

Aleksandar Janjic

Was lebt?

Die Grundfrage
der Biologie

SACHBUCH

EBOOK INSIDE



Springer

Was lebt?

Aleksandar Janjic

Was lebt?

Die Grundfrage der Biologie

 Springer

Aleksandar Janjic
Technische Universität München
Freising, Deutschland

ISBN 978-3-662-62372-5 ISBN 978-3-662-62373-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62373-2>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. 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.

© Fotonachweis Umschlag: © by nasa.gov
Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Planung/Lektorat: Simon Rohlf's
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

Vorwort und Ziel

Leben ist ein faszinierendes System. Die Faszination entspringt vor allem dem Umstand, dass wir Menschen nach über 6000 Jahren Kultur- und Wissenschaftsgeschichte immer noch kopfkratzen vor dem Enigma stehen, wie die Natur mit Vergehen der Zeit und anscheinend ohne größere Anstrengung etwas derartig Komplexes wie Leben hervorbringen kann. Woher kommt das alles? Und was ist dieses Leben überhaupt? Diese zweite, einfach zu stellende Frage ist das Thema dieses kleinen Buches.

Leben ist in all seinen Facetten äußerst komplex und operiert als offenes System mit verschiedensten Energiequellen fern eines thermodynamischen Gleichgewichts, sodass durch dynamische Selbstordnung und nichtlineare Selbstorganisation fortwährend emergente Eigenschaften und neuartige Strukturen und Funktionen entstehen. Wenn Sie bei diesem Satz zusammgezuckt sind und die darin aufgeführten Begriffe als kryptisch empfinden und

VI Vorwort und Ziel

sie nicht so recht einordnen können, dann wird Ihnen dieses kleine Buch neue Einsichten liefern können.

Bei dem angesprochenen Satz handelt es sich um eine Beschreibung, die in erster Linie aus einem thermodynamischen Verständnis des Lebens folgt. Dass eine solche physikalische Herleitung aus Sicht des heutigen Kenntnisstands notwendig erscheint und eine rein auf biologische Begriffe reduzierte Definition für ein grundlegendes Verständnis des Systems Leben nicht ausreichen kann, soll mit diesem kleinen Buch für eine breite Leserschaft erörtert und allgemein verständlich vermittelt werden. Das Ziel dieses Buches ist es also, Ihnen Schritt für Schritt und mit verständlichen Worten und Vergleichen zu erläutern, welche Probleme und Herausforderungen es bei der Beschreibung des Lebens in der Vergangenheit gab und bis heute gibt, und wie darauf aufbauend das Phänomen des Lebens in der modernen Naturwissenschaft begriffen wird. Oder ehrlicher ausgedrückt: Wie es begriffen werden kann. Denn die für viele Menschen möglicherweise erstaunliche Tatsache lautet, dass es in der modernen Forschung immer noch keine allgemein gültige und nicht weiter hinterfragbare Definition dessen gibt, was das Lebende ausmacht und es somit von dem unterscheidet, was wir als nicht-lebende Materie betrachten. Allein dieser Umstand zeigt, dass die Frage nach dem Wesen des Lebens in allen seinen Facetten nicht einfach zu beantworten sein wird.

Selbstverständlich haben sich bereits Menschen aller Couleur, darunter Wissenschaftler und Philosophen verschiedenster Disziplinen und Epochen, über dieses Thema den Kopf zerbrochen und ihre Gedanken und Ergebnisse in unzähligen Vorträgen, wissenschaftlichen Fachartikeln und dicken Büchern dokumentiert. Darunter befinden sich auch Arbeitsgruppen, die zu dem ernüchternden

Entschluss gekommen sind, dass eine widerspruchsfreie Beschreibung des Lebenden schlicht und ergreifend ein Ding der Unmöglichkeit darstellt und dazu verdammt ist, immer in gedanklichen und nicht lösbaren Zirkelschlüssen zu enden (z. B. Cleland und Chyba 2002; Walker 2017). Andere Gruppen ließen sich von dieser Aussichtslosigkeit hingegen nicht leiten, weshalb nichtsdestotrotz allein in der wissenschaftlichen Fachliteratur heute über 120 verschiedene Definitionen und Erklärungsversuche zu finden sind (Trifonov 2012). Jedes Konzept scheint dabei spezifische Vor- und Nachteile aufzuweisen, sodass sich bei der Frage nach dem Wesen des Lebens auch schon mehrere weltanschauliche Lager etabliert haben. In dieser diversen Sammlung von Beschreibungen ähneln sich manche Konzepte sehr und unterscheiden sich nur in kleinsten biochemischen Details, während andere völlig andere Prämissen setzen und unterschiedliche Perspektiven des Lebens einnehmen.

Als Autor begegne ich mit diesem kleinen Buch also der Herausforderung, dass der Wunsch nach einer Einführung in eine wissenschaftliche Fragestellung auch immer damit einhergeht, sich für bestimmte Schwerpunkte zu entscheiden und einen eigenen roten Faden zu finden. Das bedeutet auch, dass einige Inhalte, die anderen Autoren als sehr wichtig erscheinen würden, in diesem Buch unerwähnt bleiben werden oder gar aufgeschrieben, aber anschließend wieder durchgestrichen wurden. Seien Sie sich als Leser also bewusst, dass dieses kleine Buch nur einen Teil der Diversität abbilden kann, die diesem Wissenschaftsbereich und der Frage nach dem Wesen des Lebens innewohnt. Dieses Buch wird sich beispielsweise nicht eingehend mit den geochemischen Details der Entstehung des Lebens beschäftigen oder mit der erkenntnistheoretischen Debatte über die Begriffsdeutung von Definitionen und Theorien.

VIII Vorwort und Ziel

Bei einer Anzahl von über 120 unterschiedlichen wissenschaftlichen Erklärungsversuchen für das Wesen des Lebens ist es natürlich nicht weiter verwunderlich, dass sich einige Beschreibungen und Aussagen widersprechen oder gegenseitig ausschließen. Einem interessierten Laien mag dieser Umstand und Dissens zunächst völlig unsinnig vorkommen, sind wir doch – wohin wir auch schauen mögen – stets von Lebensformen umgeben. Und diese erkennen wir sodann auch eindeutig und ohne jegliche Probleme als lebende Wesen. Eine Ameise lebt, ein Stein nicht – basta! Was soll daran problematisch sein?

Der Planet Erde ist offensichtlich ein Planet des Lebens. Egal wo Sie auf dem Globus gerade mit diesem Buch sitzen oder stehen: Wenn Sie Ihren Blick in die Nähe oder Ferne schweifen lassen, werden Sie auf irgendwelche Formen von Leben blicken – manche äußerst vertraut und hübsch, andere fremdartig und vielleicht auch ekel-erregend. Seien es auf dem Bürgersteig vorbeilaufende Menschen und auf dem Boden nach Futter suchende Tauben, in der Landschaft verwurzelte Bäume und Sträucher mitsamt Vögeln, Eichhörnchen und Raupen im Geäst, oder – wenn Sie gerade nicht durch ein Fenster in die Landschaft schauen können – der Schimmelpilz und allerlei andere Mikroorganismen an und in den Wänden Ihrer Wohnung oder gar in Ihren eigenen Gedärmen. Auch halten Sie gerade vielerlei quicklebendige Bakterien und mikroskopische Pilze in der Hand, da viele Mikroben sich auf Papierblättern besonders wohl fühlen und somit auch in allerlei Büchern heimisch sind. Lesen Sie dieses Buch stattdessen auf einem digitalen Endgerät, sollten Sie sich ebenfalls bewusst sein, dass Sie mit jedem Blick auf das Display auch ein ganzes Ökosystem voller für das Auge unsichtbarer Mikroorganismen auf dem Bildschirm oder der Tastatur betrachten. Sie selbst sind als menschlicher Leser offensichtlich und hoffentlich auch ganz

und gar lebendig, während Sie dieses Buch voller Lebewesen in der Hand halten. Der Blick auf das irdische Leben ist also mindestens genauso divers wie der Blick in ein Kaleidoskop voller sich ändernder Farben und Formen, bei denen sich manche Muster ähneln, während andere auf den ersten Blick nicht unterschiedlicher sein könnten. All dieser Vielfalt im Kaleidoskop liegt die einfache Drehung des Instruments zugrunde – gibt es für das Leben auch eine elementare Grundlage, von der alle seine Formen und Erscheinungen abhängen?

Es gibt viele einfache und komplizierte Gründe, wieso diese Frage schwierig zu beantworten ist. Meines Erachtens besteht die wesentliche Schwierigkeit gerade darin, dass wir nun mal stets von Lebendem umgeben und damit vertraut sind, und vor allem, dass wir selbst lebende Systeme verkörpern. Der Begriff des Lebens und dessen Verwendung ist für uns also so vertraut, dass es schwierig ist, konkrete Aussagen zu treffen, ohne den Begriff selbst vorwegzunehmen. Die Tatsache, dass wir selbst lebende Systeme verkörpern, bereitet zusätzlich das Problem, dass Lebewesen in Form des Menschen versuchen, das Leben und somit auch sich selbst zu beschreiben. Diese Schwierigkeit einer zirkulären Argumentation wird Ihnen auch immer wieder in den folgenden Kapiteln begegnen und sich auch im letzten Kapitel als besonders hartnäckig erweisen. Wir besitzen also zwar ohne Frage ein intuitives Gefühl dafür, was Leben ist und welche Bedeutung es trägt. Aber wenn Sie konkrete Worte oder gar Formeln fassen möchten – ja, was sagen Sie dann? Gerne können Sie sich bereits an dieser frühen Stelle im Buch eigenständig Anmerkungen darüber machen, welche wesentlichen Eigenschaften und Prozesse das Leben für Sie kennzeichnen, und diese Notizen anschließend mit den Argumenten in den folgenden Kapiteln vergleichen.

In diesem Buch soll für interessierte Laien letztlich allgemein verständlich erörtert und diskutiert werden, ob die Physik (speziell die Thermodynamik) und die Informationswissenschaft eine grundlegende Einsicht in diese Fragestellung geben können. Im ersten Teil werden Sie deshalb zunächst einige grundlegende Kenntnisse über die Herangehensweisen der Physik und Naturwissenschaft im Allgemeinen kennenlernen, was vorteilhaft ist, um sich dem Thema naturwissenschaftlich – also mit neugierigem, aber auch kritischem und skeptischem Gemüt – annähern zu können. Anschließend werden Sie im zweiten Kapitel mehrere in der klassischen Biologie vorgeschlagene Definitionen und Merkmale des Lebens, aber vor allem auch die damit einhergehenden Schwierigkeiten und Widersprüche präsentiert bekommen. Im dritten Teil versuche ich Ihnen mit verständlichen Worten und Vergleichen schließlich einen Gedankengang näherzubringen, bei dem in erster Linie nicht mehr aus biologischer bzw. biochemischer, sondern aus thermodynamischer und informationswissenschaftlicher Sicht versucht wird, das Phänomen Leben grundlegend zu begreifen. Ferner wird es auch um die wichtige Frage gehen, ob es möglich ist, das System Leben mit anderen chemisch-physikalischen Systemen der Erde zu vereinheitlichen – was dieser Ausdruck bedeuten soll, werden Sie bereits im ersten Kapitel erfahren. Die Hoffnung erstreckt sich wie bei anderen Fragestellungen der theoretischen Physik also auf nichts Geringeres, als eine in sich widerspruchsfreie Erklärung für ein beobachtetes Phänomen herzuleiten – in diesem Fall für das auf der Erde ubiquitär vorhandene und überall anzutreffende System, das wir als Leben bezeichnen. Dieses Vorgehen beinhaltet sodann auch wichtige Impulse für die Frage, wie das Leben und dessen Komponenten auf

der Erde – und vielleicht auch anderswo und anderswann im uns bekannten Universum – entstanden sind und weiterhin entstehen.

Viel Vergnügen.

München
8. Juli 2020

Aleksandar Janjic

Literatur

- Cleland, C. E., & Chyba, C. (2002). Defining „life“. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 32,387–393.
- Trifonov, E. N. (2012). Vocabulary of definitions of life suggests a definition. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 29,259–266.
- Walker, S. I. (2017). Origins of life: A problem for physics, a key issue review. *Reports and Progress in Physics*, 80. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aa7804>.

Inhaltsverzeichnis

1	Das Streben nach Vereinheitlichungen in der Naturwissenschaft – physikalische Vorbilder für die Beschreibung des Lebens	1
2	Die Beschreibung äußerer Merkmale des Lebens in der klassischen Biologie	23
3	Ein inneres Verständnis des Lebens aus der Physik heraus?	55
	Abschließende Gedanken und Spekulationen	125
	Stichwortverzeichnis	135



1

Das Streben nach Vereinheitlichungen in der Naturwissenschaft – physikalische Vorbilder für die Beschreibung des Lebens

„Alles ist Eins“. Bestimmt haben Sie diesen oder einen ähnlichen Ausdruck schon mehrmals in irgendwelchen Liedern vorgesungen bekommen oder in verschiedensten Lebensratgebern lesen müssen. Tatsächlich liebäugelt man auch in der modernen Naturwissenschaft damit, der Bedeutung dieser einfach klingenden Floskel nachzugehen, wenngleich Wissenschaftler in der Regel um einen präziseren und nicht allzu mystischen Wortgebrauch bemüht sind. Ein Ziel von vielen Naturwissenschaftlern – insbesondere von einigen theoretischen Physikern – ist es nämlich, eine sogenannte Vereinheitlichung auf die Beine zu stellen. Wie Sie dem Vorwort entnehmen konnten, soll auch in diesem Buch letztlich der Versuch unternommen werden, das Phänomen des Lebens mit anderen chemisch-physikalischen Systemen der Erde vereinheitlicht zu beschreiben. Doch was ist mit einer Vereinheitlichung überhaupt gemeint? Und was hat dies mit der Frage nach dem Wesen des Lebens zu tun?

Um Ihnen im Anschluss diese Fragestellungen und Überlegungen Schritt für Schritt näherbringen zu können, werden wir im ersten Schritt kurz einige simple und grundlegende Begriffe und Vorgehensweisen der Physik und der allgemeinen Naturwissenschaft behandeln, die sich auch bei der Beschreibung des Lebens bewährt haben.

1.1 Erkenntnisgewinn durch Theorie und Falsifikation von Hypothesen

Als Wissenschaftler beobachten Sie in der Regel einen beliebigen Ausschnitt bzw. Augenblick dieser Welt, für den Sie sich interessieren. Diese Momentaufnahmen der Welt können alle möglichen Formen annehmen und Gegenstand verschiedenster Disziplinen sein – seien es krabbelnde Ameisen am Boden, Kleinkinder beim Raufen, Mumien in Sarkophagen, Blubberblasen im Kochtopf, Leichen am Tatort, Atome in einem Kristall, Fruchtfliegen bei der Paarung, oder Planetenbewegungen am Nachthimmel. Sie versuchen aus diesen Beobachtungen und/oder mit der Durchführung von Experimenten nach einiger Zeit eine oder mehrere Theorien herzuleiten, welche das untersuchte System und die vorhandenen Interaktionen möglichst widerspruchsfrei beschreiben und bestenfalls überprüfbare Voraussagen treffen. Das ist natürlich auch dann der Fall, wenn man als Naturwissenschaftler das Phänomen des Lebens und dessen Entstehung auf der Erde erklären möchte.

Bitte beachten Sie hierbei aber zunächst, dass der Begriff „Theorie“ in der empirischen Naturwissenschaft eine andere Bedeutung trägt, als in der alltäglichen Sprache, und grundverschieden verwendet wird. Eine Theorie entspricht in den Naturwissenschaften einer Beschreibung eines Sachverhalts, der durch Experimente,

empirische Beobachtungen und/oder mathematische Herleitung bestenfalls mehrmals und unabhängig untersucht und zuverlässig bestätigt wurde. Bestätigung heißt hierbei in der Regel, dass man aus der Beschreibung heraus verlässliche Vorhersagen für den jeweiligen Tatbestand herleiten konnte und anschließend ein gutes Verständnis des Systems annehmen kann, wenn diese Prognosen tatsächlich mehrmals korrekt eingetroffen sind. Eine Theorie ist hier also keine bloße und intuitive Gedankenspielerei, wie wir es in der Alltagssprache oft ausdrücken, wenn wir zum Beispiel sagen, dass etwas „nur bloße Theorie“ sei. Theorien sind vielmehr eine Wahrsagerei, bei der die Glaskugel durch Mathematik und Logik ausgetauscht wurde und die Prognosen tatsächlich wie beschrieben mehrmals und unabhängig voneinander eingetroffen sind. Eine reine Gedankenakrobatik wird in den Naturwissenschaften hingegen als Hypothese bezeichnet. Hypothesen sind also auf Annahmen basierende Vermutungen, die Ihnen aus vorherigen Experimenten und Untersuchungen als Vermutungen mehr oder weniger intuitiv logisch erscheinen, um ein Phänomen verlässlich erklären zu können. Jede Hypothese entspricht somit schlicht und ergreifend einer formulierten Idee über die Natur. Und jeder kann eine solche Vermutung über die Welt aussprechen. Eine solche Naturidee muss einer Überprüfung durch Experimente und Beobachtungen jedoch noch standhalten und kann dementsprechend irgendwann völlig ins Leere laufen oder als bestätigte Theorie reiche Früchte tragen. Erst wenn die Vorhersagen einer Hypothese tatsächlich mehrmals und unabhängig voneinander eintreffen, kann der Schritt unternommen werden, eine oder mehrere Naturideen zu einer empirischen Theorie auszubauen. Die Schwierigkeit dieser Theoriebildung hängt sodann natürlich von der zugrunde liegenden Fragestellung ab, da man als Naturwissenschaftler mit-