkasten montiert ist. Es existieren aber auch Modelle mit einem Stangenstativ. In Delitzsch sind zwei Nürnberger Mikroskope aus dem Nachlass von Ehrenberg erhalten. (Abb. 6 und Abb. 7) Die Mikroskope erlaubten nur eine geringe Vergrößerung; die Fokussierung erfolgte durch Verschieben des Papp-Tubus.



Abb. 6: Sogenanntes Nürnberger Mikroskop; hier das Modell mit dem Kastenstativ. Das Mikroskop stammt aus dem Besitz Ehrenbergs, Ehrenbergsammlung Museum Barockschloss Delitzsch, Foto: Jürgen Geisler, Museum Barockschloss Delitzsch.



Abb. 7: Sogenanntes Nürnberger Mikroskop; hier das Modell mit dem Stangenstativ. Das Mikroskop ist auf dem Aquarell seines Arbeitszimmers auf dem Regal mit den Präparate-Büchern abgebildet (Abb. 11), Ehrenbergsammlung Museum Barockschloss Delitzsch, Foto: Jürgen Geisler, Museum Barockschloss Delitzsch.

Dieses recht primitive Mikroskop hat mit seiner geringen Abbildungsqualität sehr wahrscheinlich bereits nach kurzer Zeit Ehrenbergs Anforderungen nicht mehr genügt. Im Jahre 1832 veröffentlicht er in den „Annalen der Physik und Chemie“, herausgegeben von Johann Christian Poggendorff, eine Arbeit, in der er die modernsten Mikroskope seiner Zeit miteinander vergleicht (Ehrenberg 1832). In seinen Vergleich bezieht er ein Mikroskop von Charles Louis Chevalier (s. o.) aus Paris, eines von Simon Plössl (1794–1868) aus Wien und das von ihm bis zu

10 <https://digital.deutsches-museum.de>, [letzter Zugriff am 20.02.2020].

seinem Tod genutzte Instrument von Pistor & Schiek aus Berlin ein.¹¹ Zunächst stellt Ehrenberg fest, dass alle drei Mikroskope die Entdeckung von Selligue nutzen.¹² Selligue entwarf ein achromatisches Objektiv mit hoher Leistung, indem er eine Reihe von achromatischen Linsen-kombinationen mit relativ geringer Leistung miteinander kombinierte. Objektive dieser Bauart werden Satzobjektive genannt. Am Mikroskop von Plössl lobt er die gute Handhabbarkeit und bemängelt den geringen Arbeitsabstand sowie dessen hohen Preis; das Mikroskop von Chevallier gefällt ihm wegen seiner hohen Auflösung, sei aber in der Handhabbarkeit dem von Plössl unterlegen. Das Mikroskop von Schiek vereint seiner Meinung nach die Vorteile der beiden anderen Instrumente und hat außerdem den Vorteil hoher Lichtstärke. Ein sehr wichtiges Argument ist für ihn das Preis-Leistungs-Verhältnis. Er schreibt:

Endlich ist es durch seine Einfachheit in einem sehr mässigen Preise; mithin nicht bloss unthätigen Reichen, und ängstlichen und beengten Directoren öffentlicher Anstalten, sondern thätigen Naturforschern zugänglich. (Ehrenberg 1832, 190)

Nicht zuletzt dieses Argument bewog ihn, vom Chevallier'schen (Abb. 8) auf das Mikroskop von Pistor & Schiek umzusteigen und es bis nahezu an sein Lebensende zu nutzen:

So gut mich auch, wie ich gern eingestehe, Hrn. Chevallier's Mikroskop bei meinen Forschungen unterstützt hat, so bedauere ich doch jetzt, nicht den Vortheil der großen Bequemlichkeit und starken Vergrößerung gehabt zu haben, welchen diese neuen Mikroskope den künftigen Forschern an die Hand geben. (Ehrenberg 1832, 191)



Abb. 8: Achromatisches Mikroskop von Charles Louis Chevallier (1804–1859). Ehrenberg nutzte dieses Mikroskop bis 1832, Ehrenbergsammlung Museum Barockschloss Delitzsch, Foto: Jürgen Geisler, Museum Barockschloss Delitzsch.

11 Carl Philipp Heinrich Pistor (1778–1847) gründete im Jahre 1813 in Berlin eine feinmechanische Werkstatt. Friedrich Wilhelm Schiek (1790–1870) trat 1824 als Teilhaber und Werkstattleiter in Pisters Betrieb ein und widmete sich vor allem dem Bau von Mikroskopen.

12 Selligue nannte sich der französische Physiker Alexandre François Gilles (1784–1845).

Die großartigen Zeichnungen, die den Bildtafeln in seinen beiden Hauptwerken „Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen“ von 1838 (Ehrenberg 1838a) und der „Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbstständigen Lebens auf der Erde“ von 1854 (Ehrenberg 1854) zu Grunde liegen, entstanden mit Hilfe dieses Mikroskops. (z. B. Abb. 13 und Abb. 14) Leider ist dieses Mikroskop bisher nicht aufgefunden worden. Es ist jedoch auf dem Gemälde von Eduard Radtke (geb. 1825) aus dem Jahre 1857 abgebildet. (Abb. 9) Es zeigt Ehrenberg mit dem Orden Pour le Mérite und Attributen, die seine wissenschaftliche Tätigkeit veranschaulichen, darunter auch das von ihm genutzte Mikroskop.

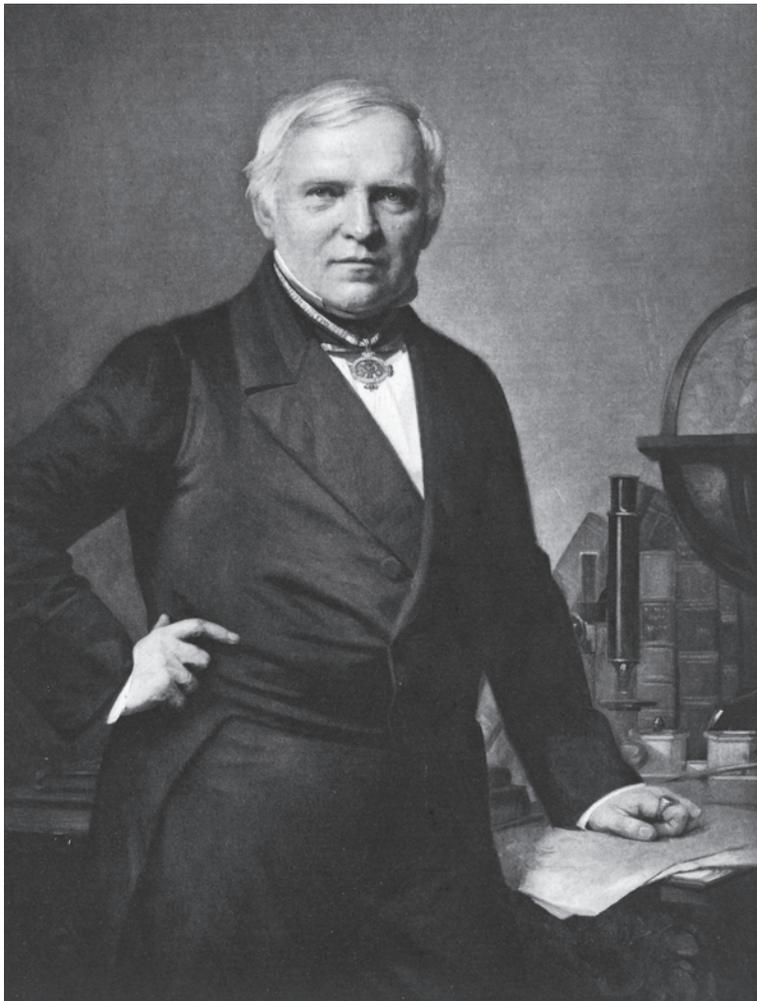


Abb. 9: Dieses Porträt Ehrenbergs gehört zur Gelehrten-Galerie der Ritter des Ordens Pour le Mérite. Auf dem Bild ist das von ihm genutzte Mikroskop von Pistor & Schiek zu sehen. Heliogravüre nach einem Gemälde von Eduard Radtke (geb. 1825) aus dem Jahre 1857, Museum für Naturkunde Berlin, HBSB, Bestand: Zool. Mus., Signatur: B IX/1271.

Von der Bauform handelt es sich um ein sogenanntes Stangenmikroskop, d.h. Tubus, Objektisch und Beleuchtungsapparat sind an einer auf einen Dreifuß befestigten dreikantigen Stange angebracht. Auch in der „Mikrogeologie“ von 1854 lobt er noch einmal die Qualität des von ihm genutzten Mikroskops:

Ich habe noch eine Pflicht gegen den Optiker Herrn Schiek in Berlin zu erfüllen, welcher das Instrument gefertigt hat, dessen ich mich vom Jahre 1832 bis 1838 und bis heut fast ausschliesslich bedient habe und dessen solide, saubere Construction, sowie der Umstand, dass es bei starker, klarer Vergrößerung noch ein sehr grosses, 8 Zoll grosses Sehfeld und einen dabei ungewöhnlich grossen Fokal-Abstand bewahrt, mich in den Stand gesetzt hat, Vieles in kürzerer Zeit und mit frischem Muthe auszuführen, was bei fortwährenden kleinen Störungen und kleinem Sehfelde nicht erreichbar ist. (Ehrenberg 1854, XIX)

Um auch nachts mikroskopieren zu können, empfiehlt Ehrenberg die Nutzung von Mikroskoplampen wie z. B. die Argand'sche Lampe¹³ (Ehrenberg 1838a, XVI). Neben dem normalen Licht nutzte Ehrenberg auch polarisiertes Licht:

Die Anwendung des farbig polarisirten Lichtes im Mikroskop, welches bisher nur zu physikalischen Erläuterungen dienlich erschien, ist seit 1848 eins der einflussreichsten Mittel zur mikroskopischen Analyse geworden, und hat namentlich den Passatstaub und Grünsand erläutert.¹⁴ (Ehrenberg 1854, XII)

Bei polarisiertem Licht schwingt die elektromagnetische Welle nur in einer Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Tritt polarisiertes Licht in Wechselwirkung mit kristallinen Substanzen, entstehen materialtypische Interferenzfarben. Diese Farben erlaubten Ehrenberg z. B. eine einfache Unterscheidung der verschiedenen Skelettmaterialien seiner Infusorien. Als Ehrenberg 1854 dies niederschrieb, stand die Untersuchung von Mineralen und Gesteinen im polarisiertem Licht erst am Anfang. Bis zur Entwicklung der Polarisationsmikroskopie zu einer der wichtigsten Methoden der Petrographie dauerte es noch fast 20 Jahre. Hier zeigt sich, dass Ehrenberg für diese neue Methode offen war, als andere sie noch für eine Spielerei hielten (Laue 1895, 216). Dagegen wirkt es scheinbar anachronistisch, dass Ehrenberg an seinem „Pistor & Schiek“ von 1832 festhielt. Ehrenberg war jedoch von der Qualität überzeugt, obwohl er „[...] neuerlich auch eins von Oberhäuser zuweilen benutzt“¹⁵ (Ehrenberg 1854, XIX). Er schreibt dazu:

Mag es sein, dass die Gewöhnung an ein Instrument dessen Gebrauch am meisten erleichtert, aber ohne dieses, durch Säuren, Sand und Feuer oft beschädigte nie unbrauchbar gewordene Instrument, hätte ich Vieles ungethan gelassen. (Ehrenberg 1854, XIX)

Und auch sein Biograph Max Laue betont dieses Festhalten:

Seit 1832 blieb Ehrenberg hartnäckig bei seinem Mikroskop von Pistor und Schieck, und wenn er auch seit 1851 ein vorzügliches Oberhäuser'sches Instrument daneben zu Rathe zog, so sind doch 44 Jahre hindurch alle seine Untersuchungen mit diesem Mikroskop gemacht. Er that dies mit gutem Grunde, obwohl er die Entwicklung der Mikroskopie mit größtem Interesse verfolgt und oft Gelegenheit genommen hatte, Gelehrte und Laien auf ihre Fortschritte aufmerksam zu machen. (Laue 1895, 215)

Trotz dieses Interesses für den Fortschritt in der Mikroskopie scheint doch eine Skepsis gegenüber komplizierten Instrumenten bestanden zu haben. So schreibt er 1847 aus London an Alexander von Humboldt: „[...] mein Rath, nicht zu große und zu komplizierte Instrumente zu verwenden, um Zeit und Kraft zu sparen, wird wohl Früchte tragen“ (zitiert nach Laue 1895, 216). Er hatte dort anlässlich des Besuchs einer Tagung in London die Gelegenheit, auf einer Ausstellung die neuesten Mikroskope miteinander vergleichen zu können.

13 François-Pierre-Amédée Argand (1750–1803) hat die Öllampen durch eine besondere Dochtform und eine erhöhte Luftzufuhr verbessert und sie damit wesentlich heller gemacht. Argands Erfindung wird auch heute noch in Petroleumlampen genutzt.

14 Grünsande sind klastische Sedimente, die einen hohen Anteil an grünen Mineralen (vor allem Glaukonit) enthalten.

15 Über den Verbleib des Mikroskops von Oberhäuser ist bisher nichts bekannt geworden.

Die Qualität des von Ehrenberg genutzten Mikroskops aus heutiger Sicht

Es stellt sich also die Frage, ob Ehrenberg für seine Untersuchungen überhaupt ein Mikroskop brauchte, das jeweils dem aktuellen Stand der Technik seiner Zeit entsprach. Eine Antwort erhält man durch eine Gegenüberstellung der Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Mikroskopen im 19. Jahrhundert mit der für die Untersuchungen Ehrenbergs notwendigen Auflösung der Mikroskope. (Abb. 10) Es ist ersichtlich, dass die Auflösung seines Mikroskops von 1832 für seine Beobachtungen völlig ausreichte.

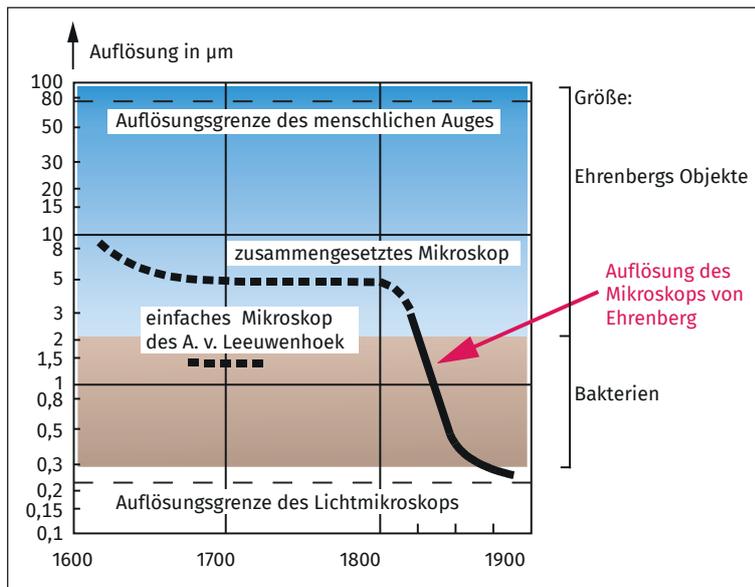


Abb. 10: Das Diagramm zeigt die Entwicklung der Auflösung von Mikroskopen bis zum Ende des 19. Jh. Eingetragen ist außerdem die Auflösung des Mikroskops von Ehrenberg und der Größenbereich der von Ehrenberg untersuchten Objekte und der von Bakterien. Es ist zu beachten, dass die Skala der Auflösung logarithmisch geteilt ist. Diagramm aus Gloede 2013, 125, ergänzt durch den Autor.

Wie gut war die Abbildungsqualität seines Mikroskops? Da uns sein Mikroskop nicht zur Verfügung steht, hilft der Vergleich mit ähnlichen Instrumenten. Die beiden Mitglieder der Mikroskopischen Gesellschaft Wien, Erich Steiner und Peter Schulz verglichen in einer Arbeit von 2006 ein Mikroskop von Plössl aus Wien (Mikroskop-Typ „Großer Rundfuß“, Plössl-Optik mit der Signatur: Plössl in Wien, Baujahr um 1863) mit einem monokularen Mikroskop von Reichert, Wien (Stativ RC und dazu passende achromatische Objektive und Okulare der Firmen Reichert bzw. Olympus; Baujahr um 1965).¹⁶ Als Vergleich nutzten sie das gleiche Stativ von Reichert mit Objektiven und Okularen moderner Erzeugung (S-Plan-Apochromate der Firma Olympus, um 1990)¹⁷ (Steiner & Schulz 2006). Die Autoren sind über die Qualität der Optiken von Plössl erstaunt und stellen zusammenfassend fest:

Besonders positiv fällt auf, dass alle Plössl-Objektive chromatisch einheitlich und erstaunlich gut korrigiert sind. Während die chromatische Aberration bei kontrastreichen Objekten in der Bildmitte bei den Achromaten von 1965 nicht mehr bemerkbar ist, sieht

16 Die Firma Reichert ist heute ein Teil von Leica Mikrosystems.

17 Als *Apochromat* (griechisch für frei von Farben, farblos) werden Objektive bezeichnet, bei denen der Farbfehler noch besser als bei Achromaten, also weitestgehend korrigiert ist. Der Begriff wurde zuerst von Ernst Abbe eingeführt. Der Zusatz „Plan“ bedeutet, dass auch die Bildfeldwölbung vollständig korrigiert ist (s. Anm. 18).

man bei Plössl zwar schmale, aber doch erkennbare blaue und gelbrote Farbränder, die nur zum Rand hin etwas stärker werden. Die Bildfeldwölbung¹⁸ ist bei Plössl-Objektiven aber deutlich stärker als bei den Achromaten von 1965. Schärfe und Kontrastleistung im Mittelfeld der Bilder kommen sehr nahe an die Achromate von 1965 heran. [...] Im vorliegenden Test wurden die von Plössl erzeugten Objektive und Okulare dem guten Ruf gerecht, den Simon Plössl als Optiker genoss. (Steiner & Schulz 2005, 54)

Da die Plössl-Mikroskope in ihrer Qualität mit denen von Pistor & Schiek vergleichbar sind, kann man feststellen, dass das von Ehrenberg genutzte Instrument für seine Anforderungen qualitativ gut geeignet und vor allem ausreichend war. An dem noch während seiner Lebenszeit begonnenen Vorstoß in eine weitere Dimension der kleinsten Lebewesen – z. B. die der Bakterien – konnte er jedoch mit seinem Mikroskop nicht teilnehmen, obwohl er sich davon viel versprach, wie er in der Einleitung seines Werkes über die „Infusionsthierchen“ von 1838 schreibt:

Man bedarf nothwendig zur Untersuchung der Infusorien einer Vergrößerung von 300–400mal im Durchmesser und verliert viel Zeit und Kraft, wenn diese unklar ist. Zum Weiterfördern der Wissenschaft kann man mit 800- bis 1000maliger noch sehr Vieles thun. (Ehrenberg 1838a, XVI)

Ehrenberg und seine mikroskopischen Präparate

Im Gegensatz zu seinem Pistor & Schiek sind seine Sammlungen (Proben, Präparate, Zeichnungen) erhalten und werden im Museum für Naturkunde Berlin aufbewahrt. Unter den Proben befinden sich von ihm selbst gesammelte Proben und solche, die er von anderen Wissenschaftlern zur Untersuchung zugesandt bekommen hat, darunter von Alexander von Humboldt und Charles Darwin (1809–1882). Die Methode zur Herstellung von Dauerpräparaten beschreibt er in seinem Werk über die „Infusionsthierchen“:

Zur längeren Verwahrung ist am besten, die Präparate auf einem geschliffenen runden Glastäfelchen zu trocknen und dieses mit einem andern ähnlichen zu bedecken, beide aber am Rande mit Wachs oder Lack zu verbinden und so in die bekannten mikroskopischen Schieberchen mit mehreren Oeffnungen zu ordnen, worin man bisher nur Ungeziefer und Haare der Neugier preis gab. (Ehrenberg 1838a, XVIII)

Und auch hier kommt wieder – wie schon bei der Empfehlung des Mikroskops – sein Sinn für preisbewusste Lösungen zum Tragen:

Für thätige Privatgelehrte und weniger bemittelte Beobachter sind 2 Glimmerblättchen den Glastäfelchen vorzuziehen, weil diese ansehnlich theurer und schwieriger zu haben sind. Auch zwischen Glimmer in wohl verwahrten Kästchen kommen keine Milben zu den Objecten, und sie erhalten sich so als grössere Sammlungen bei mir seit nun 4 Jahren. (Ehrenberg 1838a, VXIII)

Wie seine Präparate-Sammlung zeigt, hat er selbst diese preisbewusste Herstellung über Jahrzehnte verfolgt. Zur Aufbewahrung der Präparate schreibt er in der „Mikrogeologie“:

18 Unter *Bildfeldwölbung* wird eine Eigenschaft von Objektiven verstanden, die sich durch Unschärfe am Rand des Bildes bemerkbar macht; man hat den Eindruck, in eine Halbkugel zu sehen.

Im Allgemeinen besteht sie aus buchförmigen Kästchen, deren jedes 10 (je 5) wieder buchartige doppelte Pappschieber enthält. Auf der Innenseite jedes dieser aufzuschlagenden Pappschieber sind je 4, also 8 steife Pappenstreifen verschiebbar befestigt, auf deren jedem 10 runde Blättchen von Glimmer auf 2 getrennten Glimmerstreifen auch verschiebbar eingeschoben sind, so dass immer 5 Blättchen mit der Pincette im Zusammenhange weggenommen, auf ein Glastäfelchen gelegt, unter das Mikroskop gebracht und von beiden Seiten betrachtet werden können. Die Gliederung dieser Theile erlaubt eine sehr freie systematische Anordnung derselben und beliebige Veränderung. Da in jedem Buche 10 Schieber, und in jedem Schieber 80 Glimmerblättchen als gesonderte Objectträger sind, so enthält jedes gefüllte Buch 800 Objectträger. Auf jedem Objectträger sind häufig weit über 100, ja 1000 Objecte, deren besonders merkwürdige sich durch kleine Ringe in ihrer Oertlichkeit bezeichnen und so leicht wiederfinden und vergleichen lassen, wenn ihre Namen auf dem unterliegenden Papierstreifen bemerkt sind. Ich besitze jetzt 34 solcher Bücher. (Ehrenberg 1854, XII)

Abb. 11 zeigt einen Blick in sein Arbeitszimmer im Gebäude der Gesellschaft Naturforschender Freunde in der Französischen Straße in Berlin. In dem runden Ständer stehen die Präparate-Bücher; auf dem Tisch vor dem Fenster steht sein Pistor & Schiek; auf dem Regal ein Nürnberger Mikroskop. Das dritte Mikroskop – nach der Farbe zu urteilen ebenfalls aus Messing – ist nicht identifizierbar. Die stehende Aufbewahrung der Präparate in den Büchern hat sich allerdings als Langzeitlösung nicht bewährt, weil durch diese Aufbewahrung die Gefahr besteht, dass sich z. B. die Ringe von den Präparaten lösen. Seit einigen Jahren werden alle Präparate im Museum für Naturkunde liegend gelagert. (Abb. 12)



Abb. 11: Blick in das Arbeitszimmer von Ehrenberg im Gebäude der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin in der Französischen Straße 29. Seine genutzten Mikroskope als auch seine Präparate-Bücher sind zu erkennen. Aquarell von Ehrenbergs Tochter Clara Ehrenberg (1838–1915) zum 70. Geburtstag ihres Vaters 1865, Ehrenbergsammlung Museum Barockschloss Delitzsch.

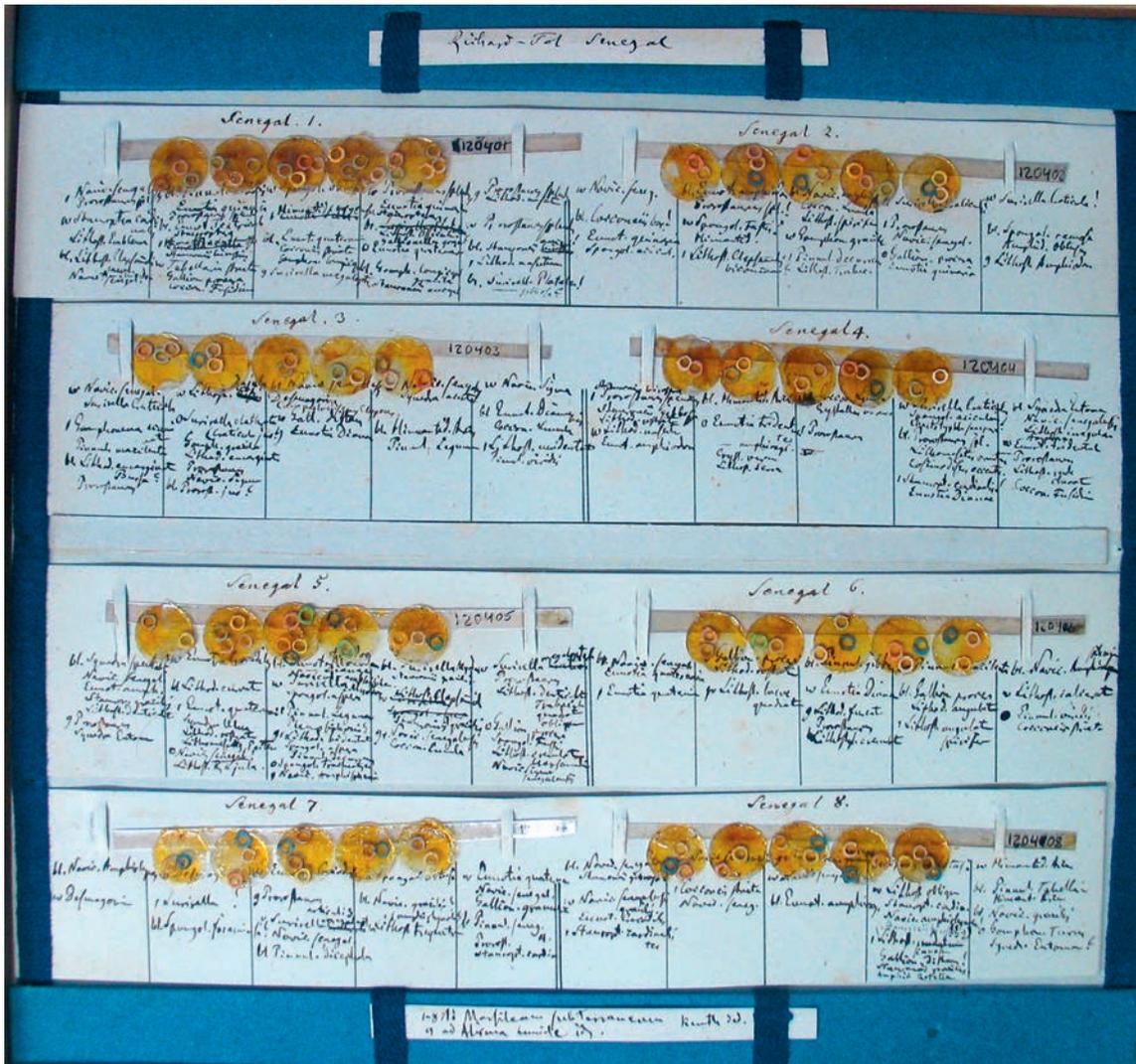


Abb. 12: Präparate von Ehrenberg auf Glimmerplättchen, Museum für Naturkunde Berlin, Sammlung Mikropaläontologie, Signatur: Ec tray 12-04B.

Ehrenberg als Zeichner

Im Gegensatz zu vielen anderen Wissenschaftlern, die bei der Herstellung der mikroskopischen Zeichnungen und der Druckvorlagen mit Zeichnern und Grafikern zusammenarbeiteten, machte Ehrenberg alles selbst. Das lag wohl daran, dass er ein hervorragender Zeichner war und – wie er schreibt – alles unter Kontrolle behalten wollte.

Alle Proben sind von mir selbst analysirt, alle Formen von mir selbst gleichartig beurtheilt und aufgezeichnet. Da sich herausstellte, dass die Correctur von Zeichnungen besonderer Zeichner zeitraubender, und dennoch unsicherer war als eigene Zeichnung, so habe ich alle Zeichnungen sofort selbst gefertigt und dadurch theils Zeit gewonnen, theils auch die Aufmerksamkeit sehr geschärft. (Ehrenberg 1854, XI)

Da das Museum für Naturkunde seine Zeichnungen besitzt, können die Originale sehr gut mit den gedruckten Tafeln verglichen werden. Als Beispiel sind hier seine Zeichnungen von dem Trompetentierchen *Stentor muelleri* EHRENB. 1831 (Abb. 13 und Abb. 14) und dessen Abbildung

auf Tafel XXIII aus den „Infusionsthierchen“ von 1838 (Abb. 15) ausgewählt. (Ehrenberg 1838b, Tafel XXIII) Die Kupferstiche zum Drucken der Tafeln hat er (natürlich) nicht selbst gestochen; für die „Infusionsthierchen“ gibt er unter anderem Wienker als Kupferstecher an. Gemeint ist Bernhard Wienker (geb. 1801), der sich in der Berliner Wissenschaftsszene einen sehr guten Namen gemacht hatte (Jahn 2012).



Abb. 13: Trompetentierchen *Stentor muelleri* EHRENB. 1832, Mikroskopische Zeichnung von Christian Gottfried Ehrenberg, datiert 18. Mai 1832, Museum für Naturkunde Berlin, Sammlung Mikropaläontologie Signatur: MB_ED_1096.

Abb. 14: Trompetentierchen *Stentor muelleri* EHRENB. 1832, Mikroskopische Zeichnung von Christian Gottfried Ehrenberg, datiert 18. Mai 1832, Rückseite des Blattes aus Abb. 13, Museum für Naturkunde Berlin, Sammlung Mikropaläontologie, Signatur: MB_ED_1096__back.



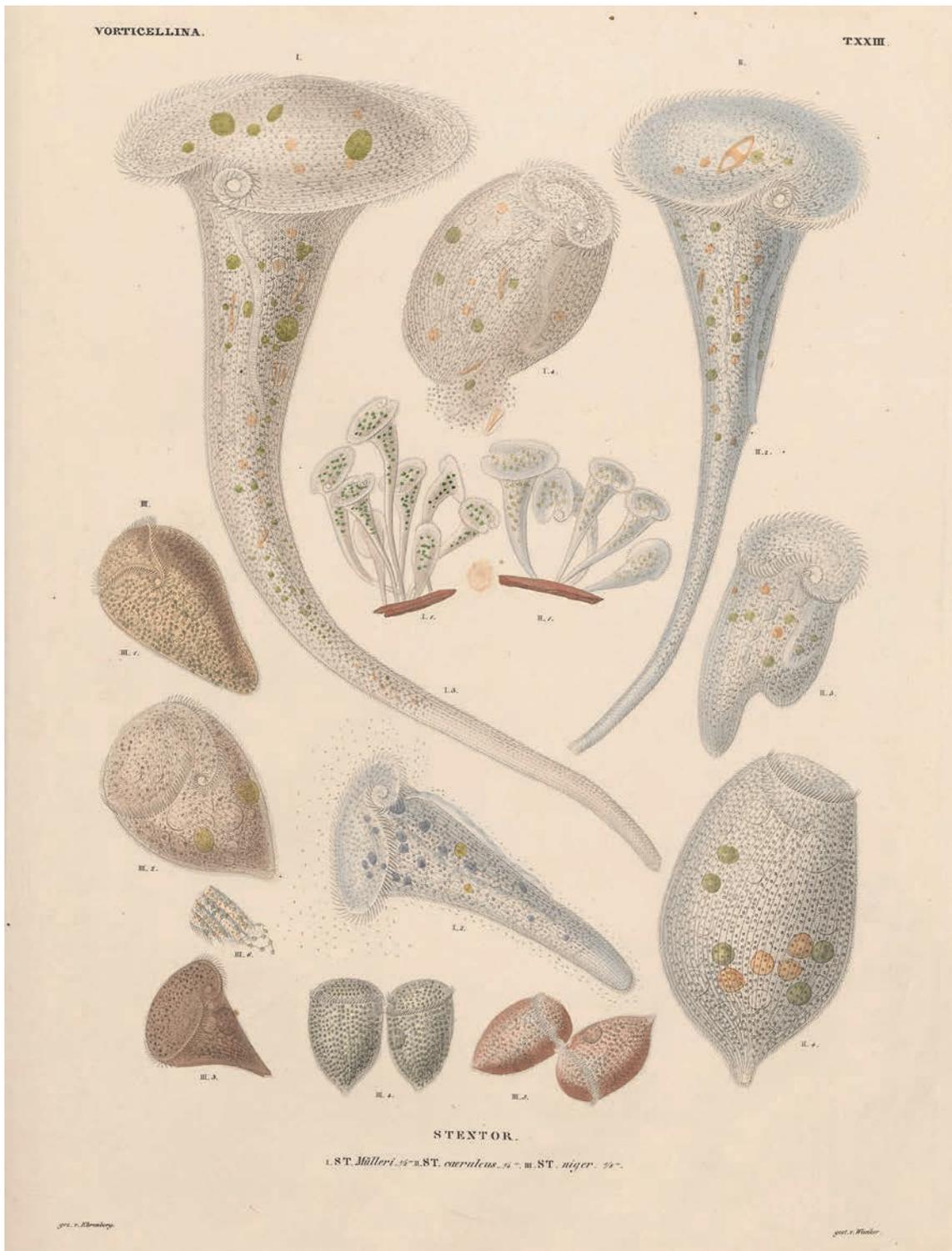


Abb. 15: Auf dieser Tafel aus den „Infusionsthierchen“ ist u. a. das Trompetentierchen *Stentor muelleri* EHRENB. 1832 abgebildet (Ehrenberg 1838a, Tafel XXIII). Die Zeichnung stammt von Ehrenberg, die Kupfertafel von Bernhard Wienker.

Zusammenfassung

In den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts begann mit der Einführung von achromatisch korrigierten Satzobjektiven eine stürmische Entwicklung der Mikroskop-Technik. Ehrenberg erwarb 1832 ein Mikroskop der Berliner Werkstatt von Pistor & Schiek, das zu den damals besten seiner Zeit gehörte. Trotz des gewaltigen Fortschritts, den die Mikroskop-Technik in den nächsten Jahrzehnten nahm, hielt Ehrenberg über 44 Jahre an seinem Pistor & Schiek fest. Obwohl die Auflösung seines Instruments schon bald nicht mehr dem Stand der Mikroskopie-Technik entsprach, genügte es vollkommen für seine Untersuchungen. Ehrenberg ließ sich den gesamten Prozess von der Herstellung der Präparate über das Mikroskopieren bis hin zur Abbildung in seinen Veröffentlichungen nicht aus der Hand nehmen.

Literatur

- Ehrenberg, Christian Gottfried (1832): *Ueber das neueste Mikroskop, von Pistor und Schieck in Berlin gefertigt im Januar 1832*. In: Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von Johann Christian Poggendorff. Bd. 24. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, S. 188–191.
- Ehrenberg, Gottfried (1838a): *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*, Textband. Leipzig: Leopold Voss.
- Ehrenberg, Gottfried (1838b): *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*, Tafelband. Leipzig: Leopold Voss.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1854): *Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbstständigen Lebens auf der Erde*, Textband. Leipzig: Leopold Voss.
- Gloede, Wolfgang (2013): *Die Entwicklungsgeschichte des Mikroskops bis um 1900*. In: Schatzkammer der Optik – Die Sammlung des Optischen Museums Jena, Hrsg. von Ernst-Abbe-Stiftung. Jena: Ernst-Abbe-Stiftung, S. 97–126.
- Hooke, Robert (1665): *Micrographia Or Some Physiological Descriptions Of Minute Bodies Made By Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries thereupon*. London: Allestry.
- Jackson, Myles W. (2009): *Fraunhofers Spektren Die Präzisionsoptik als Handwerkskunst*. Göttingen: Wallstein Verlag.
- Jahn, Ilse (2012): *Die Beziehungen Karl Ernst von Baers zu Berliner Zoologen während seines Wirkens in Königsberg (1818–1834) [mit einer Einleitung von Thomas Schmuck]*. In: HiN – Alexander von Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien, 13 (24), S. 102–107, DOI: <https://doi.org/10.18443/166>.
- Laue, Max (1895): *Christian Gottfried Ehrenberg Ein Vertreter deutsche Naturforschung im neunzehnten Jahrhundert*. Berlin: Julius Springer 1895.
- Petri, Richard Julius (1896): *Das Mikroskop*. Berlin: Richard Schoetz 1896.
- Steiner, Erich/Schulz, Peter (2006): *Plössl-Mikroskope – ein Vergleich mit modernen Geräten*. In: Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien – 107B: 39–55.