

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:

Wolf-Henning Kusber; Regine Jahn: Christian Gottfried Ehrenbergs Zeichnungen: Eine frühe wissenschaftliche Dokumentation mikroskopischer Organismen, In: Ette, Ottmar; Knobloch, Eberhard; Päßler, Ulrich (Hrsg.). HiN : Alexander von Humboldt im Netz, XXII (2021) 42, Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2021, S. 105–117.

DOI <https://doi.org/10.18443/317>

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>

Wolf-Henning Kusber, Regine Jahn

Christian Gottfried Ehrenbergs Zeichnungen: Eine frühe wissenschaftliche Dokumentation mikroskopischer Organismen

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erforschung und Beschreibung mikroskopischer Organismen durch Christian Gottfried Ehrenberg ist durch seine publizierten Texte und Kupfertafeln in den „Infusionsthierchen“, der „Mikrogeologie“ sowie aus Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften überliefert. Zentrale Bedeutung haben seine Zeichenblätter, anfangs alleinige Dokumentation, später komplementiert durch tausende mikroskopischer Dauerpräparate rezenter und fossiler Kieselschalen sowie getrockneter Einzeller. Alle Originalmaterialien Ehrenbergs stehen für die aktuelle Forschung in der Ehrenbergsammlung zur Verfügung. Seine detailgenauen Zeichnungen dienten der Erstbeschreibung einer Vielzahl neuer Arten aus allen Weltteilen. Biogeografische und ökologische Fragestellungen, Beschreibungen von Lebenszyklen sowie außerordentliche Phänomene wie die Färbung von Gewässern und Erden wurden mithilfe zeichnerischer Analysen bearbeitet.

ABSTRACT

Christian Gottfried Ehrenberg researched and described microscopic organisms and passed this knowledge on through his published texts and copper engravings in his two books “Infusionsthierchen” and “Mikrogeologie”, in addition to his many papers in the “Abhandlungen” of the “Akademie der Wissenschaften, Berlin”. Of central importance are his drawing sheets which were his sole documentation in the beginning. Later they were complemented by thousands of dried per-

manent microscopical preparations of recent and fossil diatom valves and other dried unicelled organisms. All his original materials are available in the Ehrenberg Collection for study. His detailed drawings served as the first description of a multitude of new species from around the world. Biogeographical and ecological questions, description of life cycles as well as extraordinary phenomena such as the coloring of waters and soils were treated by him through his drawings.

RESUMEN

Christian Gottfried Ehrenberg investigó y describió miles de microorganismos y transmitió este conocimiento a través de sus textos publicados y placas de cobre en sus dos libros “Infusionsthierchen” y “Mikrogeologie”, además de sus numerosos artículos en los “Abhandlungen” de la “Akademie der Wissenschaften, Berlin”. Sus dibujos son de importancia central y que fueron inicialmente su única documentación. Posteriormente se complementan con miles de preparaciones microscópicas permanentes entre otras, de frústulas de diatomeas fósiles y recientes. Su material original está disponible para la investigación en la Colección de Ehrenberg. Sus dibujos detallados sirvieron como la primera descripción de una multitud de nuevas especies de todo el mundo. Temas biogeográficos y ecológicos, la descripción de los ciclos de vida, así como fenómenos extraordinarios como la coloración de aguas y suelos, fueron tratados por él a través de sus dibujos.



Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876) hatte in Berlin über ein pilzkundliches Thema promoviert. Danach bereiste und erforschte er, gemeinsam mit Friedrich Wilhelm Hemprich (1796–1825), mehrere Jahre Nordafrika und West-Asien, zu der Zeit noch mit breitem Interesse für alle Organismengruppen. In einer zweiten, kürzeren Reise hatte Ehrenberg die Ehre, Alexander von Humboldt auf dessen Russlandreise begleiten zu dürfen. Sie sollte die Gelehrten über Petersburg und den Ural bis in das Altai-Gebirge in Zentralasien bringen.

Auf seinen Reisen beschäftigte sich Ehrenberg mit „Infusionsthierchen“. Der wissenschaftliche Ertrag aus den Reisen auf diesem Gebiet war überschaubar, da die Möglichkeiten für ausgiebige mikroskopische Untersuchungen und Dokumentationen fehlten. Dennoch scheint diese Zeit Ehrenberg geholfen zu haben, seine Passion zu finden: Die „Infusionsthierchen“ sollten Ehrenberg bis in das hohe Alter begleiten. „Infusionsthierchen“ waren eine Sammelbezeichnung für alle mikroskopisch kleinen Organismen, die aktiv beweglich waren und daher von Ehrenberg als Tiere klassifiziert wurden. Das System, das Ehrenberg publizierte, ist mit heutigen Gruppen der photosynthetisch aktiven Mikro-Algen und farblosen Protozoen nur teilweise vergleichbar und umfasste ein breites Spektrum stammesgeschichtlich unterschiedlicher Großgruppen. Den Rotatoria (Rädertierchen) stellte Ehrenberg die Polygastrica (Magenthiere) gegenüber, innerhalb letzterer die Enterodela (Darmthiere) wie Glockenthierchen von den Anentera (Darmlose) abgegrenzt wurden. Zusammen mit wenigen Bakterien, die Ehrenberg zu den Darmlosen zählte, gehörten alle einzelligen Algen und viele Protozoa zu den Anentera.

Heute den Algen zugerechnet und von der Botanik behandelt sind u.a. die Bacillariophyta (Bacillaria, Stabthierchen; aktuell Diatomeen bzw. Kieselalgen). Algengruppen, die aufgrund ihrer stammesgeschichtlichen Stellung sowohl von der Botanik als auch von der Zoologie bearbeitet werden, sind u.a. Dinophyta (Peridinaea, Kranzthierchen; aktuell Dinoflagellaten). Farblose Protozoa, die ausschließlich von der Zoologie bearbeitet werden, sind zum Beispiel Foraminifera und Ciliata. Eine Zusammenstellung der Systematik Ehrenbergs unter besonderer Berücksichtigung aller Mikroalgen findet sich in Jahn (1995).

Ehrenberg betrieb, in heutiger Begrifflichkeit, Biodiversitätsforschung im weiteren Sinne; ihn beschäftigte die Biogeografie der Arten. Neben den Forschungsreisen nach Nordafrika und West-Asien sowie nach Sibirien bis an die Chinesische Grenze war der Schwerpunkt seiner eigenen Sammeltätigkeit Berlin und Umgebung, wobei die Angabe „bei Berlin“ sich häufig auf den „Thiergarten“ bezieht, der damals vor den Toren Berlins liegend, inzwischen stark anthropogen verändert, Teil eines innerstädtischen Berliner Parks ist. Bemerkenswert ist, dass Ehrenbergs Arbeiten zu den Mikroalgen von Nord- und Südamerika (für Diatomeen siehe z. B. Sar et al. 2010; Silva et al. 2012) enormen Einfluss haben sollten, war Ehrenberg doch nie selbst in Amerika. Er bezog Proben von verschiedensten Kontaktpersonen. Besonders zu nennen ist sein Bruder Carl August Ehrenberg (1801–1849), der eine Zeit in Mexiko lebte. Darüber hinaus versuchte Ehrenberg alle möglichen weiteren Informationsquellen zu nutzen. So analysierte er immer wieder Erde, die mit getrockneten Pflanzen in das Königliche Herbarium gelangt war, unter anderem Material aus dem Kotzebue Sund, den Adalbert von Chamisso (1781–1838) auf seiner Weltumsegelung in den Jahren 1815–1818 bereist und beprobt hatte. Ehrenberg (1843) untersuchte Materialien von 45 amerikanischen Lokalitäten mit einer höheren Gesamtprobenzahl, aus der er 310 Taxa beschrieb, die neu für die Wissenschaft waren. Damit leistete er Wesentliches für die amerikanische Phykologie; zumal wir heute lernen, dass die Anzahl der Kosmopoliten diesseits und jenseits des Atlantiks geringer ist, als noch in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts vermutet.

Voraussetzung für Aussagen über die Biogeografie der Arten ist, die bekannten Arten zu identifizieren. Schnell stellte sich heraus, dass ein Großteil der Arten neu für die Wissenschaft war. Daher kann Ehrenbergs Arbeit als taxonomische Forschung bezeichnet werden, bei der abgrenzbare Arten dokumentiert und beschrieben werden. Dabei lehnte er sich an die Arbeitsweise Carl von Linnés (1707–1778) an, indem die Arten als Binomen nach Gattung und Art-epitheton wissenschaftlich benannt wurden und mit einer lateinischen (bei Ehrenberg auch häufig deutschen oder französischen) Beschreibung oder Diagnose inklusive der Größenangaben, bei Kieselalgen teilweise sogar Streifenanzahl pro Längeneinheit, Fundort und möglichst einer Abbildung publiziert wurden. Diese gute wissenschaftliche Praxis wurde zu Ehrenbergs Lebzeiten erst ansatzweise in Regelwerke überführt, die seit ihrer Einführung immer wieder für die Botanik (Turland et al. 2018) und für andere Organismengruppen überarbeitet werden.

Ehrenberg beschrieb zahllose neue Arten und zahlreiche Gattungen. Der Großteil der von ihm beschriebenen Gattungen hat sich in der Algenkunde etabliert (Diatomeen: *Actinocyclus*, *Actinoptychus*, *Anaulus*, *Asterolampra*, *Asteromphalus*, *Aulacodiscus*, *Auliscus*, *Cerataulus*, *Chaetoceros*, *Climacosphenia*, *Cocconeis*, *Coscinodiscus*, *Craspedodiscus*, *Desmogonium*, *Dictyolampra*, *Entomoneis*, *Entopyla*, *Eucampia*, *Eunotia*, *Grammatophora*, *Hyalodiscus*, *Lithodesmium*, *Pinnularia*, *Podosira*, *Rhabdosira*, *Rhaphoneis*, *Rhizonotia*, *Sceptroneis*, *Sphenosira*, *Stauroneis*, *Staurosira*, *Stephanodiscus*, *Stephanogonia*, *Stephanopyxis*, *Synedra*, *Terpsinoë*, *Triceratium*, *Xanthiopyxis*; Bodophyceae: *Bodo*; Chlorophyta: *Chlamydomonas*, *Chloraster*, *Chlorogonium*, *Eudorina*, *Polytoma*; Chrysophyceae: *Dinobryon*, *Epipyxis*, *Syncrypta*, *Synura*; Cryptophyceae: *Chilomonas*, *Cryptomonas*; Dictyochophyceae: *Mesocena*; Euglenophyta: *Colacium*, *Cryptoglena*, *Distigma*, *Euglena*, *Trachelomonas*; Desmidiales: *Arthrorhabdium*; Dinophyta: *Dinophysis*, *Peridinium*, *Prorocentrum*). Einige wurden später in Ehrenbergs Sinne validiert oder konserviert (Diatomeen: *Amphora*, *Campylodiscus*, *Diploneis*, *Gomphonema*, *Tabellaria*; Desmidiales: *Closterium*, *Euastrum*, *Hyalotheca*, *Xanthidium*; Cyanobacteria: *Trichodesmium*), andere sind noch in wissenschaftlicher Diskussion (*Amblyopsis*; Dinophyta: *Blepharocysta*, *Glenodinium*), wenige konnten sich aus Prioritätsgründen (Euglenophyta: *Chaetoglena*, *Chaetotyphla*; Chlorophyta: *Microglena*, *Phacelomonas*), aus formalen Gründen (Diatomeen: *Discoplea*; Chlorophyta: *Arthrodesmus*) oder aus Gründen einer Sanktionierung (Diatomeen: *Ceratoneis*) nicht halten.

Alle Untersuchungen Ehrenbergs hingen mit Infusionsthierchen zusammen, auch wenn er spektakuläre Themen bearbeitete wie Wasserfärbungen, roter Schnee, blutige Hostien, gefärbte Erden oder Stäube, das Leuchten der Meere (Ehrenberg 1836) oder sogenanntes Meteorpapier, das 1686 in Curland vom Himmel gefallen war und die Bevölkerung verängstigt hatte (Ehrenberg 1839). Neben diesen spektakulären Einzeluntersuchungen waren es spezielle Fragestellungen, die er konsequent über Jahre verfolgte.

Ein oft zitierter Forschungsstreit war der zwischen Ehrenberg und Felix Dujardin (1801–1860), der von Ehrenbergs Seite durchaus polemisch geführt wurde. Im Kern ging es um die Frage, ob Infusionsthierchen sackartige Einzeller sind, so Dujardin (Ilse Jahn 1985, 353), oder als vollkommene Organismen eigene Organe enthalten, wie Tiere, so Ehrenberg. Aufgrund von Ehrenbergs Arbeitsweise liegt es auf der Hand, wie er zu dieser Einschätzung kam. Er hatte höhere Tiere untersucht und sich dann sukzessive immer kleineren Organismen zugewandt. Er hatte korrekterweise gesehen, dass Kleinkrebse im Millimeter-Bereich Organe besitzen und er hatte mit kleineren Rädertierchen Wenigzeller untersucht, die ebenfalls arbeitsteilige Organe enthalten. Entwicklungspsychologisch betrachtet, assimilierte er das bei Mikroalgen und Protozoen Gesehene an seine Denkstrukturen in der Annahme, dass ein Organismus ohne arbeitsteilige Organe nicht funktioniere. Der gedankliche Ansatz ist nachzuvollziehen, nur dass Einzeller statt Organe Organellen enthalten, d. h. intrazelluläre Reaktionsräume, die physiologisch arbeits-

teilig sind. Die Vergleichung der Ehrenberg'schen Bezeichnungen mit den modernen fachspezifischen Termini wurde exemplarisch von Jahn (1995) zusammengestellt. Sehen wir von den Interpretationen Ehrenbergs, der Organellen noch nicht kannte, ab und betrachten seine Zeichnungen, so müssen wir feststellen, dass Ehrenberg häufig Zellinhalte (Zellkern, Chloroplasten, Vakuolen, Reservestoffspeicher, Pyrenoide, pigmentierte Augenflecken) so akkurat zeichnete, dass ein Teil der dokumentierten Zellorganellen noch heute identifizierbar sind.

Ehrenberg untersuchte alle geeigneten Elemente auf das Vorkommen von Infusorien hin: Wasser, Luft und Erde. Neben Meer- und Süßwasser untersuchte er bereits auf seiner ersten Reise Tautropfen, diese allerdings erfolglos (Ehrenberg 1832a, 14). Hier ging es ihm vor allem um den Beweis, dass Organismen nicht de novo entstehen, was zu dieser Zeit in Deutschland umstritten war (Ilse Jahn 1985, 353). Um den „Luftocean“ zu untersuchen, bearbeitete er Passatstaub und Blutregen. Ehrenbergs Untersuchung von Böden wurde erst in den letzten Jahren von der Bodenbiologie gewürdigt; seitdem gilt er auch als Pionier der Boden-Mikrobiologie (Blume et al. 2012). Kümmerte er sich anfangs vor allem um die lebenden Einzeller, dessen Zusammenfassung sein Buch „Die Infusionsthierchen“ ist, so hatten ab den 1840er Jahren Analysen von Sedimentgesteinen mit Mikrofossilien bzw. Kieselschalen von Diatomeen wesentlichen Anteil an Ehrenbergs Untersuchungen, weshalb er durch sein Werk „Mikrogeologie“ auch als Begründer der Mikropaläontologie (Lazarus 1998) und durch sein Gesamtwerk als einer der großen Pioniere der Diatomeenforschung gilt (Jahn 1995, 1998).

Im Folgenden soll der Schwerpunkt auf der Erfassung von Mikroalgen liegen. Ziel ist es, Ehrenbergs Arbeitsweise darzustellen und seine Forschungsergebnisse für die heutige Forschung zu würdigen.

Im Zentrum der wissenschaftlichen Dokumentation durch Ehrenberg stand die Zeichnung nach dem mikroskopischen Präparat. Aus Selbstaussagen kann sein Streben nach bestmöglicher Dokumentation verfolgt werden.

Etablierung der wissenschaftlichen Dokumentation bei C. G. Ehrenberg

Um Genauigkeit zu erreichen, hatte ich mich neben einem zusammengesetzten Microscop mit einem Glasmicrometer versehen, und habe alle beobachteten Formen sogleich unter dem Microscop gezeichnet und ihre wirkliche Grösse dabei angemerkt. Waren sie farbig, so habe ich sie sogleich in derselben Farbe colorirt. Ehrenberg (1832a, 4)

Ehrenberg beschreibt hier das Verfahren, das er bis ins hohe Alter beibehalten sollte. Mit einem Auge schaute er durch den monokularen Tubus des Mikroskops und mit dem anderen Auge blickte er auf ein Blatt Papier und zeichnete das Objekt, das er bei ca. 300-facher Vergrößerung beobachtete. Das genannte „Glasmicrometer“ im mikroskopischen Bild zeigte vermutlich eine Pariser Linie (2,256 mm), Ehrenbergs Größenangaben sind immer als Bruchteil einer Linie angegeben. Die einzige Abweichung zu seinen späteren Zeichnungen ist die Verwendung von Zetteln kleiner Formate auf seinen Reisen. „Diese ersten Beobachtungen, wovon ich nur Zeichnungen gemacht, und dabei die Maaße angegeben hatte, sind verloren gegangen, doch glaube ich, alle damals beobachteten Formen in Siwa wiedergefunden zu haben“ (Ehrenberg 1832a, 6).

Aus diesen knappen Angaben aus der Frühzeit seiner Publikationstätigkeit können wir mehrere Fakten ableiten. Ehrenberg begann mit Zeichnung und Messungen der Organismen und versuchte, identifizierte Infusionsthierchen wiederzufinden; gleichwohl wird Ehrenbergs Unsicherheit deutlich, da er nicht mit Sicherheit sagen konnte, ob die Funde echte Wiederfunde waren. Das Problem der fliegenden Zeichenblätter hatte Ehrenberg dann in Berlin dadurch gelöst, dass er eine Sammlung gleichformatiger Blätter anlegte, zunächst ein Zeichenblatt für jede Art (Abb. 1), später zusätzlich ein Zeichenblatt für jede Lokalität (Abb. 2). Eine Reihe von frühen kleinformatigen Zeichnungen hat Ehrenberg später auf größerformatige Blätter geklebt.



Abb. 1: C. G. Ehrenberg, Zeichenblatt Nr. 77 „*Amblyophis viridis*“, Bleistiftzeichnung, Wasserfarbe, Format annähernd DIN A 4, links ganzes Blatt, rechts Details vergrößert, A. Wissenschaftlicher Name, B. Funddaten, C. Größe, D. Korrektur nach Radieren, Mikropaläontologische Sammlung des Naturkundemuseums Berlin (zur Verfügung gestellt durch D. Lazarus, MfN).

Abb. 1 kann Ehrenbergs Arbeitsweise verdeutlichen, hier anhand seiner Zeichnung Nr. 77. In der Mitte links oben begann er mit den ersten Abbildungen, in Bleistift ausgeführt und zu meist mit Wasserfarbe koloriert, Zahlen und Buchstaben sind Hinweise für den Kupferstich der Infusionsthierchen. Unterhalb der zeitlich frühesten Zeichnungen steht der wissenschaftliche Name, meist darunter eine Größenangabe, hier „1/10.“, d. h. ein Zehntel einer Pariser Linie = 225,6 µm. Rechts unten ist ein Hinweis zum Funddatum: „Martio 1835 freq.“, ergänzt durch spätere Funde (Abb. 1B). Meist gibt es eine Angabe zum Fundort, der hier fehlt, da bei Berlin gesammelt wurde. Die kleinen Zellen stellten für Ehrenberg junge Lebenszyklusstadien dar, sind aber andere Arten. Die rundliche Zelle ist ein Ruhestadium von *Amblyophis viridis*, heute bekannt unter dem Namen *Euglena ehrenbergii*, das später kaum mehr abgebildet wurde (Kusber, unpubl.). Eine Besonderheit stellt der Apikalbereich der beiden bandartigen Zellen

dar (Abb. 1D). Ursprünglich waren Cilien eingezeichnet, die Ehrenberg aus dem Abgleich der gesehenen Wasserbewegung und der Analyse von Ciliaten geschlossen hatte. Später konnte er deutlich erkennen, dass es sich um ein einziges Flagellum handelte, das er Rüsselchen nannte. Dieses Detail zeigt, dass seine Zeichnungen „Work in progress“ waren. Interessanterweise sind von beiden Zellen zwei Versionen auf Kupfertafeln verewigt, als Tafel II: VIIa und b, gestochen von C. E. Weger in Ehrenberg (1832b) mit Cilien, und als Tafel VII, Fig. V, gestochen von Franz in Ehrenberg (1838) mit einer Geißel.



Abb. 2: C. G. Ehrenberg, Zeichenblatt Nr. 2230: „Unterirdisches Lager lebender Infusorien zu Berlin“, Bleistiftzeichnung, Wasserfarbe, Format annähernd DIN A 4, Mikropaläontologische Sammlung des Naturkundemuseums Berlin (zur Verfügung gestellt durch D. Lazarus, MfN).

Abb. 2 zeigt eine komplette Analyse einer Lokalität. Typisch ist die Einzeldarstellung der Arten, deren wissenschaftlicher Name häufig als Unterschrift genannt ist. Die roten Zahlen bezeichnen die Abbildungsnummern in seiner Publikation, meist der „Mikrogeologie“. Die Zahlen-Buchstabenkombinationen in Bleistift direkt über den Einzelabbildungen bezeichnen die Position auf dem entsprechenden Präparat in der Ehrenberg-Sammlung (Jahn & Kusber 2004). In der Mitte ist das Gesichtsfeld eines auf ein Glimmer-Blättchen geklebten Markierungsringes dargestellt. Das Zeichenblatt bildet überwiegend Kieselalgen ab, daneben weitere Mikroalgen und Spiculae von Schwämmen.

Wenngleich die Sammlung seiner Zeichnungen Dokument und Übersicht seiner Artenkenntnis blieb, baute Ehrenberg ab der Mitte der 1830er Jahre konsequent eine Sammlung von Mikropräparaten auf.

Durch stehende Sammlungen wird es möglich sein, Wahres allgemein zu erkennen und Falsches mit aus den Gegenständen genommenen Gründen zu tadeln. So freut es mich denn der Akademie eine Sammlung von gegen 600 mikroskopischen Objecten der zartesten und vergänglichsten Art in einem Zustande vorzulegen, wie sie zur Vergleichung und scharfen Prüfung keiner weiteren Vorbereitung bedürfen, sondern von jedermann auf das bequemste betrachtet werden können. [...] Die ganze Kunst der Zubereitung besteht darin dass man je nach dem grösseren oder geringeren eigenen Feuchtigkeitsgehalte der zarten Objecte einen angemessenen Wärmegrad zum raschen Trocknen derselben benutzt. Zuweilen ist Lampen-Wärme und Feuer nöthig [...]. (Ehrenberg 1837, 143)

Ehrenberg beschreibt hier eine Methode zur Herstellung von Dauerpräparaten, weil er, wie er vorher bemerkte, wegen seiner textlichen und bildlichen Darstellung der Forschungsbefunde öffentlich kritisiert wurde. Weiter führt er aus:

Unter den Objecten, welche ich der Akademie vorlege, befindet sich eine Sammlung von 364 Arten jener Infusorien, über welche ich bereits öfter Mittheilungen gesehen habe, deren vertrauensvolle Aufnahme von Seiten der Akademie für mich sehr aufmunternd und belohnend war, die ich mich aber allerdings freue nun auch belegen zu können. So habe ich denn einige getrocknete Infusorien zur Vergleichung mit früher von mir gelieferten Zeichnungen, welche für die Schriften der Akademie in Kupfer gestochen worden sind, zur Ansicht vorgelegt, unter denen, neben samt ihrem Rüssel wohl erhaltenen Monaden, besonders der Volvox Globator in seinem ganzen Entwicklungs-Cyclus nicht unbefriedigt lassen dürfte. (Ehrenberg 1837, 144)

Am bemerkenswertesten für die Rolle der wissenschaftlichen Zeichnung ist, dass Ehrenberg die Zeichnung als Analyse, Auswertung und Interpretation des lebenden Materials wertet. Der entscheidende Schritt, der in dieser Methoden-Arbeit dargestellt wird, ist der von der Beobachtung zufälliger Objekte hin zu einer bedarfsgerechten Herstellung von Dauerpräparaten. Von 1835 bis 1837 hatte Ehrenberg dann seine Sammlung erheblich ausgebaut, wie er in der Nachschrift zu dieser Abhandlung betont.

Seit der Vorlegung des Obigen hat sich meine Sammlung von dergleichen Objecten auf 1208 Gegenstände vermehrt. Ich besitze jetzt 456 Arten von Infusorien wohl erhalten und habe diese Präparate, von jeder Art oft 10 bis 100 Specimina in allen Entwicklungsstufen bei Vollendung des jetzt erscheinenden grösseren Infusorien-Werkes zur Vergleichung sehr nützlich gefunden, ja ich glaube dem letzteren dadurch einen besonders hohen Grad von Sicherheit und Wahrheit der Darstellung verschafft zu haben. (Ehrenberg 1837, 148)

Abb. 3. zeigt eine Zusammenstellung der Präparate und ursprünglichen Präparatekästen. In Abb. 3A sind die Schubladen zu sehen, in die die einzelnen Holzträger gesteckt und als Kasten aufgestellt wurden. In Abb. 3B sind die Präparationen für die Infusionsthierchen: fünf doppelseitige Glimmerplättchen im Holzträger (eins wurde im Bild abgeschnitten) mit weißem Material und teilweise gelben Kanadabalsam. Unten (Abb. 3C) sind die Präparationen für die Mikrogeologie: jeweils fünf offene Glimmerplättchen (a, b, c, d, e) mit Material, getrocknetem Kanadabalsam und farbigen Stickringen (w, r, g, bl, gr, v) sind auf einem Glimmerstreifen zusammengefasst und auf Pappunterlage gesteckt; auf der Pappunterlage steht das jeweilige Protokoll der Glimmerplättchen mit Angabe der Farbe der Stickringe mit der jeweiligen Art. 16 Glimmerstreifen pro Doppelseite wurden dann als Buch zusammengeklappt und mehrere Bücher in einen Kasten gestellt. Die Sammlung enthielt 53 Kästen, deren Bücher inzwischen nicht mehr geschlossen werden, sondern auf Holztablets mit Glasscheibe geöffnet bleiben.

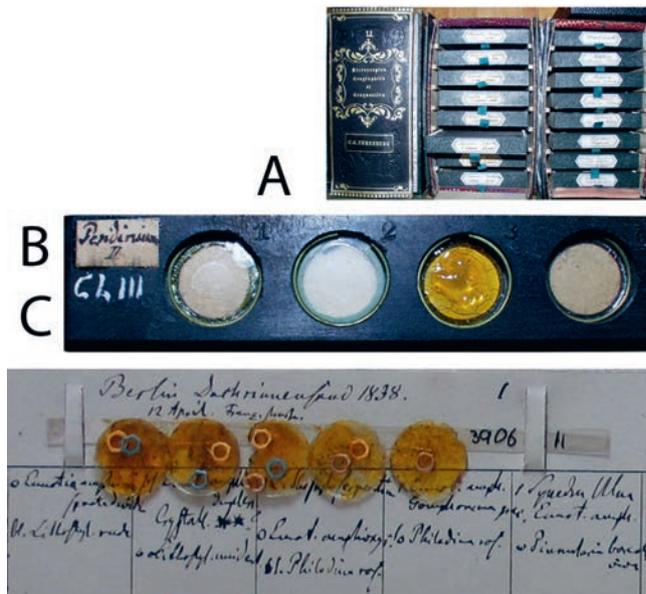


Abb. 3: Zusammenstellung von Präparatekästen und Präparaten Ehrenbergs in der Mikropaläontologischen Sammlung des Naturkundemuseums Berlin (A, B, Forschungsgruppe Diatomeen, BGBM, C, MFN).

Diese Dauerpräparate (Abb. 3B) wurden in Ehrenbergs „Infusionsthierchen“ näher beschrieben:

Zur längeren Verwahrung ist es am besten, die geschliffenen runden Glastäfelchen zu trocknen und dieses mit einem anderen 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 [...] Für thätige Privatgelehrte und weniger bemittelte Beobachter sind 2 Glimmerblättchen den Glastäfelchen vorzuziehen, weil diese ansehnlich theurer und schwieriger zu haben sind. (Ehrenberg 1838, xviii)

In der Folgezeit wurde diese Präparathinterlegung zu aufwändig und Ehrenberg fixierte jeweils fünf runde Glimmerblättchen auf einen Streifen (Abb. 3C). Die Objekte schützte er größtenteils mit Kanadabalsam. Dem Schutz der Objekte in Schieberchen oder durch Kanadabalsam steht die schlechte Untersuchbarkeit mit modernen Mikroskopen gegenüber. Über die Nutzung der Ehrenbergsammlung für die aktuelle phykologische Forschung wurden mehrere Fachpublikationen vorgelegt (Lazarus 1998; Lazarus & Jahn 1998; Jahn & Kusber 2004).

Von unschätzbarem Wert ist die Zusammenstellung der Arten, Literaturstellen, Lokalitäten, Materialien, Präparate und Zeichnungen, die Ehrenbergs Tochter Clara (1838–1916) anfertigte und die den Schlüssel für Ehrenbergs Œuvre darstellen.

Rolle der Zeichnung im Prozess der Forschungsvermittlung

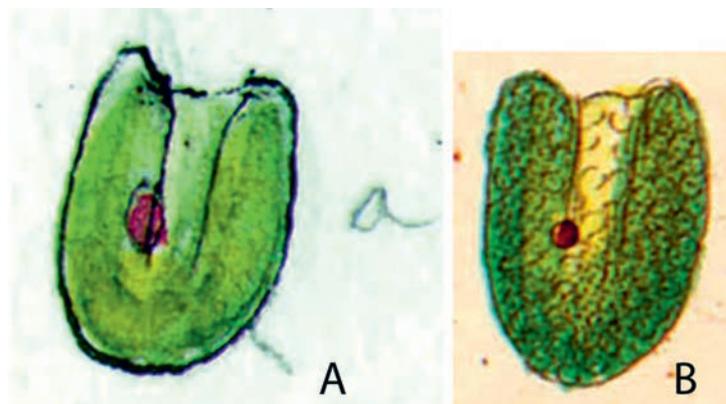
Die Zeichnung von Mikroalgen und später auch ganzen Sichtfeldern mikroskopischer Präparate dienten zunächst der Erfassung und Bewertung aller Biodiversitätsuntersuchungen für Ehrenberg selbst. Bei der Forschungsvermittlung hat er Zeichenblätter im Rahmen seiner Vorträge bei der Königlichen Akademie der Wissenschaften präsentiert.

Hr. Ehrenberg legte hierauf 274 Blätter von ihm selbstausgeführter Zeichnungen von eben so vielen Arten in dem 1838 erschienenen grösseren Infusionenwerke noch nicht abgebildeter Infusorien vor, und sprach über die auffallend rasche Entwicklung der Kenntnis. (Ehrenberg 1840, 197)

Ehrenbergs Vorträge wurden in den Monatsberichten relativ zeitnah publiziert, meist in der dritten Person geschrieben und waren grundsätzlich ohne Illustrationen. Er stellte Listen neuer Taxa oder Erstbeschreibungen von Taxa, die neu für die Wissenschaft waren, für die Monatsberichte zur Verfügung. Illustrationen waren ausgewählten Ausarbeitungen im Rahmen der Abhandlungen, zusammenfassenden Büchern wie den „Infusionsthierchen“ oder der „Mikrogeologie“ vorbehalten. Für die Vermittlung seiner Forschungsinhalte ergaben sich dabei zwei wesentliche Punkte, die die wissenschaftliche Rezeption von Ehrenbergs Arbeiten entscheidend beeinflussten. Zum einen publizierte Ehrenberg keine Zeichnungen, sondern stellte seine Zeichnungen Kupferstechern zur Verfügung. Der Prozess von Erstellung und Druck der Kupferstiche war zeitintensiv und kostspielig, deshalb wurden einige Zeichnungen, zum Teil mit Jahrzehnten Verspätung oder überhaupt nicht publiziert. Daher gab es eine Reihe von Fehlinterpretationen von Ehrenbergs Befunden durch nachfolgende Autoren.

Die Kupferstiche lehnten sich eng an Ehrenbergs Zeichnungen an, allerdings fehlte den Kupferstechern die genaue Kenntnis der Objekte sowie das Unterscheidungsvermögen zwischen Zeichenfehlern und der genauen Wiedergabe des Gesehenen. Daher ist es für die aktuelle Forschung zwingend erforderlich, die Originalzeichnungen für die Interpretation von Ehrenbergs Befunden heranzuziehen. In Abb. 4 ist die Art nach der Originalzeichnung Ehrenbergs gut zu identifizieren: die Zellform mit einer transapikalen Rinne sehr gut zu sehen sowie der Augenfleck des Flagellaten, der flach und leicht gebogen der inneren Ampulle anliegt, ist erkennbar. Im Kupferstich daneben ist die Rinne kaum erkennbar, fälschlicherweise ist die Zelle mit kugelförmigen Strukturen gefüllt, der Augenfleck scheint kugelig zu sein, was auch auf einen Flagellaten einer anderen Algengroßgruppe schließen lassen könnte.

Abb. 4: Vergleich der Originalzeichnung (links) mit der publizierten Abbildung derselben Zelle (rechts). A.: C. G. Ehrenberg, Ausschnitt aus Zeichenblatt Nr. 353: „*Cryptoglena pigra*“, Bleistiftzeichnung mit Tusche nachgezeichnet, Wasserfarbe, B.: Ausschnitt aus Tafel II, Fig. XXV in Ehrenberg (1838), Scan des Kupferstiches, Mikropaläontologische Sammlung des Naturkundemuseums Berlin (zur Verfügung gestellt durch D. Lazarus, MfN).



In der Nachfolge Ehrenbergs konnten Zeichnungen reproduziert werden, ohne dass es aufwändiger Transformierungen bedurfte. Die Zeichnung, für Ehrenberg noch die einzig mögliche Illustrationsart, wurde innerhalb eines langen Zeitraums durch die Wiedergabe von Mikrofotos ersetzt. Für die Kieselalgen wurde die Zeichnung erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts komplett durch die lichtmikroskopische Fotografie ersetzt, die mithilfe von hochlichtbrechenden Einschussmitteln von Dauerpräparaten, Objektiven mit großer Apertur und Mikroskopen mit differenziellem Phasenkontrast eine erheblich bessere Auflösung ermöglichten als mit den Methoden und Apparaten der Ehrenberg-Zeit. In einigen Gruppen zarter und hinfalliger Flagellaten wird auch gegenwärtig noch die Zeichnung als Hilfsmittel der wissenschaftlichen Dokumentation genutzt. Neben der Lichtmikroskopie, die durch physikalische Gesetze in der Auflösung feinsten Details begrenzt ist, wurde ab den 1940er Jahren zunächst die Transmissionselektronenmikroskopie, später fast ausschließlich die Rasterelektronenmikroskopie ge-

nutzt, um taxonomisch relevante morphologische Merkmale mit bis zu 200 000-facher Vergrößerung zu dokumentieren.

Mit Einführung der molekulargenetischen Methoden konnte das Spektrum taxonomisch relevanter Merkmale auf nicht-morphologische Daten erweitert werden. Für die aktuelle taxonomische Forschung bedeutet das, dass Ehrenbergs Erstbeschreibungen einerseits bindend sind, aber andererseits keine absolute Sicherheit besteht, welches Taxon Ehrenberg tatsächlich gemeint hat, wenn inzwischen mithilfe modernerer Untersuchungsmethoden ähnliche Arten beschrieben wurden, deren charakteristische Merkmale in Ehrenbergs Zeichnungen und Präparaten nicht zu sehen sind. In den einfachsten Fällen sind die Zeichnungen Ehrenbergs so prägnant, dass die Identität des Taxons erkennbar ist, in weiteren Fällen sind immer die Zeichnungen und publizierte wie auch unpublizierte Metadaten maßgeblich für weitere Untersuchungen. Auch hier gilt, dass mitunter Mikrofotos von Ehrenbergs Mica-Präparaten ausreichend sind, um einen Typus auszuwählen (Elbrächter et al. 2018; Hamilton & Jahn 2005; Jahn et al. 2004, 2009, 2014, 2017; Jahn & Kusber 2004, 2005).

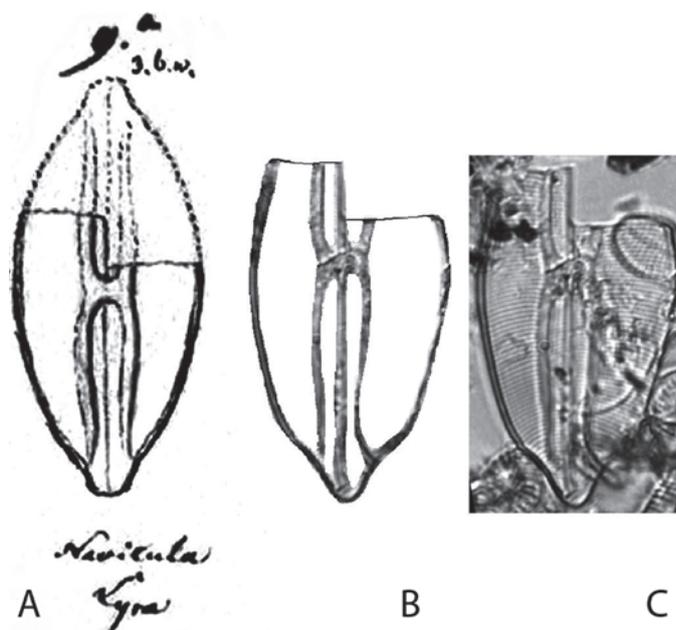


Abb. 5: A.: C. G. Ehrenberg, Zeichnung, Bleistift und Tusche „*Navicula lyra*“ Mikropaläontologische Sammlung des Naturkundemuseums Berlin (zur Verfügung gestellt durch D. Lazarus, MfN). B., C.: Präparat des gezeichneten Kieselalgenbruchstücks (B.: Bildbearbeitung zur Anschauung der von Ehrenberg gesehenen Strukturen, C.: Foto des Präparates mit einem modernen Lichtmikroskop, beide Forschungsgruppe Diatomeen, BGBM, verändert nach Jahn & Kusber 2009).

Abb. 5 zeigt ein Beispiel bei dem eine Zeichnung und ein lichtmikroskopisches Mikrofoto des von Ehrenberg gezeichneten Schalenbruchstücks gegenübergestellt werden. Die von Ehrenberg dargestellte *Navicula lyra*, die tatsächlich an eine Lyra erinnert, war so charakteristisch, dass dieser Befund 1978 zur Begründung einer neuen Gattung genutzt wurde: *Lyrella* Karajeva hat den Typus *Lyrella lyra* (Ehrenb.) Karajeva (Basionym *Navicula lyra* Ehrenb.). Die Pointe ist jedoch, dass Forschende aufgrund der fehlenden Streifung eine Streifendichte in den Umriss hineininterpretierten, der abweichend von der durch Jahn et al. (2004) dokumentierten Streifung in Ehrenbergs Präparat ist.

In vielen Fällen ist unpräpariertes Material vorhanden, das für licht- und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen verwendet werden kann (Jahn et al. 2014). Wenn die genannten Methoden nicht zielführend sind, kann von einem modernen Standort (Jahn et al. 2008), möglichst dicht am Locus typicus eine Mikroalge, die der Zeichnung Ehrenbergs entspricht, in Kultur gebracht und analysiert werden (Abarca et al. 2020; Jahn et al. 2009; Kretschmann et al. 2015, 2018). Ein interpretativer Typus kann dann mit dem Originalmaterial Ehrenbergs

verknüpft werden, um dessen Taxon auch in Zukunft in der wissenschaftlichen Grundlagenforschung und im Umweltmonitoring nutzen zu können.

Danksagung: Wir danken Dr. David Lazarus für die Bereitstellung der Sammlungsobjekte der Ehrenbergsammlung und Dr. Nélide Abarca für die spanische Zusammenfassung.

Literatur

- Abarca, Nélide, Zimmermann, Jonas, Kusber, Wolf-Henning et al. (2020): Defining the core group of the genus *Gomphonema* Ehrenberg with molecular and morphological Methods. *Botany Letters*. 167, S. 114–159.
- Blume, Hans-Peter, Bölter Manfred, Kusber, Wolf-Henning (2012): Christian G. Ehrenberg and the birth of soil microbiology in the middle of the 19th century. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 175, S. 53–59.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1832a): Die geographische Verbreitung der Infusionsthierchen in Nord-Afrika und West-Asien, beobachtet von Hemprich und Ehrenbergs Reisen. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Physikalische Klasse)*. 1929, S. [1]–20.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1832b): Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthier nebst ferneren Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Physikalische Klasse)*. 1831, S. [1]–154, Tafel I–IV.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1836): Das Leuchten des Meeres. Neue Beobachtungen nebst Übersicht der Hauptmomente der geschichtlichen Entwicklung dieses merkwürdigen Phänomens. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Abhandlungen der physikalisch-mathematischen Klasse)*. 1834, S. [411]–575, Tafel I–VI.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1837): Mittheilung einer sehr einfachen Methode zum Festhalten, Vergleichen und Aufbewahren der feinsten und vergänglichsten mikroskopischen Objecte. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Physikalische Klasse)*. 1835, S. [141]–149.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1838): Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. Nebst einem Atlas von vierundsechzig colorirten Kupfer-tafeln, gezeichnet vom Verfasser. Leipzig: Verlag von Leopold Voss. S. [I]–XXII, 1–548.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1839): Über das im Jahre 1686 in Curland vom Himmel gefallene Meteor-papier und über dessen Zusammensetzung aus Converen und Infusorien. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Physikalische Abhandlungen)*. 1838, S. 45–58, Taf. 1–2.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1840): Hr. Ehrenberg legte hierauf 274 Blätter von ihm selbstausgeführter Zeichnungen von eben so vielen Arten in dem 1838 erschienenen grösseren Infusionrienwerke noch nicht abgebildeter Infusorien vor. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*. 1840, S. 197–219.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1843): Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nordamerika. *Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Physikalische Abhandlungen)*. 1841, 1. Teil, S. [291–446], Tafel I–IV.
- Ehrenberg, Christian Gottfried (1854): Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbstständigen Lebens auf der Erde. Leipzig: Verlag von Leopold Voss. S. [I]–XXVIII, [1]–88.

- Elbrächter, Malte, Hoppenrath, Mona, Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning (2018): Stability of the generic names *Alexandrium* Halim and *Gessnerium* Halim at risk because of *Peridinium splendor-maris* Ehrenberg, the first documented bloom of *Alexandrium* (Dinophyceae). *Notulae Algarum*. 60, S. 1–6.
- Hamilton, Paul B., Jahn, Regine (2005): Typification of *Navicula affine* Ehrenberg: Type for the name of the genus *Neidium* Pfitzer. *Diatom Research*. 20, S. 281–294.
- Jahn, Ilse (1985): Die Herausbildung zoologischer Disziplinen. In: Ilse Jahn, Rolf Löther & Konrad Senglaub (Hg.) *Geschichte der Biologie*. 2. Aufl. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, S. 324–394.
- Jahn, Regine (1995): C. G. Ehrenberg's concept of the diatoms. *Archiv für Protistenkunde*. 146, S. 109–116.
- Jahn, Regine (1998): C. G. Ehrenberg: The man and his botanical science. In: David M. Williams & Robert Huxley (Eds.). *Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876): The man and his legacy*. – Special Publication of the Linnean Society. London: Academic Press, S. 14–29.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning (2004): Algae of the Ehrenberg collection 1. Typification of 32 names of diatom taxa described by C. G. Ehrenberg. *Willdenowia*. 34, S. 577–595.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning (2005): Reinstatement of the genus *Ceratoneis* Ehrenberg and lectotypification of its type specimen: *C. closterium* Ehrenberg. *Diatom Research*. 20, S. 295–304.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning (2009): Imaging diatoms – why, when, and how. *Diatomededelingen*. 33, S. 62–65.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning, Cocquyt, Christine (2017): Differentiating *Iconella* from *Surirella* (Bacillariophyceae): Typifying four Ehrenberg names and a preliminary checklist of the African taxa. *Phytokeys*. 82, S. 73–112.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning, Lange-Bertalot, Horst (2014): Typification and taxonomy of *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow (Bacillariophyta): type of the genus name *Hantzschia* Grunow. *Nova Hedwigia, Beiheft*. 143, S. 103–110.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning, Medlin, Linda K. et al. (2004): Taxonomic, molecular and ecological information on diatoms: The information system AlgaTerra. In: Poulin, M. (Ed.): Seventeenth International Diatom Symposium 2002. Bristol: Biopress, S. 121–128.
- Jahn, Regine, Kusber, Wolf-Henning, Romero, Oscar E. (2009): *Cocconeis pediculus* Ehrenberg and *C. placentula* Ehrenberg: Typification and taxonomy. *Fottea* 9, S. 275–288.
- Jahn, Regine, Mann, David G., Evans, Katharine M., Poulíčková, Aloise (2008): The identity of *Sellaphora bacillum* (Ehrenberg) D. G. Mann. *Fottea*. 8, 2, S. 121–124.
- Kretschmann, Juliane, Elbrächter, Malte, Zinssmeister, Carmen et al. (2015): Taxonomic clarification of the dinophyte *Peridinium acuminatum* Ehrenb., = *Scrippsiella acuminata*, comb. nov. (Thoracosphaeraeaceae, Peridinales). *Phytotaxa*. 220, S. 239–256.
- Kretschmann, Juliane, Žerdoner Čalasan, Anže, Kusber, Wolf-Henning, Gottschling Marc (2018): Still curling after all these years: *Glenodinium apiculatum* Ehrenb. (Peridinales, Dinophyceae) repeatedly found at its type locality in Berlin (Germany). *Systematics and Biodiversity*. 16, S. 200–209.
- Lazarus, David (1998). The Ehrenberg Collection and its curation. In: David M. Williams & Robert Huxley (Eds.). *Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876): The man and his legacy*. – Special Publication of the Linnean Society. London: Academic Press, S. 31–48.
- Lazarus, David, Jahn, Regine (1998): Using the Ehrenberg Collection. *Diatom Research*. 13, S. 273–291.
- Sar, Eugenia A., Sunesen, Inés, Jahn, Regine (2010): *Coscinodiscus perforatus* revisited and compared to *Coscinodiscus radiatus* (Bacillariophyceae). *Phycologia*. 49, S. 514–524.

Silva Weliton José da, Jahn, Regine, Menezes, Mariângela (2012): Diatoms from Brazil: the taxa recorded by Christian Gottfried Ehrenberg. *PhytoKeys*. 18, S. 19–37.

Turland, Nicholas J., Wiersema, John H., Barrie, Fred R. et al. (Eds.) (2018): International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Glashütten: Koeltz Botanical Books.