

Nick Brune

Extraterrestrisches Leben – Außerirdische

Welche Grundlagen für Leben sind möglich?



Bramsche den 08. März 2023

Florian Riemer

Greselius-Gymnasium Bramsche
2022/2023 Seminarfach Astronomie



Inhaltsverzeichnis

<u>1 Einleitungen.....</u>	<u>1</u>
<u>2 Das Leben.....</u>	<u>2</u>
2.1 Organisches Leben.....	2
2.2 Anorganisches Leben.....	4
<u>3 Was ist außerirdisches Leben?.....</u>	<u>5</u>
<u>4 Möglichkeiten des extraterrestrischen Lebens.....</u>	<u>5</u>
4.1 Organisches Leben im All.....	5
4.2 Anorganisches Leben im All.....	8
4.3 Die Verwandten des Lebens.....	11
4.3.1 Die Spezies der künstlichen Intelligenz.....	11
4.3.2 Die Lebenswolken.....	12
<u>5 Mögliche Planeten für Leben.....</u>	<u>13</u>
<u>6 Und nun?.....</u>	<u>14</u>
<u>7 Anhang.....</u>	<u>15</u>
7.1 Verzeichnisse.....	15
7.1.1 Literaturverzeichnis.....	15
7.1.2 Abbildungsverzeichnis.....	17
7.2 Fachwortregister.....	17
7.3 Erklärung.....	20
7.3.1 Selbständige Anfertigung.....	20
7.3.2 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung.....	20

1 Einleitungen

Extraterrestrische Lebensformen, oder gebräuchlicher auch Aliens, sind schon eine sehr lange Zeit in den Ideen und Vorstellungen der Menschen verankert und finden auf verschiedenste Art und Weise, durch Filme, Bücher, Videospiele und viele andere kreative Medien, ihren Weg in die Wirklichkeit. Nun wirft sich die Frage auf, ob das alles nur ein Hirngespinnst ist oder ob ihre Existenz doch möglich sein kann?

Es gibt regelmäßig Meldungen von angeblichen Sichtungen von Aliens, beziehungsweise Raumschiffen am Nachthimmel. Diese versuchen misstrauische Personen direkt wissenschaftlich zu erklären oder zu verharmlosen. Allerdings fragt sich die Menschheit schon seit hunderten von Jahren, ob wir alleine in diesem unfassbar großen Universum sind. Die Vorstellung die einzigen Lebewesen im Universum zu sein, ist bei schätzungsweise sechs Milliarden erdähnlichen Planeten in der Milchstraße¹ und geschätzten 300 Millionen zum Bewohnen geeigneten **Exoplaneten**² in den uns bekannten Galaxien nicht nur enttäuschend, sondern auch extrem unwahrscheinlich. Dementsprechend werden wir im Folgenden gemeinsam die Möglichkeiten des Lebens und der Natur und ihre Grenzen erkunden. Doch was für Lebensarten kann es geben? Wie weit unterscheiden sie sich von dem uns Bekannten oder können diesem ähnlich sein? Wo und wie wahrscheinlich könnten wir diese Arten von Leben finden und auf sie treffen? All diese Fragen und noch viele mehr versuche ich zu klären und unsere bisherigen Erkenntnisse zu Aliens zu erweitern und ihnen die möglichen Arten von Leben im Universum näherzubringen.

1 Schneider, Peter: Lebenssuche im Weltall - Bisher erdähnlichster Planet entdeckt, (<https://www.galileo.tv/weltall/lebenssuche-im-weltall-bisher-erdahnlichster-planet-entdeckt/>) Stand: 14.09.2021

2 Cordis: Wissenschaft im Trend – Sind wir alleine? (<https://cordis.europa.eu/article/id/421424-trending-science-are-we-alone-discovery-of-billions-of-earth-like-planets-may-hold-the-answer/de>.) Stand: 02.06.2020

2 Das Leben

2.1 Organisches Leben

Jedliches Säugetier, jeder Vogel, jeder Fisch, der Mensch sie alle haben eines gemeinsam, ihre Lebensgrundlage sind die organischen Verbindungen mit Kohlenstoff. Organische Kohlenstoffverbindungen prägen das Leben auf der Erde enorm, nicht nur durch die extreme Nutzbarkeit und Vielseitigkeit dieser Verbindungen, sondern auch aus dem einfachen Grund, dass ohne Kohlenstoffverbindungen überhaupt kein Leben existieren würde. Die essentiellen Elemente der **biologischen Makromoleküle**, welche für jedes auf der Erde vorhandene Leben unentbehrlich sind, sind nun einmal in sehr großen Anteilen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sowie in kleineren Teilen Phosphor und Schwefel. Alle anderen Elemente des Periodensystems, die zum Beispiel von dem menschliche Körper, für bestimmte Verfahren benötigt werden können großteils ersetzt werden oder der Bedarf ist nicht notwendig.³ Die Elemente, welche die Grundlage unseres Lebens bilden, tun dies aufgrund von zwei Hauptverwendungszwecken. Einerseits können die wichtigsten Stoffwechselfvorgänge eines Lebewesens auf der Erde nicht ohne die Elemente und deren Verbindungen ablaufen, andererseits bietet der vierbindige Kohlenstoff unzählige stabile, flexible und vielseitig benötigte Möglichkeiten an organischen Einfach- und Mehrfachbindungen, aus denen nicht nur unsere **DNA**, sondern auch fast jeder andere lebenswichtige Bestandteil unseres Körpers zusammengesetzt ist.⁴ Damit diese Bindungen und Strukturen vor etwa vier Milliarden Jahren auf der Erde entstehen konnten, waren drei Faktoren wesentlich. Einerseits das Vorliegen der Stoffe die unsere Lebensgrundlage bilden und ihre vielseitigen Möglichkeiten an Reaktionsabläufen.

3 Wikipedia: Lebewesen
(https://de.wikipedia.org/wiki/Lebewesen#Aufbau_von_Lebewesen) Stand:02.03.2023

4 Neumeier,Claudia: Warum besteht Leben aus Kohlenstoff
(<https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/warum-besteht-das-leben-aus-kohlenstoff-100.html>) Stand:03.09.2021

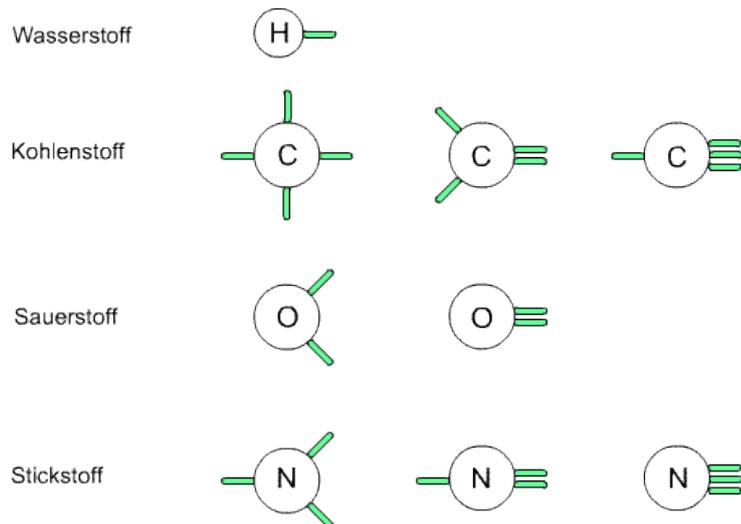


Abbildung 1: Quelle: Biorama.de

Andererseits war es die Energie der Sonneneinstrahlung und möglicherweise auch die nach dem „**großen Bombardements**“, bei dem ein riesiger Asteroidensturm die Erde verwüstete⁵, zurückgebliebene Hitze und damit verbundene Wärmeenergie, aus der erste Atombindungen entstehen konnten und schlussendlich bestehen blieben. Als letzte Notwendigkeit zur Entstehung des organischen Lebens auf der Erde musste eine Flüssigkeit vorliegen, in der sich die Grundstoffe lösen können, um in den **hydratisierten Aggregatzustand** zu gelangen, da in diesem der Abstand, die zur Bewegung mindestens benötigte **Aktivierungsenergie** und die Beweglichkeit der Atomen optimal sind, um regelmäßige Zusammenstöße hervorzurufen, welche notwendig sind, damit erfolgreiche Reaktionen starten und ablaufen können.⁶ Perfekt hierfür wäre in den meisten Fällen, auch in dem der Erde, flüssiges Wasser, da dieses ein gutes Lösungsmittel darstellt und den meisten Stoffen erfolgreiche Reaktionen ermöglicht.

5 Scinexx: Gewaltige Einschläge prägen das frühe Leben auf der Erde (<https://www.scinexx.de/news/geowissen/gewaltige-einschlaege-praegten-fruehes-leben-auf-der-erde/>) Stand: 26.04.2012

6 Chemie.de: Chemische Reaktionen (https://www.chemie.de/lexikon/Chemische_Reaktion.html)

2.2 Anorganisches Leben

Nun wissen wir, wie sich organisches Leben zusammensetzt und was auf der Erde zu der Entstehung führte, allerdings ist dies nicht die einzige Form des Lebens. Auch wenn das Wort „organisch“ eines der direktesten Bezüge zum Leben hat, gibt es auch Leben, das nicht auf organischen Verbindungen basiert und diese auch in keinster Weise benötigt. Bei diesen sogenannten **anorganischen Verbindungen**, die eine andere Grundlagen für Leben bieten, als Kohlenstoffverbindungen, wird der auf der Erden bisher unverzichtbare Kohlenstoff durch ähnliche Elemente mit ähnlichen Eigenschaften und Möglichkeiten ersetzt. Ein möglicher Ersatz für Kohlenstoff in lebensnotwendigen Verbindungen wäre Silizium. Silizium ist genau wie Kohlenstoff ein Element der vierten Hauptgruppe im uns bekannten Periodensystem und kann somit ebenfalls vier Bindungen zu anderen Elementen eingehen und ist somit eine theoretische Austauschmöglichkeit für Kohlenstoff.⁷ Allerdings gibt es bisher keine bestätigten Fälle von natürlich entstandenen Siliziumverbindungen in Lebensformen, doch die Wissenschaft schreitet immer weiter voran und erreicht zuvor undenkbbare Möglichkeiten. Der US-amerikanischen Biochemikerin **Frances H. Arnold** gelang es zum Beispiel 2018 eine Mutation in einem **Enzym**, welche wesentlich für unsere Verdauung, Nährstoffaufnahme und unsere Entwicklung sind, hervorzurufen, bei der das Enzym beginnt selbständig Silizium-Kohlenstoff-Bindungen zu bilden.⁸ Diese winzige Entdeckung beweist nicht nur die Möglichkeit von Siliziumverbindungen in organischen Ketten, sondern auch, dass die eigenständige Bildung dieser Verbindungen stattfinden kann. Eine in wenigen Jahren Forschung entdeckte Mutation könnte in ähnlicher Form innerhalb von Milliarden von Jahren in unendlichen Varianten auch da draußen im riesigen Universum stattfinden oder bereits stattgefunden haben und somit anorganisches Leben ermöglichen.

7 Neumeier, Claudia: Warum besteht Leben aus Kohlenstoff (<https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/warum-besteht-das-leben-aus-kohlenstoff-100.html>) Stand:03.09.2021

8 Mrschtik, Michaela Maya: Mit veränderten Enzymen können wir ganz neue Moleküle herstellen (<https://www.spektrum.de/news/mit-veraenderten-enzymen-koennen-wir-ganz-neue-molekuele-herstellen/1596196>) Stand:03.10.2018

3 Was ist außerirdisches Leben?

Unter der Bezeichnung des Außerirdischen fällt ein großes Spektrum an Begriffen, Vorstellungen, vermeintlichen Funden und Ideen, aber grundlegend geht es hier um jegliches Leben außerhalb der Erde und innerhalb des gesamten Universums und möglicherweise auch darüber hinaus. Aber zu Leben zählen nicht nur die in den meisten Medien dargestellte **humanoide**, intelligente Form, sondern auch einfache „Tiere“, Pflanzen und Mikroorganismen, wie zum Beispiel Bakterien und Viren. Doch diese organischen Lebensformen sind nicht die einzigen Möglichkeiten für kosmisches Leben, denn unter all den herkömmlichen Vorstellungen gibt es auch das anorganische Leben. Was ist aber der Unterschied zwischen dem organischen auf Kohlenstoff basierenden Leben, wie das des Menschen und allem anderen Leben auf der Erde, und der anorganischen Form?

4 Möglichkeiten des extraterrestrischen Lebens

4.1 Organisches Leben im All

Die Suche nach nicht irdischem Leben beruht hauptsächlich auf dem Verständnis von Leben, wie es auf der Erde existiert und somit sind organische Lebewesen, meist sogar in humanoider Form, die Hauptvorstellung eines Außerirdischen.



Abbildung 3: Quelle: Youtube: John D. Boswell



Abbildung 2: Quelle: Youtube: John D. Boswell

Doch intelligentes Leben könnte auch auf ganz andere Art und Weise entstanden sein und sich entwickelt haben, trotz der Kohlenstoffbasis. Den-

noch bleiben drei Voraussetzungen bestehen, es müssen Grundstoffe zur Entstehung von Kohlenstoffketten, eine Flüssigkeit zur Lösung dieser Stoffe und damit einhergehenden Erleichterung der Reaktionen und eine ausreichende Energiequelle zur Ermöglichung von chemischen Verbindungen vorhanden sein und ausreichend lange existieren bzw. bestehen können, damit eine Form von Evolution und Entwicklung stattgefunden hat oder stattfinden kann. Dass ein Planet diese Bedingungen erfüllt ist nur nicht alles, denn wenn ein Lebewesen auf Kohlenstoff basiert, benötigt es ähnliche Gegebenheiten und Stoffe, wie Lebewesen auf der Erde, um Stoffwechselforgänge durchführen zu können und um ein Immunsystem zu entwickeln, welches ein eigenständiges Leben ermöglicht.⁹ Bei diesen Vorgängen gibt es vermutlich genau wie auf der Erde auch im All eine unfassbar facettenreiche Vielfalt. Es könnten Lebewesen existieren, die ähnlich wie der Mensch Glukose und Sauerstoff benötigen, um Zellatmung zu betreiben. Im Gegensatz dazu pflanzenähnliche Gebilde, die aus dem Licht eines Sterns, durch **trophogene** Prozesse, wie der Photosynthese, Energie in Molekülen speichern und diese in chemische Energie umwandeln, um sie daraufhin als körpereigene Energie bei Stoffwechselprozessen benutzen zu können.¹⁰ Für beide dieser Varianten von Leben ist einerseits eine Energiequelle, optimal ein Stern, und damit einhergehend eine Atmosphäre notwendig. Die Atmosphäre dient hier einerseits als Schutz gegen zu starke Sonneneinstrahlung und andererseits auch als Hülle, welche genügend Druck erzeugt, um die essentiellen Gase auf dem Planeten zu halten, welche für Prozesse, wie zum Beispiel das Atmen, benötigt werden. Mit der Schutzfunktion gegen die Sonneneinstrahlung einhergehend, dient eine Atmosphäre auch als Temperaturregulator, welcher die Temperatur des Planeten in den zum Leben möglichen Bereichen, zwar variieren, aber nie überschreiten lässt.¹¹ Mit dieser Grundlage für Leben stellt sich nur noch

9 Schulze-Makuch, Dirk/2. Irwin, Louis N.: Life in the Universe, Expectations and Constraints III, Berlin Heidelberg 2018 (Springer-Verlag; <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/72075/1/183.pdf>) S.101-106
John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life (<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 4:08-6:10

10 StudySmarter: Zellatmung (<https://www.studysmarter.de/schule/biologie/zellbiologie/zellatmung/>)

11 Bildungsserver: Atmosphäre ([https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.Php/Atmosphäre_\(einfach\)#:~:text=Die%20Erdatmosphäre%20schützt%20uns%20vor,die%20Temperaturen%20überhaupt%20Leben%20ermöglichen](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.Php/Atmosph%C3%A4re_(einfach)#:~:text=Die%20Erdatmosph%C3%A4re%20sch%C3%BCtzt%20uns%20vor,die%20Temperaturen%20%C3%BCberhaupt%20Leben%20erm%C3%B6glichen)) Stand:09.06.2018

die Frage, wie es denn nun wirklich aussieht. Ein wirklich wesentlicher Faktor für die Entstehung von Leben auf der Basis von Kohlenstoff stellen die Schwerkraft und die Temperatur auf einem Planeten nicht dar, doch für die Entwicklung und das weitere Bestehen des Lebens sind sie ausschlaggebend. Hinsichtlich des Faktes, dass das intelligente Leben nach unseren Vorstellungen im Wasser entsteht, ist die Temperatur eines Planeten soweit nicht wichtig zur Entstehung von Lebensformen, solange Wasser in irgendeiner Form und in ausreichender Menge flüssig vorliegt. Des Weiteren hat Gravitation einen viel geringeren Effekt auf Körper und Lebewesen, die im Wasser leben, als auf die auf dem Land. Für Leben im Wasser ist die Gravitation eines Planeten also nahezu unwichtig, doch bei der Entwicklung auf dem Land und in der Luft ist sie wesentlich. Auf einem Planeten mit einem Vielfachen der Erdanziehungskraft wären Lebewesen mit einer ähnlichen Körperstruktur, wie zum Beispiel der Mensch, dem Tod hilflos ausgeliefert. Die Effekte der Gravitation könnten von einem Erschweren des aufrechten Gehens über Bewegungsunfähigkeit bis hin zu kompletter Kompression reichen. Es lässt sich davon ausgehen, dass Lebensformen auf solchen Planeten viel stärkere Skelettstrukturen und Muskelverbindungen benötigen, um sich fortzubewegen, Nahrung zu beschaffen und somit ein funktionierendes Leben führen zu können. Im Gegensatz hierzu stehen Planeten mit einer viel geringeren Gravitation. Einem Menschen wäre es auf einem Planeten mit einem Minimum der Erdanziehungskraft sogar möglich, dank seiner zum Leben auf dem Planeten vergleichsweise starken Knochen und Muskeln, mehrere Meter hoch und weit zu springen. Das heimische Leben auf solchen Planeten könnte, auch vollständig ohne Knochen oder ähnliches auskommen und trotzdem mehrere Meter groß werden, ohne Probleme in der Bewegung oder anderen Handlungen zu haben. Wenn die Gravitation bestimmte Werte unterschreitet wäre es sogar möglich Lebewesen, die der irdischen Qualle oder anderen Weichtieren ähneln könnten, in den Himmeln solcher Planeten fliegen zu sehen, da sie durch so wenig Gravitation am Boden gehalten werden, dass sie bereits durch leichte Luftströmungen oder kleinste Bewegungen ausreichend Kraft aufbringen können, um der vor Ort herrschenden Schwerkraft zu trotzen und

fliegen zu können, aber noch nicht bis ins All treiben.¹² Neben der Gravitation spielt eine weitere Umweltbedingung eine große Rolle für das Entstehen und Bestehen von Leben auf anderen Planeten wenn nicht sogar die wichtigste. Die Temperatur eines Planeten ist genau so für Wasser- als auch Landlebewesen ein unabdingbarer Faktor der Entwicklung. Die höchste Temperatur, bei der Leben vermutlich existieren könnte, wird auf ungefähr 150 Grad Celsius geschätzt, da die uns bekannte DNA bei höheren Temperaturen so schnell zerfällt, dass das körpereigene DNA-Reparatursystem zu langsam arbeitet, um den DNA-Zerfall auszugleichen. Organismen, die solche Temperaturen aushalten, gehören zu den **Thermophilen**. Die niedrigste erforschte Temperatur bei der Lebewesen noch Stoffwechselreaktionen zeigten, lag bei ungefähr minus 200 Grad Celsius, bei sogenannten **kryophilen** Lebewesen. Allerdings handelt es sich bei diesen Extrema hauptsächlich um nicht intelligente **Prokaryoten**, welche einen Großteil der **Extremophile** ausmachen¹³. Durch ihre Existenz als Prokaryoten würde es sie dennoch zu extraterrestrischen Lebensformen machen, allerdings nicht zu intelligentem Leben. Aber gibt es mögliche Ansätze für Leben, die diese Grenzen überwinden oder nicht einmal davon beeinflusst werden?

4.2 Anorganisches Leben im All

Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, müssen wir den Bereich der organischen Chemie verlassen und uns in die Anorganik begeben, um hier nach möglichen Lebensformen zu suchen. Die beste Variante zum organischen Kohlenstoff wäre wohl sein enger Verwandter Silizium. Silizium und Kohlenstoff scheinen erst einmal gute Austauschpartner zu sein, um als Le-

12 John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life
(<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 6:10-20:59

13 Cavicchioli, Ricardo: Extremophile and the Search for Extraterrestrial Life
(<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=fc5b9ce982a33aff24c899db4421daf9d8c53efc>) 2002
Wikipedia: Thermophilie (<https://de.wikipedia.org/wiki/Thermophilie#:~:text=Man%20nimmt%20an%2C%20dass%20die,DNA-Reparatursystem%20damit%20überfordert%20wäre>) Stand: 14.02.2022
Wikipedia: Kryophilie ([https://de.wikipedia.org/wiki/Kryophilie#:~:text=Kryophile%20\(von%20altgriechisch%20κρύος%20krýos,der%20Kälteliebenden%20\(Psychrophile\)%20dar.](https://de.wikipedia.org/wiki/Kryophilie#:~:text=Kryophile%20(von%20altgriechisch%20κρύος%20krýos,der%20Kälteliebenden%20(Psychrophile)%20dar.)) Stand: 15.01.2022

bensgrundlage zu dienen, da sie beide in der vierten Hauptgruppe liegen und somit vier Außenbindungen eingehen können, außerdem kommen sie beide in reichlich großen Mengen im Universum vor und wären somit die wahrscheinlichsten Grundlagen für Leben. Doch wenn man dem Ganzen mehr auf den Grund geht, merkt man schnell, dass wir hier zwei falsche Verwandte vorliegen haben. Silizium ist zwar genau wie Kohlenstoff dazu in der Lage vier äußere Bindungen einzugehen, doch diese sind viel instabiler, als die des Kohlenstoffs, was unter anderem an dem enormen Größenunterschied der beiden Atome liegt. Silizium ist in etwa dreieinhalb mal so groß wie Kohlenstoff, weshalb Silizium auch viel weniger anfällig für die Bildung großer und komplexer Molekülketten ist, wie es Kohlenstoff mit Leichtigkeit und auch regelmäßig tut.¹⁴ Neben dieser Schwierigkeit ist Silizium zudem sehr instabil in Verbindung mit Sauerstoff. In Anwesenheit von Sauerstoff reagiert es mit diesem zu festen **Silikatmineralien**. Silizium besitzt eine starke Affinität zu Sauerstoff, wodurch es bei Kontakt mit Wasser beginnt Siliziumdioxidhüllen zu bilden und dem Wasser den Sauerstoff zu entziehen, wodurch sich Wasser nicht als kompatibles Lösungsmittel, wie bei Kohlenstoff, eignet. Doch es bestehen mögliche Alternativen. Verträgliche Lösungsmittel für ein System auf Siliziumbasis wären alle Verbindungen, die Methylgruppen enthalten, wie Methan und Ethan. Zur Vermeidung der Entstehung von Silikatmineralien ist eine beinahe sauerstofffreie Atmosphäre auf einem Planeten notwendig, doch dadurch würde einer der wichtigsten Stoffe des organischen Lebens verloren gehen und ein Ersatz müsste vorliegen. Hierfür ist am besten Schwefel geeignet, da die Verhältnisse der Bindungsenergie von Siliziummolekülen zu Silizium-Schwefel-Molekülen ähnlich zu den von Kohlenstoff- und Kohlenwasserstoffmolekülen sind. Durch diese Ähnlichkeit der Energieverhältnisse liegt eine hohe Wahrscheinlichkeit auf eigenständige und sich entwickelnde Reaktionen vor, was die Chancen auf bereits bestehendes Leben auf Siliziumbasis signifikant anhebt. Außerdem könnte in wasserstoffarmen Umgebungen, eben dieses fehlende Element durch Halogene wie Chlorid ausgetauscht werden. Durch diesen Austausch ist die Bildung von wasserstofffreien Silanen möglich,

14 Neumeier, Claudia: Warum besteht Leben aus Kohlenstoff
(<https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/warum-besteht-das-leben-aus-kohlenstoff-100.html>) Stand:03.09.2021

welche verschiedenste Formen von flexiblen, makromolekularen Anordnungen bilden können. Diese Bindungsmöglichkeiten von Formen wie Fäden, Röhren, Spiralen ect. ähnelt den von Lipiddoppelschichten und DNA-Strängen aus der organischen Biochemie und somit der Basis des irdischen Lebens.¹⁵ Doch neben all diesen Schwierigkeiten, Problemen und Umwegen hat eine Siliziumbasis auch mehrere Vorteile. Ein Lebewesen, welches aus Siliziumverbindungen besteht, hätte eine viel höhere Kälte-, Wärme- und Druckresistenz als eine organische Lebensform und könnte in großer Kälte sogar leichter gedeihen und sich entwickeln, als in der Umgebung in der es optimal für organische Wesen wäre. Des Weiteren wäre es für diese Form von Leben auch ein viel geringeres Problem mit weniger Sonnenlicht auszukommen, da sie ihre Energie vermutlich durch die **Chemosynthese** gewinnen¹⁶, bei der sie Gestein abbauen und die frei werdende Energie der **exergonen Redoxreaktionen** durch ihr stark geladenes Zellplasma aufnehmen¹⁷. Diese sich von Reaktionsenergie ernährenden Lebensformen könnten einen unheimlich langsamen **Metabolismus** und eine damit einhergehende lange Lebensdauer haben. Siliziumbasiertes Leben bräuchte also nicht nur eine nahezu sauerstoff- und wasserfreie Umgebung mit einem hohen Schwefelanteil, um überhaupt existieren zu können, sondern auch eine äußerst kalte Umwelt, um flüssiges Wasser vermeiden zu können, in der außerdem genügend unterschiedliche Mineralverbindungen vorhanden sind, aus denen Energie gewonnen werden kann. Doch neben Silizium, als wahrscheinlichsten Variante von anorganischem Leben, stehen auch Überlegungen mit Ammoniak im Raum. Die verschiedensten Makromoleküle, wie Proteine und Aminosäuren enthalten Verbindungen mit Ammoniak, was es zu einer möglichen Basis für Leben macht, allerdings bräuchte es aufgrund seiner Oxidation mit Sauerstoff ähnliche Umweltbedingungen wie Silizium, welches viel häufiger im Universum vorliegt und

15 Rampelotto, Pablo Henrique: The search for life on other Planet: Sulfur-based, silicon-based, ammonia-based life, Journal of Cosmology (<http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao@80/2010/06.29.20.11.27/doc/SearchForLife120.html?metadatarepository=&mirror=dpi.inpe.br/plutao@80/2008/08.19.15.01.21>) Stand: 2010

16 John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life (<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 20:59-25:20

17 Wikipedia: Lithotrophie (<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithotrophie#Chemolithotrophie>) Stand: 08.12.2022

einfacher stabile und komplexe Molekülketten bildet, was dazu führt, dass Ammoniak als Lebensgrundlage nicht unmöglich aber unwahrscheinlicher ist, als Silizium und Kohlenstoff.¹⁸

4.3 Die Verwandten des Lebens

4.3.1 Die Spezies der künstlichen Intelligenz

Leben ist nicht nur auf natürliche Weise möglich, was wenn es entworfen werden kann? Das Universum ist Milliarden Jahre alt, doch bereits zu Beginn hätten Lebensformen auf verschiedensten Grundlagen entstehen, ihren Weg der Evolution einschlagen und sehr früh für uns unvorstellbare Intelligenz und technologischen Fortschritt erreichen können. Doch irgendwann werden auch diese Spezies durch unterschiedlichste Faktoren nicht mehr auf ihrem Heimatplaneten existieren. Das Einzige was von ihnen bliebe, wären die Technologien und damit auch **Seed-AI's**, welche in der Lage sein könnten, sich selbständig zu reproduzieren und auszubreiten.¹⁹ Dieses synthetische und maschinenbasierte Leben wäre von keinerlei biochemischen Faktoren, wie der



Abbildung 4: Quelle: Youtube: John D. Boswell

ischen Faktoren, wie der Oxidation in Verbindung mit Sauerstoff oder der Notwendigkeit von Wasser, eingeschränkt und überschreitet somit bisherige unüberwindbare

Grenzen. Diese Art von intelligentem Leben hätte überall eine Chance zu entstehen und sich zu entwickeln, selbst in dem riesigen Vakuum des Weltraums hat es mit keinen Problemen zu kämpfen. Außerdem ist es über keine Art von natürlicher Auslese beschränkt und könnte sich somit exponentiell entwickeln und in

18 Rampelotto, Pablo Henrique: The search for life on other Planet: Sulfur-based, silicon-based, ammonia-based life, Journal of Cosmology (<http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao@80/2010/06.29.20.11.27/doc/SearchForLife120.html?metadataarepository=&mirror=dpi.inpe.br/plutao@80/2008/08.19.15.01.21>)Stand: 2010

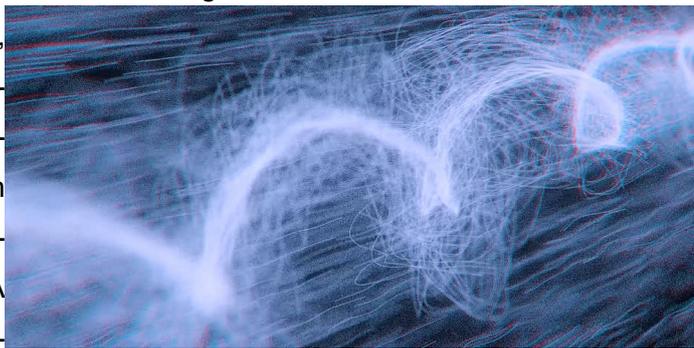
19 Naudé, Wim : Extraterrestrial Artificial Intelligence: The Final Existential Risk?, RWTH Aachen University and IZA (<https://repec.iza.org/dp15924.pdf>) 02.2023

unfassbar kurzer Zeit enorme Anpassungs- und Widerstandsfähigkeiten entwickeln und somit ganze Galaxien in nur wenigen Millionen Jahren bevölkern, doch es könnten Konvergenzen in ihrer Evolution zu unserem technischen Stand entstehen. Die elektrischen Eigenschaften von Silizium, welches heutzutage als vielseitiger Halbleiter eingesetzt wird, könnte es zu einer Grundlage der maschinellen Intelligenz machen. Diese Nutzbarkeit von Silizium würde dessen biologischen Nachteil in der Entstehung von Leben ausgleichen und maschinelles Leben, aufgrund seines hohen Vorkommens im Universum, zu einem der wahrscheinlichsten und erfolgreichsten Varianten von intelligentem Leben machen.²⁰

4.3.2 Die Lebenswolken

Einer der vermutlich unwahrscheinlichsten Orte für Leben wären wohl Staubwolken in sonst leerem Raum, aber auch hier hat das Universum ungeahnte Vorgänge zu bieten. Als, unter simulierten Bedingungen, **kosmischer Staub** auf **Plasma** trifft, passiert etwas Ungewöhnliches. Die Staubteilchen beginnen sich selbständig zu ordnen und spiralförmige Strukturen zu bilden, die der uns bekannten organischen DNA ähneln. Sobald diese Strukturen bestehen,

beginnen sie Verhaltensweisen zu zeigen, die so nur von organischen Verbindungen, wie der DNA und Proteinen be-



kannt sind, sie beginnen sich zu teilen und selbständig zu kopieren. Diese Teilchen bewirken die selbe Veränderung auch auf ihre Umgebung aus, bis alle instabilen Strukturen zerfallen sind und nur die stabilen und komplexen Formen vorliegen. Diese Weitergabe von Informationen, und damit einhergehende Veränderung der umliegenden Teilchen, kann als anorganische Evolution gesehen

20 John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life
(<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 30.09-34:47

werden und würde dieses Verhalten von Plasmateilchen und interstellarem Staub zueinander als anorganisches Leben klassifizieren.²¹

5 Mögliche Planeten für Leben

Der bei Astronomen beliebteste und vielversprechendste Ort für Leben wäre der Saturnmond Titan. In der stabilen und wolkenreichen Atmosphäre des Titan liegt zwar kein Sauerstoff vor, was die Möglichkeit auf organisches Leben ausschließt, aber die des anorganischen Lebens nur verstärkt. Auf dem Titan befinden sich außerdem riesige Seen aus flüssigem Methan, welches ein perfektes Lösungsmittel für siliziumbasiertes Leben darstellt. Des Weiteren betragen die Temperaturen auf der Oberfläche des Titan im Durchschnitt minus 180 Grad Celsius und erfüllen somit ein weiteres Kriterium für Leben auf Siliziumbasis. Mit diesen Voraussetzungen ist der Titan der optimale Kandidat für anorganisches Leben in unserem Sonnensystem.²²

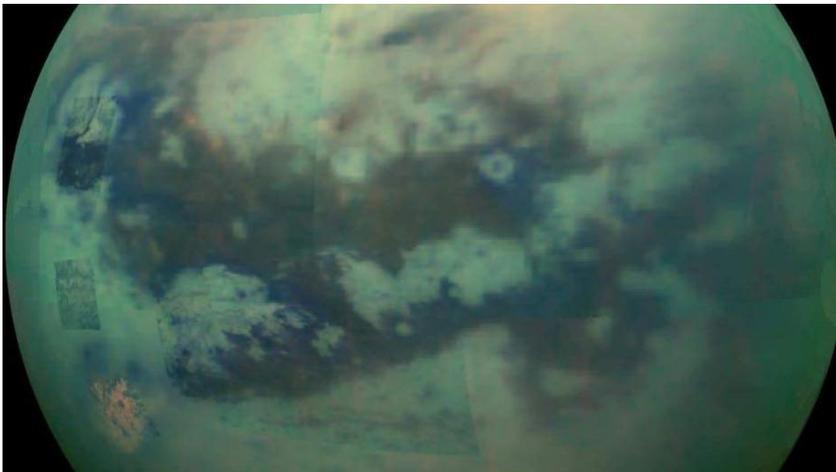


Abbildung 6: Quelle: National Geographic

- 21 Deiters, Stefan: Anorganisches Leben im interstellaren Staub?
(<https://www.astronews.com/news/artikel/2007/08/0708-027.shtml>) Stand:17.08.2007
- 22 Schulze-Makuch, Dirk/2. Irwin, Louis N.: Life in the Universe, Expectations and Constraints III, Berlin Heidelberg 2018 (Springer-Verlag;
<http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/72075/1/183.pdf>) S.217-220
TheSimplySpace: NASA hat endlich Leben auf dem TITAN entdeckt!
(<https://youtu.be/iTDLd18ugjQ>) 18.12.2022

Ein weiterer beliebter Planet mit der Aussicht auf Leben ist Proxima Centauri B, der erdnächste Exoplanet außerhalb unseres Sonnensystems. Er liegt nicht nur in der habitablen Zone seines Sterns, dem roten Zwerg Proxima Centauri, und beinhaltet somit die Möglichkeit auf flüssiges Wasser, sondern hat ebenfalls eine erdähnliche Masse, Atmosphäre und eine Dichte, die auf einen Felsplaneten schließen lässt. Dieser der Erde beinahe identische Exoplanet könnte der erste, entdeckte Planet sein, der Leben wie wir es kennen beherbergt.²³

6 Und nun?

Schlussendlich wissen wir, worauf außerirdisches Leben theoretisch basieren könnte, doch dies ist keine wirkliche Erkenntnis. Alle Forschungen zu extraterrestrischen Lebensformen basieren auf Theorien, Spekulationen, Simulationen und Vermutungen in Verbindung mit ähnlichen Kenntnissen, doch bewiesen ist nicht einmal ein kleines Bakterium. Ob wir sie irgendwann finden oder sie vielleicht sogar uns, kann aktuell noch niemand sagen. Wie so oft in der Wissenschaft wird es wohl noch Jahre, wenn nicht sogar Jahrzehnte, dauern, bis etwas handfestes zum Vorschein kommt, aber bis dahin können wir gespannt sein, weitere Theorien aufbauen und spekulieren, wie unsere interstellaren Verwandten wohl aussehen mögen. Doch vielleicht wird sich uns ja auch schon bald ein extraterrestrisches Lebewesen zeigen und all die Fragen beantworten.

²³ John D. Boswell: The sights of space: A voyager to spectacular alien worlds (https://youtu.be/HTHj_pvEYYE) 29.11.2022 5:00-7:55
Wikipedia: Proxima Centauri B (https://de.wikipedia.org/wiki/Proxima_Centauri_b) Stand: 29.12.2022

7 Anhang

7.1 Verzeichnisse

7.1.1 Literaturverzeichnis

B

Bildungsserver: Atmosphäre ([https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.Php/Atmosphäre_\(einfach\)#:~:text=Die%20Erdatmosphäre%20schützt%20uns%20vor,die%20Temperaturen%20überhaupt%20Leben%20ermöglichen](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.Php/Atmosphäre_(einfach)#:~:text=Die%20Erdatmosphäre%20schützt%20uns%20vor,die%20Temperaturen%20überhaupt%20Leben%20ermöglichen)) Stand:09.06.2018

C

Cavicchioli, Ricardo: Extremophile and the Search for Extraterrestrial Life (<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=fc5b9ce982a33aff24c899db4421daf9d8c53efc>) 2002

Chemie.de: Chemische Reaktionen (https://www.chemie.de/lexikon/Chemische_Reaktion.html)

Cordis:Wissenschaft im Trend – Sind wir alleine? (<https://cordis.europa.eu/article/id/421424-trending-science-are-we-alone-discovery-of-billions-of-earth-like-planets-may-hold-the-answer/de>) Stand: 02.06.2020

D

Deiters, Stefan: Anorganisches Leben im interstellaren Staub (<https://www.astronews.com/news/artikel/2007/08/0708-027.shtml>) Stand:17.08.2007

J

John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life(<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 4:08-6:10

John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life (<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 20:59-25:20

John D. Boswell LIFE BEYOND II: The Museum of Alien Life (<https://youtu.be/ThDYazipjSI>) 07.10.2020, 30.09-34:47

John D. Boswell: The sights of space: A voyager to spectacular alien worlds (https://youtu.be/HTHj_pvEYYE) 29.11.2022 5:00-7:55

M

Mrschtik,Michaela Maya: Mit veränderten Enzymen können wir ganz neue Moleküle herstellen (<https://www.spektrum.de/news/mit-veraenderten-enzymen-koennen-wir-ganz-neue-molekuele-herstellen/1596196>) Stand:03.10.2018

N

Naudé, Wim : Extraterrestrial Artificial Intelligence: The Final Existential Risk?, RWTH Aachen University and IZA (<https://repec.iza.org/dp15924.pdf>) 02.2023

Neumeier, Claudia: Warum besteht Leben aus Kohlenstoff (<https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/warum-besteht-das-leben-aus-kohlenstoff-100.html>) Stand:03.09.2021

S

Schneider, Peter: Lebenssuche im Weltall - Bisher erdähnlichster Planet entdeckt, (<https://www.galileo.tv/weltall/lebenssuche-im-weltall-bisher-erdahnlichster-planet-entdeckt/>) Stand: 14.09.2021

Schulze-Makuch, Dirk/2. Irwin, Louis N.: Life in the Universe, Expectations and Constraints III, Berlin Heidelberg 2018 (Springer-Verlag; <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/72075/1/183.pdf>)

-S.101-106
-S.217-220

Scinexx: Gewaltige Einschläge prägen das frühe Leben auf der Erde (<https://www.scinexx.de/news/geowissen/gewaltige-einschlaege-praegten-fruehes-leben-auf-der-erde/>) Stand: 26.04.2012

StudySmarter: Zellatmung (<https://www.studysmarter.de/schule/biologie/zellbiologie/zellatmung/>)

T

TheSimplySpace: NASA hat endlich Leben auf dem TITAN entdeckt! (<https://youtu.be/iTDLd18ugjQ>) 18.12.2022

R

Rampelotto, Pablo Henrique: The search for life on other Planet: Sulfur-based, silicon-based, ammonia-based life, Journal of Cosmology (<http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao@80/2010/06.29.20.11.27/doc/SearchForLife120.html?metadatarepository=&mirror=dpi.inpe.br/plutao@80/2008/08.19.15.01.21>) Stand: 2010

W

Wikipedia:

-Lebewesen (https://de.wikipedia.org/wiki/Lebewesen#Aufbau_von_Lebewesen)
Stand:02.03.2023

-Lithotrophie (<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithotrophie#Chemolithotrophie>)
Stand: 08.12.2022

-Kryophilie ([https://de.wikipedia.org/wiki/Kryophilie#:~:text=Kryophile%20\(von%20altgriechisch%20κρύος%20krýos,der%20Kälteliebenden%20\(Psychrophile%20dar.\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kryophilie#:~:text=Kryophile%20(von%20altgriechisch%20κρύος%20krýos,der%20Kälteliebenden%20(Psychrophile%20dar.))) Stand: 15.01.2022

-Proxima Centauri B (https://de.wikipedia.org/wiki/Proxima_Centauri_b) Stand: 29.12.2022

-Thermophilie (<https://de.wikipedia.org/wiki/Thermophilie#:~:text=Man%20nimmt%20an%2C%20dass%20die,DNA-Reparatursystem%20damit%20überfordert%20wäre>) Stand: 14.02.2022

7.1.2 **Abbildungsverzeichnis**

Deckblatt:

-<https://www.greselius.de>

-https://de.freepik.com/fotos-kostenlos/ausserirdische-raumschiffe-tauchten-ueber-alten-staedten-auf-science-fiction-illustration_14402157.htm

Abbildung 1:

-<http://biorama.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/biblio/b10gfach/b35bchem/b02beinf/bein020.htm>

Abbildung 2-5:

-<https://youtu.be/ThDYazipjSI>

Abbildung 6:

-<https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2017/05/der-letzte-blick-der-nasa-auf-diesen-unheimlichen-mond>

7.2 **Fachwortregister**

A

Aktivierungsenergie

Energie die benötigt wird um eine chemische Reaktion zu starten

Anorganische Verbindung

Chemische Molekülverbindungen ohne Kohlenstoff

B

Biologisches Makromolekül

Riesige Molekülverbindungen aus sich wiederholenden und ähnlichen Strukturen

C

Chemosynthese

Gewinnung von Energie aus der Oxidation anorganischer Stoffe

D

DNA

(Desoxyribonukleinsäure) Träger der Erbinformationen eines Lebewesens

E

Exoplanet

Planeten, die außerhalb unseres Sonnensystems um andere Sterne kreisen

Enzym

Komplexes Molekül, welches chemische Reaktionen in zum Beispiel der Verdauung beschleunigt

Extremophile

Lebewesen, die unter extremen und außergewöhnlichen Umweltbedingungen leben können

Exergonen Redoxreaktionen

chemische Reaktion, bei der Elektronen übertragen werden und insgesamt Energie frei wird

F

Frances H. Arnold

US-amerikanische Biochemikerin und Chemieingenieurin am California Institut of Technology

G

Großes Bombardement

Riesige Anzahl an Asteroideneinschlägen vor 3,8 bis 4,1 Milliarden Jahren

H

Humanoid

Menschenähnlich

Hydratisierter Aggregatzustand

Anlagerung von Wassermolekülen an geladenen in Wasser gelösten Ionen

K

Kosmischer Staub

Jegliche Art von Staubvorkommen im Weltall

Kryophil

Kryophile Lebewesen bevorzugen extrem kalte Umgebungen

M

Metabolismus

Stoffwechselprozesse

O

Organische Verbindungen

Chemische Molekülverbindungen mit Kohlenstoff

P

Plasma

Gemisch aus positiven Ionen, neutralen Gasteilchen und freien Elektronen, die ständig Wechselwirkungen betreiben

Prokaryot

Einzellige Mikroorganismen

S

Seed-AI's

Selbstlernende künstliche Intelligenz, welche sich selber erweitert und verbessert

Silikatminerale

Salze, die Silizium oder Kieselsäure enthalten

T

Thermophil

Thermophile Lebewesen bevorzugen extrem warme Umgebungen

Trophogen

Als trophogen werden Vorgänge oder Dinge bezeichnet, bei denen Biomasse aufgebaut wird

7.3 Erklärung

7.3.1 Selbständige Anfertigung

Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den 08.03.2023

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

7.3.2 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den 08.03.2023

Unterschrift der Schülerin / des Schülers