Rivularia haematites (Cyanobacteria, Nostocales, Rivulariaceae), ein Stromatolithen bildendes Cyanobakterium aus Schiefling am See in Kärnten

Von Roland K. EBERWEIN, Georg GÄRTNER & Armin PLESCHBERGER

Zusammenfassung

Der Entwicklungsgeschichtliche Ursprung der Cyanobakterien markiert die Anfänge der Besiedelung der Erde mit Lebewesen, die Sauerstoff zum Leben benötigen. Sie spielen bis heute eine bedeutende Rolle in sämtlichen Biotopen. Dennoch gibt es keine Erforschung der Cyanobakterien-Flora in Kärnten. Der aktuelle Beleg von *Rivularia haematites*-Kolonien zeigt auch die Dringlichkeit weiterer Naturschutzaktivitäten, da der Fundort nur wenige Monate nach der Aufsammlung zerstört wurde.

Schlüsselwörter

Rivularia haematites, Cyanobakterium, Stromatolithen

Keywords

Rivularia haematites, cyanobacterium, stromatolites

Abstract

The evolutionary origin of cyanobacteria marks the beginnings of the colonization of the earth with organisms that need oxygen to live. They still play an important role in all biotopes today. Nevertheless, there has been no research of the cyanobacterial flora of Carinthia. The current evidence of *Rivularia haematites* colonies also shows the urgency of further nature conservation activities, as the site was destroyed only a few months after sampling.

Einleitung

Cyanobakterien besiedeln die Erde wahrscheinlich schon seit 3600 Mio. Jahren (z. B. Muñoz-Martín et al. 2020; Fournier et al. 2021). Ihre Fähigkeit, Photosynthese zu betreiben und dabei Sauerstoff zu produzieren, führte nicht nur zur Anreicherung dieses Elements, sondern auch zu Oxidationsprozessen, z. B. von Eisen. Sie sind Hauptverursacher des Great Oxygenation Event (GOE) vor 2400 Mio. Jahren, bei dem es zu einem bedeutenden Anstieg von O_2 in der Atmosphäre kam (Fournier et al. 2021), was unser heutiges Leben erst ermöglichte. Durch Ausfällung von Mineralien sowie durch Oxidationsprozesse bildeten sich Sedimente, die z. B. als Bändereisenerze (Hämatit) oder Fossilien (Stromatolithen) umfangreiche Lagerstätten bildeten. Diese Prozesse finden bis heute statt. So können rezente Bildungen von Stromatolithen sowohl im Meer (z. B. Shark Bay, Australien), als auch im Süßwasser (z. B. *Rivularia haematites*) beobachtet werden. Moderne Methoden erlauben genauere Altersdatierungen. So lässt sich der Ursprung der Gattung *Rivularia* in einem aktuellen Chronogramm der Cyanobakterien auf ein Alter von 1400 Mio. Jahren errechnen (Fournier et al. 2021). Fossil ist die Gattung aus dem Ordovizium (485,4–443,4 Mio. Jahre) belegt (Liu et al. 2016).

Trotz dieser prominenten Vorgeschichte gibt es keine Daten über rezente Vorkommen der Gattung *Rivularia* in Kärnten. Weder finden sich

Daten in internationalen Datenbanken (z. B. Global Biodiversity Information Facility GBIF, https://www.gbif.org/species/3219563), noch gibt es einen Beleg im Kärntner Landesherbar [KL]. Da *Rivularia haematites* in kalkhaltigen Quellen, also auch an Moorrändern im leicht strömenden, sauberen Wasser wächst und diese Biotope Schutzgütern zugerechnet werden, soll die Art kurz vorgestellt werden.

Material und Methode

Die Klassifikation der Cyanobakterien erfolgte bis vor wenigen Jahrzehnten nach morphologischen, anatomischen und physiologischen Kriterien. Neuere genetische Methoden ergeben abweichende Ergebnisse und eine viel feinere Gliederungsmöglichkeit. Die Zusammenführung der Daten ist komplex und vielfach lassen sich mithilfe molekularer Sequenzdaten Arten trennen, die mit nichtmolekularen Methoden nicht unterscheidbar sind. Wir übernehmen daher den Ansatz von Komárek et al. (2014), Komárek (2020) und Strunecký (2023), die sowohl genetische wie auch anatomisch-morphologische Daten einbeziehen und auf eine rein molekularbasierte Artunterscheidung nach Möglichkeit verzichten. Die Bestimmung erfolgte nach Komárek (2013).

Rivularia haematites wurde von A. Pleschberger am 6. August 2024 in einem flachen, kalkhaltigen Wasserlauf am Rand des Ramsarmoores, Techelweg bei Unterzauchen, Gemeinde Schiefling am See in Kärnten, Österreich (E 14° 06‘ 44,7“ N 46° 35‘ 44,7“) gefunden, in Folge aufgesammelt und im Kärntner Landesherbar [KL BK-067642] hinterlegt. Proben wurden vom Fundort entnommen, indem Steine mit aufsitzenden Bakterienkolonien in einen Behälter mit Wasser überführt wurden. Die Proben wurden feucht und trocken fotografiert, mittels Rasierklinge auseinandergebrochen und mikroskopiert. Zur Aufnahme der mikroskopischen Bilder diente eine Systemkamera Fuji X-H2, die mittels Adapter auf ein Durchlichtmikroskop Olympus BX 51 montiert wurde. Mit der selben Kamera, ausgestattet mit dem Makroobjektiv Fuji XF 80mm bzw. dem Mikroskopobjektiv Mitutoyo M Plan Apo 10x sowie dem motorischen Einstellschlitten Castel-Mikro von Novoflex wurden Bildserien hergestellt und die entstandenen Stacks von 80 bis 200 Bildern mit der Software Helicon Focus Pro zu Einzelbildern mit erhöhter Schärfentiefe verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Rivularia haematites wächst auf Steinen in leicht strömendem, oligotrophem, kalkhaltigem Wasser. Sie bildet Kolonien (Abb. 1), wobei die transparenten bis grünlich-braunen Zellreihen innerhalb einer Kolonie radial angeordnet sind. Dabei ist jede Reihe (Trichom) ganz oder teilweise von einer gallertartigen Schicht umgeben. Jedes Trichom hat apikal einen hyalinen, sich verjüngenden Teil, der manchmal peitschenförmig ausläuft und aus einer Reihe von schmalen Zellen besteht (Abb. 2). Echte Verzweigungen treten nicht auf. Die Trichome besitzen basale Heterocysten zur Fixierung von Stickstoff (Komárek 2013). Die Wände der Heterocysten sind verdickt und sehr stabil. Sie können fossil nachgewiesen und als Bioindikator zur Interpretation prähistorischer Feuchtgebiete sowie zu deren Nutzung herangezogen werden (Clò & Florenzano 2022).



Abb. 1: Lebende Kolonien von *Rivularia haematites*. Foto: R.K. Eberwein.

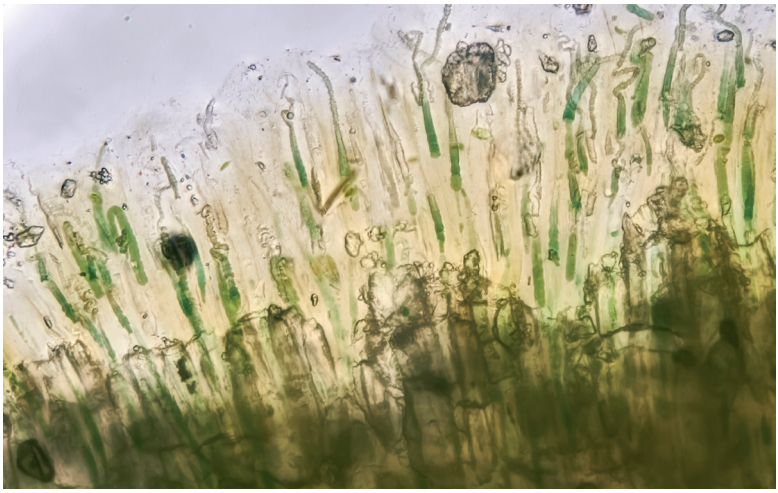


Abb. 2: Mikroskopisches Präparat eines Längsschnittes einer *Rivularia haematites*-Kolonie. Die Trichome sind basal dicker und laufen an der Spitze haarförmig aus. Dazwischen befinden sich große Mengen von Kalk-Röhren. Heterocysten sind vereinzelt zu sehen. Foto: R.K. Eberwein.

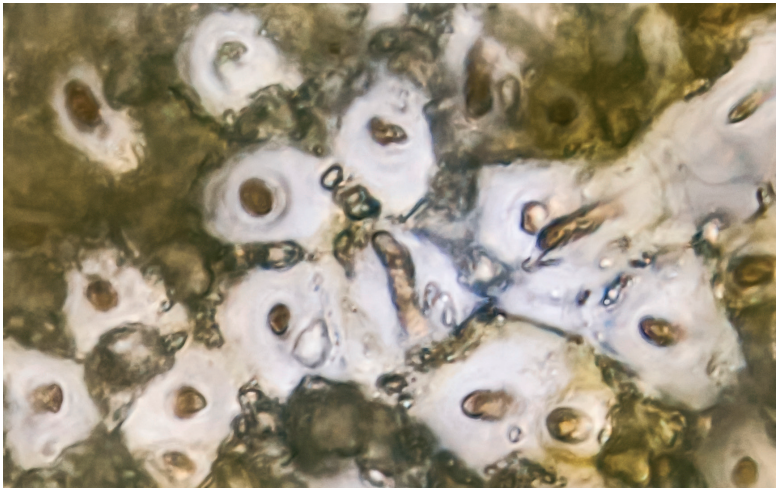


Abb. 3: Querschnitt einer *Rivularia haematites*-Kolonie mit runden Kalk-Röhren, in denen die Bakterienfäden wachsen. Foto: R.K. Eberwein.



Abb. 4: Längsschnitt durch ein trockenes Präparat einer mehrere Jahre alten Kolonie von *Rivularia haematites*. Die Zonierung ist deutlich zu sehen. Foto: R.K. Eberwein.

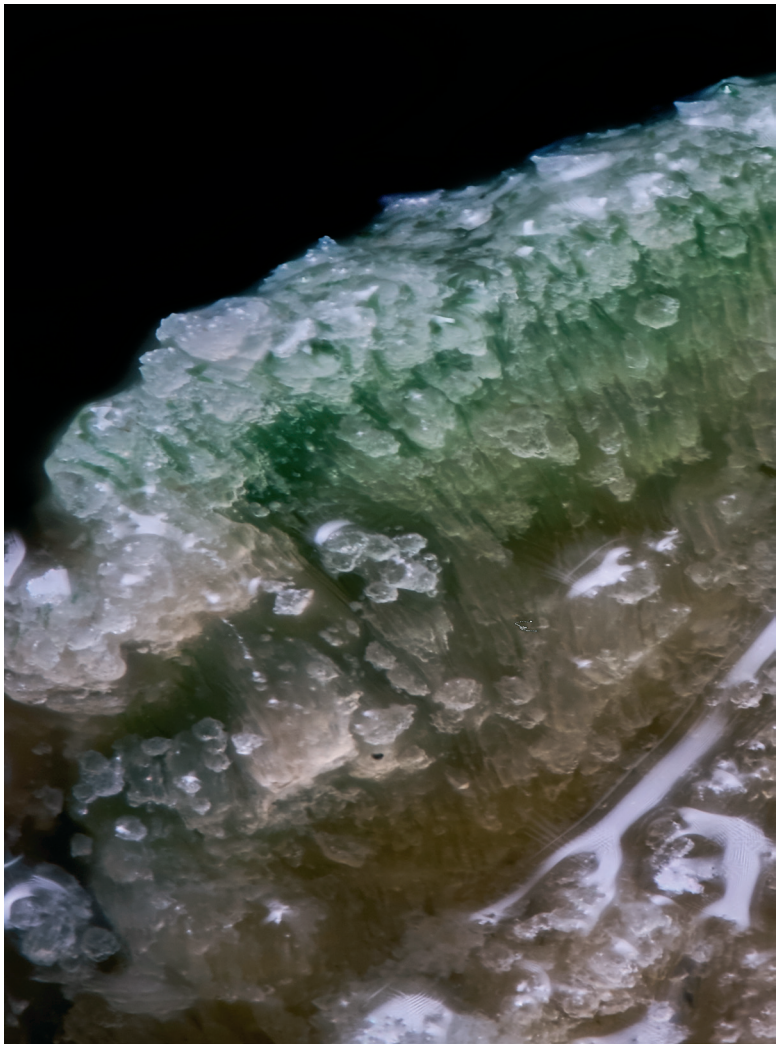


Abb. 5: Längsschnitt durch eine lebende Kolonie von *Rivularia haematites* mit deutlich sichtbarer Zone, in der Photosynthese stattfindet (grün). Foto: R.K. Eberwein.

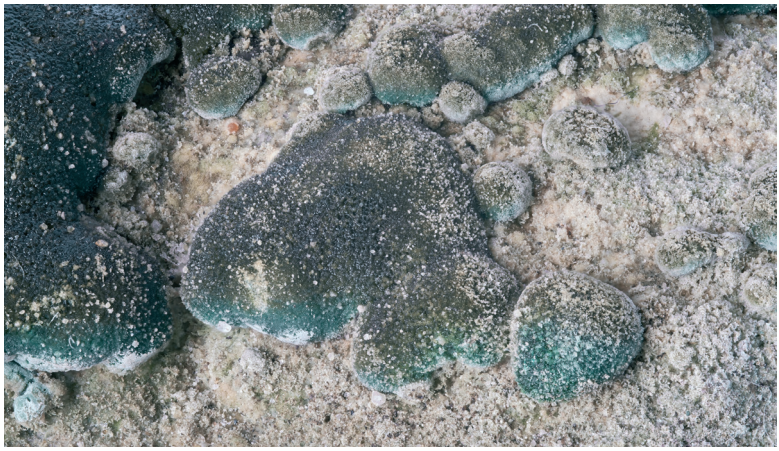


Abb. 6: Ausgetrocknete Kolonien von *Rivularia haematites* mit deutlicher hellblauer Färbung. Foto: R.K. Eberwein.

Um die Trichome wird in großer Menge Kalk ausgefällt. Die Calcifikationsmuster sind typisch, bei *Rivularia haematites* sind die Röhren innen rund (Obenlüneschloss & Schneider 1991) (Abb. 3).

Kolonien leben mehr als 10 Jahre und erreichen makroskopische Größen und Durchmesser von bis zu ca. 5 oder mehr Zentimetern. Sie bestehen dann aus mehreren millimeterdicken Schichten (Zonierung), die verkalkt sind (Abb. 4), und bilden dadurch rezente Stromatolithen. Diese Kolonien enthalten nur 2,5 % *Rivularia*-Zellen, der Rest sind Kalk, Ablagerungen und Hohlräume. Das Maximum der Photosyntheseleistung findet 1,4–3 mm unterhalb der Oberfläche der Kolonie statt (Pentecost & Franke 2010) (Abb. 5). Trocknen die Kolonien aus, können sie eine hellblaue Farbe annehmen (Abb. 6).

Der Fundort des Belegs liegt am Rand eines Schutzgebiets in einem flachen Wasserlauf neben einem Weg. Aufgrund von Wegebau-Maßnahmen wurde der Wasserlauf 2025 so beeinträchtigt, dass der Fundort fast völlig zerstört wurde. Bei einer Nachsuche konnten nur mehr einzelne, kleine Kolonien aufgefunden werden. Eine weitere Erforschung der Cyanobakterien-Flora Kärntens sowie der Schutz ihrer vulnerablen Lebensräume sind daher dringliche Anliegen.

LITERATUR

Clò E. & Florenzano A. (2022): Heterocysts of *Rivularia* Type for Interpreting a Palaeoenvironmental Context of the Late Quaternary in Northern Italy. – Sustainability, 14: 15332. doi.org/10.3390/su142215332

Liu L., Wu Y., Hongxia J. & Riding R. (2016): Calcified rivulariaceans from the Ordovician of the Tarim Basin, Northwest China, Phanerozoic lagoonal examples, and possible controlling factors. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 448: 371–381. doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.08.034

Fournier G. P., Moore K. R., Rangel L. T., Payette J. G., Momper L. & Bosak T. (2021): The Archean origin of oxygenic photosynthesis and extant cyanobacterial lineages. – Proceedings of the Royal Society B, 288: 20210675. doi.org/10.1098/rspb.2021.0675

Komárek J. (2013): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: Heterocystous Genera (Nostocales, Stigonematales). Vol. 19/3. – Heidelberg: Springer Spektrum. pp. [i]–xviii, [1]–1130.

Komárek J. (2020): quo vadis,taxonomy of cyanobacteria (2019): – Fottea, 20(1): 104–110. doi.org/10.5507/fot.2019.020

Komárek J., Kaštovský J., Mareš J. & Johansen J. R. (2014): Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. – Preslia, 86: 295–335.

Muñoz-Martín M. Á., Berrendero Gómez E., Perona E. & Mateo P. (2020): Analysis of molecular diversity within single cyanobacterial colonies from environmental samples. – Scientific Reports, 10(1): 18453. doi: 10.1038/s41598-020-75303-2

Obenlüneschloss J. & Schneider J. (1991): Ecology and calcification patterns of *Rivularia* (Cyanobacteria). – Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement, 92: 489–502.

Pentecost A. & Franke U. (2010): Photosynthesis and calcification of the stromatolitic freshwater cyanobacterium *Rivularia*. – European Journal of Phycology, 45(4): 345–353. doi.org/10.1080/09670262.2010.492914

Strunecký O., Ivanova A. P. & Mareš J. (2023): An updated classification of cyanobacterial orders and families based on phylogenomic and polyphasic analysis. – Journal of Phycology, 59(1): 12–51. doi: 10.1111/jpy.13304

Anschriften der Autoren

Mag. Dr. Roland K. Eberwein, Kärntner Botanikzentrum, kärnten.museum, Prof.-Dr.-Kahler-Platz 1, 9020 Klagenfurt am Wörthersee
E-Mail: roland.eberwein@landesmuseum.ktn.gv.at.

tit. Univ.-Prof. DDr. Georg Gärtner, Botanisches Institut, Universität Innsbruck, Sternwartestrasse 15, 6020 Innsbruck
E-Mail: georg.gaertner@uibk.ac.at

Armin Pleschberger, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Museumgasse 2, 9020 Klagenfurt am Wörthersee

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 2025

Band/Volume: 215_135_2

Autor(en)/Author(s): Eberwein Roland Karl, Gärtner Georg, Pleschberger Armin

Artikel/Article: Rivularia haematites (Cyanobacteria, Nostocales, Rivulariaceae), ein Stromatolithen bildendes Cyanobakterium aus Schiefling am See in Kärnten 451-456