

Martina Preiner

Ursprung und Lösung all unseren Streites

Heiße Quellen am Meeresboden oder warme kleine Tümpel an Land? Stoffwechsel oder Information? RNA oder Proteine? Die Frage nach dem Ursprung des Lebens ist eine der zentralsten Fragen der Menschheit, aber auch Ursprung von jahrzehnte- bis jahrhundertlang ausgetragener Streitigkeiten zwischen Philosoph*innen und Forschenden. Das fängt bei der Definition des Lebens an und erstreckt sich über mögliche Ursprungsorte zu den Fragen darüber, welche wichtigen Lebensbestandteile zuerst da waren. Ein gewisser Grad der Uneinigkeit gehört zur Wissenschaft dazu, aber der Ursprung des Lebens scheint ein besonders Streitbares Thema zu sein. Das mag nicht zuletzt daran liegen, dass es nahezu unmöglich ist, einen ultimativen Beweis dafür zu erbringen, wie genau Leben auf der Erde entstanden ist. Dazu fehlt uns als Menschheit zum einen die Zeitmaschine und zum anderen die Lebensspanne, um ein präbiotisches System tausende von Jahren zu beobachten. Aber die unmöglich erscheinenden Aufgaben sind für Wissenschaftler*innen natürlich auch die spannendsten.

Bei ein paar Dingen herrscht auch bisher weitestgehend Einigkeit, so ist der älteste, nicht umstrittene Beweis (in Form von Stromatoliten) für erstes Leben 3,4 Milliarden Jahre alt. Wieviel älter das Leben wirklich ist, ist wiederum umstritten, da es sehr schwierig ist, mutmaßliche Mikrofossilien von rein geochemischen Spuren zu unterscheiden [1]. Des Weiteren kann man sich größtenteils darauf einigen, dass das Leben die Folge einer Serie einfacher, abiotischer Prozesse war, die mit Hilfe einer oder mehrerer Energiequellen und Materie (hauptsächlich die Elemente des Lebens: C, H, N, O, P und S) Stoffwechsel, Vererbung und Kompartimentierung formen konnten [2]. Klingt etwas vage und umständlich? Die unterschiedlichen Hypothesen zum Ursprung des Lebens machen das um einiges nahbarer. Auch mir fällt es leichter, mir die Entstehung des Lebens vorzustellen, wenn ich statt mit einer „Energiequelle“ mit Wasserstoff arbeite, wenn ich mir statt „abiotischer Prozesse“ die CO₂-Fixierung mithilfe mineralischer Katalysatoren ansehe, wenn ich heiße ozeanische Erdkruste vor Augen habe, statt ein abstrahiertes geologisches System. Natürlich haben viele Forschende ganz andere Dinge vor Augen: Tümpel, UV-Licht, Lipide... Oder sie arbeiten doch lieber mit abstrakten Vorgaben. Unterm Strich lässt sich sagen, dass jede Hypothese gute Erklärungen und Lösungen für

eine oder mehrere der großen Fragen (Energie, Materie, Kompartimentierung, Vererbung, Stoffwechsel) hat, aber dafür bei den anderen Schwächen zeigt. Man darf deswegen trotzdem die eigene Hypothese am besten finden, aber sollte sich idealerweise nicht darin verlieren.

Wenn man anfängt, den Ursprung des Lebens zu erforschen, hat das ein bisschen etwas von Klubmitgliedschaft. Nur, dass man statt einem Trikot eine Hypothese für den Lebensursprung wählt – idealerweise eine Hypothese, die man selbst für am plausibelsten hält. Man kann natürlich jederzeit freiwillig das Team wechseln, aber ähnlich wie Fans eines Sportteams, bleiben Forschende häufig loyal gegenüber der ersten Hypothese, die sie überzeugt hat, auch entgegen jeglicher Widerstände. Diese Loyalität hatte und hat gute Seiten. Der Fokus auf einen begrenzten Teil dieses sehr großen Problems hilft natürlich, die Synthese zentraler Biomoleküle [3, 4], die Physiologie erster Zellen [5], den Aufbau von metabolischen Netzwerken [6] oder die Rolle geochemischer Systeme [7, 8] besser zu verstehen (um nur eine Handvoll Beispiele zu nennen). Allerdings blockierte die Uneinigkeit unter den verschiedenen Herangehensweisen und Interpretationen auch den Dialog zwischen Forschenden, die eigentlich derselben Frage nachgehen, aber offensichtlich andere Antworten suchen. Das vielleicht eindrücklichste Beispiel ist hierfür die Debatte *RNA-Welt* gegen *metabolism-first*, also die Frage danach, ob ein Protostoffwechsel die Vererbung hervorgebracht hat, oder eine Protovererbung den Stoffwechsel [9, 10]. Anfangs war die Auseinandersetzung über die jeweiligen Rollen von Genetik und Stoffwechsel beim Ursprung des Lebens sicherlich eine wichtige für das Forschungsfeld, aber im Laufe der Zeit wurden beide Ansätze als derart gegensätzlich zueinander wahrgenommen [11, 12], dass eine Spaltung der Lager bis heute zu spüren ist – auch wenn viele (vielleicht sogar die meisten) Forscher*innen beipflichten würden, dass das eine ohne das andere nicht zu erklären ist [2]. Koordination und Kooperation unter Molekülen nimmt generell eine immer wichtigere Rolle ein [13].

Neben unterschiedlichen Hypothesen, gibt es auch unterschiedliche Herangehensweisen, sich dem Ursprung des Lebens zu nähern. Die klassische Ursprung-des-Lebens-Forschung, die im 20. Jahrhundert mit der Ursuppen-Theorie [14, 15] ihren Lauf nahm, ist strikter *bottom-up* Natur, die Bausteine des Lebens werden im Chemielabor synthetisiert. Die Chemie als Disziplin hatte tatsächlich die längste Zeit alleine das Feld vorangetrieben, von der Formosereaktion (Kondensation von Formaldehyd zu Zuckern) über die Miller-Urey Experimente (Synthese einfacher organischer Molekülen wie Aminosäuren aus einfacheren Komponenten per elektrischer Entladung) bis hin zu Lipiden (Membranen), Nukleinbasen, Polymerisierung von sämtlichen Biomonomeren und letztlich auch synthetischen Protozellen [15–19].

Dr. Martina Preiner
Department for Ocean Systems
Royal Institute for Sea Research (NIOZ)
PO Box 59, 1790 AB Den Burg
& Department of Earth Sciences
Utrecht University
Budapestlaan 4, 3584CD Utrecht, Niederlande
martina.preiner@nioz.nl
DOI-Nr.: 10.26125/d7hh-1p89

Wo die einen sich von unten nach oben arbeiten, um so nahe wie möglich an das uns bekannte Leben heranzukommen, versuchen es andere von oben nach unten (*top-down*). Die Disziplin, die sich mit dem uns bekannten Leben ausführlich beschäftigt, die Biologie, hatte jedoch über Jahrzehnte verhältnismäßig wenig mit der Erkundung des Ursprungs ihres Forschungsobjektes zu tun. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Biologie wirklich alle Hände voll zu tun hatte, das Leben an sich zu verstehen. Allein unter den Mikroben gibt es um die eine Billion unterschiedlicher Arten, es gibt mehr Bakterien auf unserem Planeten als Sterne im Universum und jede dieser Zellen trägt 2 bis 4 Millionen exprimierte Proteine in sich [2, 20]. Erst als die Genom-Ära anbrach, also ganze Datenbanken genetischer Sequenzen angelegt werden konnten, bekam die Biologie die erste richtige Möglichkeit, eine Zeitreise durch den Stammbaum der Arten anzutreten und frühe Evolution nachzuvollziehen. Auf diesem Wege wurden Zellkern-lose Einzeller (Prokaryoten) zu den ältesten Lebensformen auf der Erde erkoren und stellen bis heute das nächste zum Ursprung des Lebens dar, was das Leben auf der Erde zu bieten hat [21]. Innerhalb der Prokaryoten lassen sich dann die am meisten konservierten Gene bestimmen, die dann letztlich ein physiologisches Bild vom letzten gemeinsamen Vorfahren (last universal common ancestor, LUCA) zeichnen. LUCA ist das theoretische Konstrukt einer Zelle, von der Archaeen und Bakterien abstammen, von welchen dann die Zellen mit Zellkern hervorgingen und so letztendlich Mehrzeller wie wir Menschen [22]. Selbstverständlich herrscht auch hier keine finale Einigkeit, dafür ist die genetische Rekonstruktion solcher Zellen viel zu komplex. Aber diese *top-down* Ansätze seitens der Biologie haben uns näher an den Übergang von Nichtleben zu Leben gebracht, obwohl die Lücke zwischen beidem noch sehr groß ist. Diese Lücke zu schließen (oder, realistischer gesagt: so klein wie möglich zu machen), also *bottom-up* und *top-down* Ansätze zu verbinden, ist eine große Herausforderung, die auf die Hilfe anderer wissenschaftlichen Disziplinen (Physik, Geologie, Philosophie...) und ein gewisses Maß an Aufgeschlossenheit für ungeliebte Ansätze angewiesen ist [2].

Aufgeschlossen sein heißt nicht, dass man nicht mehr an eigenen Lieblingshypothesen festhalten kann. Wir wissen dank spannender Forschungsansätze, dass viele in der Biologie zentralen Moleküle im Reagenzglas, auf Meteoriten und in geochemischen Systemen auf der Erde hergestellt werden können. Was sagt das über das Leben aus, außer, dass es Moleküle verwendet, die sich auch ohne Leben bilden können? Woraus hätte es sich sonst entwickeln sollen? Die Frage ist doch: Wie kam es dazu, dass sich aus solchen Molekülen metabolische Netzwerke entwickeln konnten? Hier finden ich und natürlich auch andere Forschende, dass es sehr viel Sinn ergibt, sich auf das einzige Leben zu fokussieren, das wir kennen – das hier auf der Erde. Dieses Leben ist aus Nicht-Leben entstanden und vielleicht trägt es bis heute eine Erinnerung seines Ursprungs mit sich herum, eine Art geochemisches Fossil [23], das sich in der Biochemie wiederfindet, zumindest in der von Prokaryoten. Deswegen suche ich sowohl nach direkten Parallelen zwischen geochemischen und biochemischen Prozessen, zum Beispiel in der CO₂-Fixierung [8], oder nach möglichen direkten Berührungspunkten von Mineralien und Biomolekülen [24]. Es gibt allerdings genügend Ursprungsforschende, die dieser Herangehensweise nichts

abgewinnen können. Sie sind der Meinung, dass präbiotische Chemie völlig andere Wege als Biologie heute gehen konnte [25] und sich erst ab einer gewissen molekularen Komplexität dann jene Biosynthesewege manifestierten, die wir heute kennen, mehr oder weniger unabhängig von der geochemischen Umgebung. Egal, wie logisch oder unlogisch man das ein oder andere oder beides finden mag – ein wirkliches Richtig oder Falsch gibt es in der Ursprung-des-Lebens-Forschung nicht. Trotz aller Fortschritte wissen wir zu wenig darüber, was zwischen dem Ende der *bottom-up* und dem Ende der *top-down* Ansätze passiert ist. Es wäre zu einfach zu sagen, dass die Wahrheit wahrscheinlich irgendwo zwischen zwei scheinbar gegensätzlichen Hypothesen liegt, aber man kann durchaus voneinander lernen. Das kann bei Analytik und Labortechniken anfangen und bis zu echten Symbiosen unterschiedlicher Ansätze oder Hypothesen führen.

Man könnte denken, dass die geologische Wiege des Lebens noch am ehesten konsensfähig ist. Primär, weil der geologische Konsens ist, dass wir nicht viel Zuverlässiges über den Zustand der Erde von vor 3.5 bis 4 Milliarden Jahren wissen. Es gibt unzählige Modelle und auch einige alte Gesteinsfunde [26, 27], aber ähnlich wie der Rest der wissenschaftlichen Disziplinen stochert die Geologie meist eher im Ungewissen, wenn es um den Ursprung des Lebens geht. Auch wegen der unentschiedenen geologischen Lage der frühen Erde gibt es eine Vielzahl an Hypothesen, die sich um bestimmte geologische Formationen herum entwickelt haben, die wir heutzutage von der Erde kennen (manche Ansätze kommen auch ohne zugehörige Umgebung aus). Von Vulkanen bis Sedimenten ist alles vertreten, mitunter am bekanntesten sind wohl die heißen Tiefseequellen (Hydrothermalquellen) und die warmen Tümpel (warm little ponds), die schon Charles Darwin beschrieb [28, 29]. Traditionell werden solche potentiellen Ursprungsorte mit einer andere Hypothese verbunden, so finden sich bei den warmen Tümpeln eher *RNA-Welt* Anhänger ein, bei Hydrothermalquellen eher Forschende, die bei ihrer Hypothese Nähe zum Stoffwechsel einfacher Prokaryoten suchen. Meine persönliche Vorliebe sollte hiermit klar sein, daraus möchte ich auch keinen Hehl machen, im Gegenteil. Einer der vielen Gründe, der meiner Meinung nach für eine bestimmte Art von Hydrothermalquellen spricht, ist die Energiequelle, Wasserstoff (H₂). Der wird in so genannten serpentinisierenden Systemen durchgehend hergestellt, er ist das Produkt aus der Reaktion von Wasser mit Eisen(II)-haltigem Gestein [30]. H₂ kann sowohl als Elektronenlieferant für CO₂ fixierende Prokaryoten als auch für die abiotische CO₂-Fixierung mit der Hilfe von mineralischen Katalysatoren genutzt werden und in gemeinsamer Arbeit mit Kolleg*innen konnte ich zeigen, dass der biotische und abiotische Weg sich sehr ähnlich sehen [8]. Darüber hinaus sind solche hydrothermalen Systeme porös und weisen dadurch Kompartimentierung auf und bieten auch pH und Temperaturgradienten, die eine chemische Diversität ermöglichen können. Das klingt erst einmal alles sehr plausibel. Prinzipiell versucht nahezu jede potentielle Ursprungsstätten-Hypothese Energiequelle, CHNOPS-Quellen, Katalysatoren und eine Art Kompartimentierung in sich zu vereinen, jede kämpft mit Problemen. Ein Hauptkritikpunkt von Gegnern der Hydrothermalquellentheorie ist, dass ein Gebilde, das unter Wasser ist, ständig mit Hydrolyse zu kämpfen hat, also dem Prozess, der Polymerisation zu komplexeren Molekülen entgegenwirkt.

Bei vielen Hypothesen entsteht der Eindruck, dass Stätten basierend auf Synthesewegen aufgebaut werden, die im Labor besonders hohe Ausbeuten an Biomolekülen erzeugt haben. Das kann man so machen, aber es macht auch Sinn, geologische und geochemische Umgebungen zum Stresstest der eigenen Hypothese zu nutzen. Also zum Beispiel zu fragen: Funktionieren die Reaktionen auch, wenn die Konditionen anders sind? Was können wir von anderen potentiellen Umgebungen lernen, was für konkrete Vorteile haben sie, was für Nachteile haben unsere? Was ist das Zentralste an der eigenen Stätte? In meinem konkreten Fall hieß das erst einmal, die Hydrolyse-Probleme anzugehen, mit dem Ergebnis, dass Hydrolyse innerhalb der ozeanischen Erdkruste kein ausuferndes Problem darstellen muss [31]. Aber ich lernte auch, dass ich mit Tiefseequellen nicht verheiratet bin. Zentral ist für mich neben dem Zugang zu mineralischen Katalysatoren die Energiezufuhr über Wasserstoff. Der zugehörige Prozess (Serpentinisierung) findet an vielen Stellen der Erdkruste statt und kann dort auch organische Kohlenstoffverbindungen erzeugen [7, 32]. Letztlich ist es wichtig, sich seiner eigenen Voreingenommenheit (*bias*) bewusst zu sein und sie regelmäßig zu hinterfragen [33].

Lösungen zum Ursprung des Lebens können Forschende sich auf Grund der vielen Unbekannten letztlich nur asymptotisch nähern. Das sollte aber keinesfalls als entmutigend wahrgenommen werden, im Gegenteil. Manche Erkenntnisse, die durch diese Forschungsgemeinde erlangt werden, sind bahnbrechend – und das obwohl sie keine ultimative Lösung zur eigentlichen Fragestellung bieten können. Die Frage nach dem Ursprung des Lebens auf der Erde und darüber hinaus inspiriert sowohl zu Tiefseeexkursionen als auch Weltraummissionen. Und auch zu mehr Zusammenarbeit: die Kommunikation zwischen den einzelnen Disziplinen ist besser als je zuvor (Tendenz hoffentlich steigend) und alte Dogmen nehmen zusehends ab. Nicht schlecht für ein Forschungsfeld mit nahezu unlösbarer Aufgabenstellung.

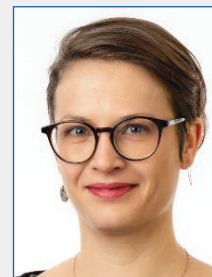
Viele der in diesem Artikel aufgeführten Gedanken sind das Resultat einer Diskussion mit anderen Nachwuchswissenschaftlern, die auch in einer gemeinsamen Publikation aus dem Jahre 2020 wiederzufinden sind [2].

Referenzen

- [1] Javaux, E.J. Challenges in Evidencing the Earliest Traces of Life. *Nature* 2019, 572, 451–460, doi:10.1038/s41586-019-1436-4.
- [2] Preiner, M.; Asche, S.; Becker, S.; Betts, H.C.; Boniface, A.; Camprubi, E.; Chandru, K.; Erastova, V.; Garg, S.G.; Khawaja, N.; et al. The Future of Origin of Life Research: Bridging Decades-Old Divisions. *Life* 2020, 10, 20, doi:10.3390/life10030020.
- [3] Becker, S.; Feldmann, J.; Wiedemann, S.; Okamura, H.; Schneider, C.; Iwan, K.; Crisp, A.; Rossa, M.; Amatov, T.; Carell, T. Unified Prebiotically Plausible Synthesis of Pyrimidine and Purine RNA Ribonucleotides. *Science* 2019, 366, 76–82, doi:10.1126/science.aax2747.
- [4] Haas, M.; Lamour, S.; Christ, S.B.; Trapp, O. Mineral-Mediated Carbohydrate Synthesis by Mechanical Forces in a Primordial Geochemical Setting. *Commun. Chem.* 2020, 3, 1–6, doi:10.1038/s42004-020-00387-w.
- [5] Weiss, M.C.; Preiner, M.; Xavier, J.C.; Zimorski, V.; Martin, F. The Last Universal Common Ancestor between Ancient Earth Chemistry and the Onset of Genetics. *PLoS Genet.* 2018, 14, e1007518, doi:10.1371/journal.pgen.1007518.
- [6] Xavier, J.C.; Hordijk, W.; Kauffman, S.; Steel, M.; Martin, W.F. Autocatalytic Chemical Networks at the Origin of Metabolism. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 2020, 287, 20192377, doi:10.1098/rspb.2019.2377.
- [7] Sforna, M.C.; Brunelli, D.; Pisapia, C.; Pasini, V.; Malferrari, D.; Ménez, B. Abiotic Formation of Condensed Carbonaceous Matter in the Hydrating Oceanic Crust. *Nat. Commun.* 2018, 9, 5049, doi:10.1038/s41467-018-07385-6.
- [8] Preiner, M.; Igarashi, K.; Muchowska, K.; Yu, M.; Varma, S.J.; Kleinermanns, K.; Nobu, M.K.; Kamagata, Y.; Tüysüz, H.; Moran, J.; et al. A Hydrogen-Dependent Geochemical Analogue of Primordial Carbon and Energy Metabolism. *Nat. Ecol. Evol.* 2020, 4, 534–542, doi:10.1038/s41559-020-1125-6.
- [9] Gilbert, W. The RNA World. *Nature* 1986, 319, 618, doi:10.1038/319618a0.
- [10] Shapiro, R. A Replicator Was Not Involved in the Origin of Life. *IUBMB Life* 2000, 49, 173–176, doi:10.1080/713803621.
- [11] Kamminga, H. Historical Perspective: The Problem of the Origin of Life in the Context of Developments in Biology. *Orig. Life Evol. Biosph.* 1988, 18, 1–11.
- [12] Orgel, L.E. The Implausibility of Metabolic Cycles on the Prebiotic Earth. *PLoS Biol.* 2008, 6, e18-9, doi:10.1371/journal.pbio.0060018.
- [13] Champagne-Ruel, A.; Charbonneau, P. A Mutation Threshold for Cooperative Takeover. *Life* 2022, 12, 254, doi:10.3390/life12020254.
- [14] Oparin, A. *The Origin of Life*; Dover Publications, Inc.: New York, 1938; ISBN 0-486-60213-3.
- [15] Miller, S.L. A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions. *Science* 1953, 117, 528–529.
- [16] Butlerow, A. Bildung Einer Zuckerartigen Substanz Durch Synthese. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1861, 120, 295–298.
- [17] Hargreaves, W.R.; Mulvihill, S.J.; Deamer, D.W. Synthesis of Phospholipids and Membranes in Prebiotic Conditions. *Nature* 1977, 266, 78–80.
- [18] Ruiz-Mirazo, K.; Briones, C.; De La Escosura, A. Prebiotic Systems Chemistry: New Perspectives for the Origins of Life. *Chem. Rev.* 2014, 114, 285–366, doi:10.1021/cr2004844.
- [19] Bonfio, C.; Godino, E.; Corsini, M.; Fabrizi de Biani, F.; Guella, G.; Mansy, S.S. Prebiotic Iron–Sulfur Peptide Catalysts Generate a pH Gradient across Model Membranes of Late Protocells. *Nat. Catal.* 2018, 1, 616–623, doi:10.1038/s41929-018-0116-3.
- [20] Locey, K.J.; Lennon, J.T. Scaling Laws Predict Global Microbial Diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2016, 113, 5970–5975, doi:10.1073/pnas.1521291113.
- [21] Cleland, C.E. Pluralism or Unity in Biology: Could Microbes Hold the Secret to Life? *Biol. Philos.* 2013, 28, 189–204, doi:10.1007/s10539-013-9361-7.
- [22] Weiss, M.C.; Sousa, F.L.; Mrnjavac, N.; Neukirchen, S.; Roettger, M.; Nelson-Sathi, S.; Martin, W.F. The Physiology and Habitat of the Last Universal Common Ancestor. *Nat. Microbiol.* 2016, 1, 16116, doi:10.1038/nmicrobiol.2016.116.
- [23] Crabtree, R.H. Where Smokers Rule. *Science* 1997, 276, 222, doi:10.1126/science.276.5310.222.

- [24] Henriques Pereira, D.P.; Leethaus, J.; Beyazay, T.; do Nascimento Vieira, A.; Kleinermanns, K.; Tüysüz, H.; Martin, W.F.; Preiner, M. Role of Geochemical Protoenzymes (Geozymes) in Primordial Metabolism: Specific Abiotic Hydride Transfer by Metals to the Biological Redox Cofactor NAD⁺. *FEBS J.* 2022, 16329, doi:10.1111/febs.16329.
- [25] Jia, T.Z.; Chandru, K.; Hongo, Y.; Afrin, R.; Usui, T.; Myojo, K.; Cleaves II, H.J. Membraneless Polyester Microdroplets as Primordial Compartments at the Origins of Life. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2019, 116, 15830–15835, doi:10.1073/pnas.1902336116.
- [26] Zahnle, K.J.; Arndt, N.; Cockell, C.; Halliday, A.; Nisbet, E.; Selsis, F.; Sleep, N.H. Emergence of a Habitable Planet. *Space Sci. Rev.* 2007, 129, 35–78.
- [27] Chowdhury, W.; Trail, D.; Guitreau, M.; Bell, E.A.; Buettner, J.; Mojzsis, S.J. Geochemical and Textural Investigations of the Eoarchean Ukaliq Supracrustals, Northern Québec (Canada). *Lithos* 2020, 372–373, 105673, doi:10.1016/j.lithos.2020.105673.
- [28] Martin, W.F.; Russell, M.J. On the Origin of Biochemistry at an Alkaline Hydrothermal Vent. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2007, 362, 1887–1925, doi:10.1098/rstb.2006.1881.
- [29] Pearce, B.K.D.; Pudritz, R.E.; Semenov, D.A.; Henning, T.K. Origin of the RNA World: The Fate of Nucleobases in Warm Little Ponds. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2017, 114, 11327–11332, doi:10.1073/pnas.1710339114.
- [30] McCollom, T.M.; Seewald, J.S. Serpentinites, Hydrogen, and Life. *Elements* 2013, 9, 129–134, doi:10.2113/gselements.9.2.129.
- [31] do Nascimento Vieira, A.; Kleinermanns, K.; Martin, W.F.; Preiner, M. The Ambivalent Role of Water at the Origins of Life. *FEBS Lett.* 2020, 594, 2727–2733, doi:10.1002/1873-3468.13815.
- [32] Nan, J.; King, H.E.; Delen, G.; Meirer, F.; Weckhuysen, B.M.; Guo, Z.; Peng, X.; Plümper, O. The Nanogeochemistry of Abiotic Carbonaceous Matter in Serpentinites from the Yap Trench, Western Pacific Ocean. *Geology* 2020, 49, 1–5, doi:10.1130/G48153.1/5177788/g48153.pdf.
- [33] Richert, C. Prebiotic Chemistry and Human Intervention. *Nat. Commun.* 2018, 9, 9–11, doi:10.1038/s41467-018-07219-5.

Dr. Martina Preiner



Martina Preiner studierte von 2004 bis 2010 Biochemie und Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität, wo sie auch ihre Masterarbeit in physikalischer Chemie schrieb. Danach entschloss sie sich zu einer Laufbahn als Wissenschaftsjournalistin und arbeitete 6 Jahre lang für deutsche Medien wie den Deutschlandfunk, den WDR und Spektrum der Wissenschaft. 2016 schrieb sie einen Artikel zum Ursprung des Lebens und es war um sie geschehen, sie ging zurück in die Wissenschaft. Seither beschäftigt sie sich mit Parallelen zwischen Bio- und Geochemie, zunächst für ihre Doktorarbeit an der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf mit Fokus auf CO₂-Fixierung mit Mineralien statt Enzymen, jetzt am Royal Netherlands Institute for Sea Research und der Universität Utrecht in den Niederlanden mit Fokus auf CO₂-Fixierung mit Nanopartikeln in geologischen Systemen. Zudem untersucht sie, unter welchen geochemischen Bedingungen zentrale Biomoleküle ihre Arbeit verrichten können. 2020 gründete sie zusammen mit Kolleg*innen ein internationales Netzwerk für Nachwuchsforschende, die zum Ursprung des Lebens oder in ähnlichen Bereichen forschen (OoLEN: Origin of Life Early career Network). Ziel dieser inzwischen über 140 Personen starken Vereinigung ist es, Kollaborationen, Austausch und Aufgeschlossenheit zwischen verschiedenen Disziplinen und Ansätzen zu fördern.