

Das Geheimnis um die erste Zelle

Ulrich C. Schreiber

# Das Geheimnis um die erste Zelle

Dem Ursprung des Lebens auf  
der Spur

 Springer

Ulrich C. Schreiber  
Fakultät für Biologie  
Universität Duisburg-Essen  
Essen, Nordrhein-Westfalen  
Deutschland

Ergänzendes Material zu diesem Buch finden Sie auf <https://www.springer.com/de/book/9783662591826>

ISBN 978-3-662-59182-6      ISBN 978-3-662-59183-3 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-59183-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019  
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Sarah Koch  
Einbandabbildung: Deblik, Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature  
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

*Leben ist ein (Kolk-)Strudel im Strom der Entropie*  
Ulrich C. Schreiber, 11.02.2019

*Für Karin, Hanna und Sebastian*

# Vorwort

Es ist ein Wagnis, ein Projekt über die Entstehung des Lebens zu starten. Schnell werden auf der Suche nach Zugängen und Lösungen Grenzen sichtbar, die unüberwindbar scheinen. Es sind vor allem die des eigenen Wissens. Die Entstehung des Lebens ist kein Forschungsobjekt, das sich in seiner Fülle nur der Biologie, Chemie oder der Biochemie zuordnen lässt. Die Summe aller Fragen, die sich bei der Suche nach Antworten stellen, berührt eine Vielzahl von wissenschaftlichen Disziplinen und hierbei, wie sich schnell herausstellte, besonders die der physikalischen Chemie und der Geologie. Vielleicht ist dies auch der Grund, aus dem die Antworten der Wissenschaft bislang so wenig überzeugend waren. Es fehlte häufig die breit aufgestellte Forschergruppe, die für die Bearbeitung aller Aspekte unbedingt erforderlich ist. All dies wurde schnell deutlich, nachdem im Jahr 2003/2004 die Idee geboren war, einen eigenen und gänzlich neuen Forschungsansatz für die Entstehung

organischer Moleküle in den Bruchzonen der kontinentalen Kruste und letztlich des Lebens zu verfolgen. Es war Oliver Locker-Grütjen, der Leiter des Science Support Centers der Universität Duisburg-Essen, den ich als Ersten mit dieser Überlegung vertraut machte. Wir stimmten schnell überein, dass Spezialisten aus allen Naturwissenschaften nötig waren, um überhaupt eine Chance auf neue Erkenntnisse oder Antworten zu dieser Frage zu erhalten. Im Alleingang war ein solches Unterfangen undenkbar. Oliver Locker-Grütjen kannte viele Kollegen aus verschiedenen Fachbereichen und konnte einschätzen, wer möglicherweise bereit war, sich unkonventionell mit dieser Thematik zu befassen. Nach kurzer Zeit fanden sich mehr als zehn Professoren zusammen, die so viel Interesse an der Frage nach der Entstehung des Lebens hatten, dass sie in Abständen von mehreren Monaten trotz zeitlicher Vollausslastung bereit waren, abends an privat organisierten Treffen teilzunehmen: Die Essener Arbeitsgruppe „Origin of Life“ war geboren.

Seitdem ist viel passiert. Das vorliegende Buch gibt einen Stand der Forschung wieder und – so viel sei vorweggenommen – zeigt anhand eines hypothetischen Modells einen gänzlich neuen Weg für die Bildung einer ersten teilbaren Zelle auf – und dies unter Bedingungen, die realistisch sind und zu gewissen Teilen heute noch in gleicher Umgebung erfolgen. Das Werk erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Ausschließlichkeit. Aber es kann helfen, Verständnis für notwendige Prozesse zu entwickeln, die zu neuen Experimenten und einem tieferen Zugang dieser wirklich komplexen Materie führen. Denn so viel ist sicher: Bis auf die Anfänge des Universums ist seit Beginn der wissenschaftlichen Zeitrechnung keine naturwissenschaftliche Frage so ungeklärt geblieben wie die über die Entstehung des Lebens.

Jetzt kann es beginnen.

Und noch ein Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwende ich in diesem Buch überwiegend das generische Maskulinum. Dies impliziert immer beide Formen, schließt also die weibliche Form mit ein.

März 2019

Ulrich C. Schreiber



# Danksagung

Ein thematisch weitreichendes Sachbuch wie das vorliegende hat eine lange Vorgeschichte. Es gründet sich neben Forschungen im Labor und im Gelände auf viele Treffen und Diskussionen mit Kollegen, in der Universität, auf Tagungen und im privaten Bereich. Allen, die Hinweise, Korrekturen und Hilfestellungen zur Abfassung dieses Sachbuches oder auch Diskussionsbeiträge und Unterstützung in den vorangegangenen Jahren geleistet haben, sage ich meinen herzlichsten Dank. Es sind alphabetisch gereiht die Kolleginnen und Kollegen Prof. Peter Bayer, Prof. Steven A. Benner (Florida), Prof. Volker Buck, Dr. Maria Davila Garvin, Prof. Gerald Dyker, Prof. Matthias Epple, Prof. Hans-Curt Flemming, Prof. Daniel Hoffmann, Prof. Gerhard Jentzsch, Prof. Frank Keppler, Prof. Ute Klammer, Prof. Ralf Littke, Dr. Oliver Locker-Grütjen, Prof. Christian Mayer, Prof. Franco Pirajno (Perth), Prof. Agemar Siehl, Prof. Torsten Schmidt, Prof. Oliver J. Schmitz, Prof. Heinfried Schöler,

## **XIV      Danksagung**

Prof. Jörg Schröder, Prof. Bernd Sures, Dr. Jonathan Williams und die vielen konstruktiven Tippgeber, die sich im Laufe der Jahre zu diesem Thema geäußert haben. Meinen besonderen Dank spreche ich der Leitung der Universität Duisburg-Essen aus, die das Projekt engagiert unterstützt hat.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	1
1.1	Die Entstehung des Lebens – warum ist die Frage danach für uns so wichtig?	1
1.2	Was ist eigentlich Leben?	4
1.3	Wer war LUCA?	7
1.4	Der Einstieg	10
	Literatur	19
<b>2</b>	<b>Globale Voraussetzungen</b>	21
2.1	Erste Voraussetzung: Die Planeten und eine Sonne mit System	21
2.2	Zweite Voraussetzung: Die Erde – eine Materialsammlung für den Start	24
2.3	Dritte Voraussetzung: Das Wasser	30
2.4	Vierte Voraussetzung: Eine dauerhafte Atmosphäre	32
2.5	Wie ging es weiter?	36
	Literatur	44

<b>3</b>	<b>Die engeren Rahmenbedingungen: Die Chemie, die Physik und die physikalische Chemie, ohne sie geht es nicht</b>	47
3.1	Die chemischen Ressourcen des Lebens	47
3.2	Die Chemie hat ihre eigenen Gesetze	55
3.3	Katalysatoren beschleunigen die Reaktion erheblich	57
3.4	Verdünnung – keine Reaktion ohne Konzentration	59
3.5	Entropie und kein Ende	61
3.6	Chiralität – was ist das denn?	65
	Literatur	70
<b>4</b>	<b>Wirklich hilfreich: Ein kurzer Abriss zu Abläufen in heutigen biologischen Zellen</b>	71
4.1	Das Problem der Eingrenzung	71
4.2	Der Informationsspeicher, ohne Nullen und Einsen	79
4.3	Wie wird in der Zelle die gespeicherte Information umgesetzt?	85
	Literatur	94
<b>5</b>	<b>Die bisherigen Modelle: Das Sichten des großen Nebels</b>	95
5.1	Von der Antike bis zur modernen Wissenschaft	96
5.2	Die modernen Anfänge	97
5.3	Der Versuch von Harold C. Urey und Stanley L. Miller	98
5.4	Der Damm war gebrochen	101
5.5	„Black Smoker“ – eine Parallelwelt	102
5.6	Eine neue Entdeckung – die „White Smoker“	105
5.7	Die Suche ging weiter – warme Tümpel	109

5.8	Panspermie – Weltraumsamen	114
5.9	Weitere Überlegungen	119
	Literatur	120
<b>6</b>	<b>Die RNA-Welt: Der Start mit einem ganz besonderen Molekül?</b>	123
6.1	Die RNA, ein Molekül mit Fähigkeiten	123
6.2	Probleme der RNA-Welt	128
	Literatur	129
<b>7</b>	<b>Das neue Modell: Hydrothermale Systeme der frühen kontinentalen Kruste</b>	131
7.1	Die kontinentale Kruste – zerbrechlich und gestört	131
7.2	Überkritische Gase – Dampf unter Druck?	142
7.3	Es gibt ihn doch: Ein Nachweis aus der Natur	152
7.4	Sie sind möglich: Experimente zum Krustenmodell	157
	Literatur	166
<b>8</b>	<b>Ein hypothetischer Ansatz: Hydrothermale Systeme der frühen kontinentalen Kruste</b>	167
8.1	Die Suche nach dem Weg	167
8.2	Phase I – Bildung und Anreicherung	173
8.3	Phase II – der Auswahlprozess	180
8.4	Phase V (vorgezogen) – ein möglicher Start des Lebens	187
8.5	Phase VI – LUCA wird sichtbar	208
8.6	Phase III – Anleihen an die RNA-Welt	216
8.7	Phase IV – der Lückenschluss	224
8.8	Kann es so gewesen sein?	233
	Literatur	238

**XVIII**      **Inhaltsverzeichnis**

<b>9</b>	<b>Nach LUCA: Wie ging es weiter?</b>	241
9.1	Der Siegeszug beginnt	241
9.2	Der Kontakt unterschiedlich entwickelter Zellen	244
9.3	Und die Viren?	247
	Literatur	248

## Zusatzmaterial

Ein zusammenfassendes Poster (auf Englisch) ist abrufbar unter: <https://www.springer.com/de/book/9783662591826>

From Molecules to Pre-LUCA-World

Ulrich C. Schreiber, Christian Mayer

Auf der gemeinsamen Tagung der Deutschen Astrobiologischen Gesellschaft (DAbG) und der European Astrobiology Network Association (EANA) vom 24. bis 28. September 2018 wurde erstmals eine unter realistischen Bedingungen mögliche Entwicklung einer Zelle aus einfachen organischen Molekülbausteinen vorgestellt. In dem Poster sind sechs Entwicklungsstadien skizziert, die sich auf fluidführende Bruchzonen der kontinentalen Kruste projizieren lassen. Schwerpunkt ist die Tiefe von ca. 700 bis 1000 m, in der in  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ -führenden Mofetten der Übergang von überkritischen zu unterkritischen Gasen erfolgt. Druckschwankungen durch Erdzeiten oder Kaltwassergeysirausbrüche variieren die Tiefenlage des Phasenübergangs.