

# Gibt es Spuren für weiteres Leben im Sonnensystem?

Facharbeit zum Seminarfach Astronomie

Greselius-Gymnasium Bramsche

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| Verfasserin:  | Nina Liere           |
| Fachlehrer:   | Florian Riemer       |
| Abgabetermin: | 16.03.2021, Bramsche |
| Schuljahr:    | 2020/21              |

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| 1. Einleitung.....  | 2  |
| 2. Mögliche Merkmale von „Leben“.....   | 3  |
| 3. Voraussetzungen für die Entstehung von Leben.....                                | 4  |
| 3.1. Kohlenstoff.....   | 4  |
| 3.2. Alternativen zu Kohlenstoff.....   | 5  |
| 3.3. Wasser oder alternative Stoffe als Lösungsmittel.....                          | 6  |
| 3.4. Energie.....   | 6  |
| 3.5. Zwischenfazit.....   | 6  |
| 4. Planeten und Monde, die auf der Suche nach Leben besonders interessant sind..... | 7  |
| 4.1. Venus.....   | 7  |
| 4.2. Mars.....  | 9  |
| 4.3. Jupitermond Europa.....  | 10 |
| 4.4. Saturnmonde.....   | 12 |
| 4.4.1. Titan.....   | 12 |
| 4.4.2. Enceladus.....   | 13 |
| 5. Was würde der Fund von außerirdischem Leben für uns bedeuten?.....               | 14 |
| 6. Fazit.....   | 15 |
| 7. Quellenverzeichnis.....  | 17 |
| 7.1. Literatur.....   | 17 |
| 7.2. Internetadressen.....  | 17 |
| 8. Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit.....   | 19 |
| 9. Einverständniserklärung zur Veröffentlichung.....                                | 19 |

# 1. Einleitung

Seit Jahrzehnten stellt sich die Menschheit die Frage, ob wir allein im Universum sind. Es existiert die Vorstellung von Aliens verschiedenster Arten. Durch Filme wie „E.T. - Der Außerirdische“ fasziniert die Vorstellung vom Alien als speziellem Freund des Menschen schon Kinder. Andere Regisseure hingegen bevorzugen die Darstellung von Aliens als Monster, die die Menschheit in Angst und Schrecken versetzen. Vermutlich jeder hat sich schon einmal über das Thema Gedanken gemacht. Gibt es außer uns noch anderes Leben im Universum? Wie kann dieses Leben aussehen? Manche Menschen sind sich sicher, ein UFO gesehen zu haben. Bekommen wir also bald Besuch?

Wenn uns dieses Thema also so brennend interessiert, liegt es am nächsten zunächst „klein“ anzufangen und nicht gleich die Erkundung des gesamten Universums ins Auge zu fassen. Daher lautet die Fragestellung meiner Facharbeit: „Gibt es Spuren für weiteres Leben im Sonnensystem?“. Denn vielleicht sind unsere faszinierenden Nachbarn ja näher als gedacht.

Um diese Frage jedoch beantworten zu können, sollten man sich als Erstes überlegen, was „Leben“ ist. Kann man „Leben“ überhaupt definieren? Und wenn nicht, wie will man feststellen, ob es noch andere Lebewesen in unserem Sonnensystem gibt? Nach der Auseinandersetzung mit diesem Thema geht es um die Voraussetzungen für die Entstehung von Leben. Denn dass es Leben auf unserer Erde gibt, wissen wir. Aber welche Bedingungen müssten andere Planeten erfüllen, um ebenfalls Leben beherbergen zu können? Erst wenn diese Fragen geklärt sind, lässt sich das Hauptthema und der Schwerpunkt dieser Facharbeit bearbeiten. Hier geht es um verschiedene Planeten und Monde, die bestimmte Voraussetzungen für die Entstehung von Leben erfüllen, und um Funde, die außerirdisches Leben sogar vermuten lassen. Schon seit dem 19. Jahrhundert wird beispielsweise auf dem Mars stetig nach Leben gesucht. Dabei ist der Mars gar nicht der einzige Planet, auf dem Leben existieren könnte. Außerdem wird es um die Bedeutung möglicher Funde außerirdischen Lebens für unsere

Menschheit gehen. Warum suchen wir überhaupt nach anderem Leben? Woher kommt die Faszination? Zuletzt folgt ein Fazit, welches die wichtigsten Erkenntnisse im Bezug auf die oben genannte Fragestellung zusammenfasst.

## 2. Mögliche Merkmale von „Leben“

Eine eindeutige und vor allem allgemein akzeptierte Definition von „Leben“ ist bis heute nicht vorhanden, weshalb Biologen auf bestimmte Merkmale von Lebewesen zurückgreifen. Ein Kriterium sind Kompartimente, da Lebewesen aus mindestens einer Zelle bestehen, die, von einer Zellmembran umgeben, ein Kompartiment ergibt. Außerdem muss ein, vereinfacht gesagt, „genetischer Bauplan“<sup>1</sup> existieren, der in Proteine übersetzt wird, da diese lebenswichtig sind. In Wechselwirkung mit der Umwelt ist der Stoffwechsel zur Selbsterhaltung ein weiteres Merkmal, ebenso wie die Katalyse, durch die wichtige Reaktionen innerhalb des Lebewesens durch Katalysatoren, wie zum Beispiel Enzyme beschleunigt werden. Ein konstant zu haltender interner Zustand, die Homöostase, wird durch Selbstregulation erreicht. Auch das Wachstum und die Weitergabe der genetischen Informationen an Tochterzellen gilt als Merkmal des Lebens.<sup>2</sup> Außerdem wird die Entwicklung und Anpassung von Lebewesen, die Evolution, als Kriterium angesehen.<sup>3</sup>

Bis heute gilt die Zelle als das einfachste lebende System. Ob Systeme, die die Kriterien nur teilweise erfüllen, als Lebewesen gelten, steht in der Diskussion. Außerdem ist bis jetzt nur Leben bekannt, welches DNA oder RNA als Grundlage besitzt, was aber nicht ausschließt, dass es auch Leben geben könnte, das auf anderen chemischen Stoffen als Kohlenstoff beruht, wie es hier auf der Erde der Fall ist.<sup>4</sup>

Zusammengefasst kann man jedoch festhalten, dass Leben nicht gleich auch „intelligentes Leben“ bedeutet, sondern schon sehr viel früher an-

---

1 <https://www.synthetische-biologie.mpg.de>

2 <https://www.synthetische-biologie.mpg.de>

3 <https://www.gut-erklaert.de>

4 <https://de.wikipedia.org/wiki/Leben>

fängt. Es kann unterschiedlich komplex sein, beispielsweise ist auch ein Bakterium schon ein Lebewesen. Auch der Fund von solchen einfachen Lebensformen wäre schon ein Fortschritt für unsere Forschung, da sie die Grundlage für die Entwicklung von komplexerem Leben sein können.

### 3. Voraussetzungen für die Entstehung von Leben

Um überhaupt Leben hervorbringen können, muss ein Planet oder ein Mond jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllen.

#### 3.1. Kohlenstoff

Das Leben auf der Erde bezeichnet man auch als „CHNOPS-Leben“<sup>5</sup>, da es aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Sauerstoff (O), Phosphor (P) und Schwefel (S) besteht.<sup>6</sup> Kohlenstoff ist dabei besonders wichtig. Er ist eine vielseitige chemische Basis und geht gerne Mehrfachbindungen mit anderen Atomen ein, wodurch er die einzelnen Bestandteile komplexer Lebensmoleküle kombiniert. Ein Kohlenstoffatom kann ein Formaldehydmolekül zusammenhalten,<sup>7</sup> welches ein Vorgänger für viele komplexe organische Moleküle im interstellaren Medium<sup>8</sup>, also im Raum zwischen den Sternen,<sup>9</sup> sein könnte.<sup>10</sup> Dementsprechend könnte Kohlenstoff auch auf anderen Planeten die vielversprechendste Grundlage für die Entstehung von Leben sein. Er besitzt eine wichtige biologische Bedeutung, weshalb Verbindungen mit Kohlenstoff und Wasserstoff als „organisch“ beschrieben werden. Solche kommen beispielsweise in lebenswichtigen Aminosäuren vor. Auf der Erde kennen wir nur 20 Aminosäuren, obwohl theoretisch hunderte verschiedene Aminosäuren möglich wären. So liegt die Vermutung nahe, dass auf anderen Planeten ganz andere Amino-

5 Aleksandar Janjic, S. 211-212

6 Aleksandar Janjic, S. 211-212

7 Time Life, S. 30-31

8 <https://de.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>

9 <https://astro.uni-bonn.de>

10 <https://de.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>

säuren vorkommen, sofern die Chemie auf Kohlenstoff basiert. Diese Aminosäuren wiederum sind die Bausteine von Peptidketten und eine oder mehrere Peptidketten bilden ein Protein.<sup>11</sup> Proteine übernehmen in unserem Körper vielfältige Funktionen und sind daher lebenswichtig.<sup>12</sup> Außerdem ist die Anordnung der Aminosäuren die Grundlage für den Aufbau von Proteinen, aus denen jedes bislang beschriebene Lebewesen aufgebaut ist.<sup>13</sup>

### 3.2. Alternativen zu Kohlenstoff

Da Kohlenstoff also existenziell für das irdische Leben ist, ergibt sich die Frage, ob Leben auch auf anderen Elementen basieren könnte. Ein alternatives Element wäre Silicium, der „engste Verwandte“<sup>14</sup> von Kohlestoff im Periodensystem. Es kann lange Molekülketten bilden und hat damit ähnliche Eigenschaften wie Kohlenstoff.<sup>15</sup> Jedoch sind Mehrfachbindungen im Vergleich zu Kohlenstoff dennoch schwerer herzustellen<sup>16</sup> und Silicium-Sauerstoff-Bindungen nahezu unauflöslich. So reagieren die Silikone, also Molekülketten mit Silicium und Sauerstoff, kaum miteinander, was eine schlechte Grundlage für komplexe Lebensformen ist,<sup>17</sup> da Reaktionen für die Entstehung von Leben nötig sind.<sup>18</sup>

Es gibt auch noch andere Elemente, die eventuell eine Basis für Leben darstellen könnten, sie gelten jedoch als noch schlechter geeignet als Silicium.<sup>19</sup>

---

11 Time Life, S. 30-31

12 Westermann, S. 24

13 Aleksandar Janjic, S. 213

14 Time Life, S. 86

15 Time Life, S. 86

16 <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus>

17 Time Life, S. 86

18 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 30

19 Time Life, S. 86

### 3.3. Wasser oder alternative Stoffe als Lösungsmittel

Flüssiges Wasser ist eine wichtige Voraussetzung für viele, vielleicht sogar alle Lebensformen.<sup>20</sup> Es ist ein Lösungsmittel, in dem Moleküle sich bewegen und reagieren können, was wichtig für die Entstehung von Leben ist. Chemie, Druck und Temperatur bestimmen, ob es Flüssigkeiten gibt, und sind daher limitierende Faktoren, wenn es ein Lösungsmittel geben soll. Eine Alternative zu Wasser könnte theoretisch Ammoniak oder Methanol sein, denn Wasser muss nicht zwangsläufig das einzig geeignete Lösungsmittel sein, das es gibt, nur weil wir es als solches auf der Erde kennen.<sup>21</sup>

### 3.4. Energie

Diese Voraussetzungen alleine reichen jedoch noch nicht aus, um wirklich Leben hervorzubringen. Es braucht Energie, die die Moleküle dazu bringt, miteinander zu interagieren. Auf der Erde löst die UV-Strahlung der Sonne Reaktionen aus, durch die vereinfacht gesagt, Leben entstand, vor allem, da diese Strahlung damals noch sehr viel stärker war. Wenn auf Planeten oder Monden Leben entstehen soll, braucht es das richtige Maß an UV-Strahlung. Dieses könnten auch rote Zwerge liefern. Sie sind jedoch lichtschwach und es kommt häufig zu stellaren Flairs, also Strahlungsausbrüchen, die mögliches Leben wieder zerstören könnten. Der einzige Stern von dem wir momentan sicher wissen, dass in seiner Umgebung Leben entstehen kann, ist daher unsere Sonne.<sup>22</sup>

### 3.5. Zwischenfazit

Ein Planet muss also nicht zwangsläufig „erdähnlich“<sup>23</sup> sein, um Leben beherbergen zu können. Da wir jedoch nur das irdische Leben kennen, ist es schwer, sich andere Lebensformen vorzustellen.<sup>24</sup>

---

20 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 20-21

21 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 30

22 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>

23 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 30

24 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 30

Daher ist beispielsweise Wasser trotzdem ein wichtiger Indikator auf der Suche nach Leben, da wir hiervon wissen, dass es sicher als Grundlage für Leben fungieren kann. Anhand von den genannten Voraussetzungen kann man besser beurteilen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit von Leben auf bestimmten Planeten oder Monden ist.

## **4. Planeten und Monde, die auf der Suche nach Leben besonders interessant sind**

### **4.1. Venus**

Die Temperaturen auf der Venus sind mit etwa 480 °C sehr hoch, ebenso wie der Druck, was auf Kohlenstoff basierendes Leben unwahrscheinlich macht. Mikroben könnten dennoch überleben, aber nur, wenn sie resistent gegen die hochkonzentrierte Schwefelsäure der Venusatmosphäre sind.<sup>25</sup> Bis vor wahrscheinlich etwa 700 Millionen Jahren<sup>26</sup> war die Venus vermutlich erdähnlich.<sup>27</sup> Eventuell gab es sogar flüssiges Wasser, was aber aufgrund der Erhitzung der Sonne verdampfte. Auch ist nicht auszuschließen, dass es damals vielleicht Leben auf der Venus gab, bis der galoppierende Treibhauseffekt einsetzte. Spekulationen behaupten, das Leben könnte von der Venus durch Panspermie auf die Erde gebracht worden sein.<sup>28</sup> Die Panspermie-Hypothese sagt aus, dass einfache Lebensformen sich über große Distanzen durch das All bewegen könnten, zum Beispiel innerhalb eines Meteoriten, und so die Anfänge des Lebens auf unsere Erde gebracht hätten.<sup>29</sup>

Es gibt jedoch auch heute noch einige Indizien dafür, dass Leben auf der Venus, beziehungsweise eher in ihrer Atmosphäre existieren könnte. In dieser befindet sich Wolken, die aus Schwefelsäure sowie chlor- und phosphorhaltigen Aerosolen bestehen. Mikroorganismen, die sich an diese

25 Time Life, S. 104

26 <https://www.scinexx.de>

27 Time Life, S. 104

28 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus)

29 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>



Bedingungen angepasst haben, könnten hier leben.<sup>30</sup> Außerdem wurden Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxid zusammen in der Atmosphäre gefunden, ein Hinweis für biologische Prozesse, ebenso wie sich verändernde UV-Schatten, die man auf Fotografien der Venus erkennen kann. Diese kommen zustande, wenn die UV-Strahlung auf die Venus scheint, Teilchen in der Atmosphäre diese aber absorbieren. Diese Teilchen haben vermutlich etwa die Größe von Bakterien,<sup>31</sup> könnten also „Kolonien von Mikroorganismen“<sup>32</sup> in der Venusatmosphäre sein. Vulkane auf der Venus könnten Nährstoffe liefern. Das jedoch wohl momentan entscheidendste Indiz wurde im September 2020 veröffentlicht.<sup>33</sup> Forscher haben die Venusatmosphäre mit dem Radioteleskop James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) untersucht und dabei Monophosphan (PH<sub>3</sub>) entdeckt. Das genauere Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) bestätigte den Fund. Für Lebewesen, die Sauerstoff zum Leben benötigen, ist der Stoff hochgiftig, für anaerobe Lebewesen jedoch nicht. Und das Entscheidende: Bisher ist der Bestand von Monophosphan ohne biologische Prozesse nicht erklärbar. Das heißt anders formuliert, es erscheint momentan sehr unwahrscheinlich, Monophosphan zu finden, ohne dass Leben existiert. Zudem ist es mit entsprechenden Teleskopen sehr gut erkennbar, das heißt die Wahrscheinlichkeit, dass nur ein Fehler in der Messung vorliegt, ist sehr gering.<sup>34</sup> Nun stellt sich aber die Frage, ob dieser Fund auch ein Beweis für Leben in der Venusatmosphäre ist. Das Monophosphan könnte beispielsweise durch bisher unbekannte chemische Prozesse entstehen, die wir von der Erde nicht kennen. Zudem ergaben neuere Messungen mit dem ALMA-Teleskop, dass der Monophosphangehalt geringer ist als ursprünglich angenommen.

Laut den Forschern schein die Konzentration zeitlich und räumlich zu variieren. Im Frühjahr 2021 könnte ALMA neue Informationen liefern.<sup>35</sup> Dem-

---

30 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus)

31 <https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x>

32 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus)

33 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus)

34 <https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x>

35 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus)

entsprechend gibt es momentan noch keinen Beweis für Leben auf der Venus, die Entdeckungen müssen vorerst als Indiz eingeordnet werden.

## 4.2. Mars

Ein anderer Planet, auf dem seit Jahrzehnten nach Leben gesucht wird, ist der Mars. Damals war er wahrscheinlich erdähnlich mit höheren Temperaturen und flüssigem Wasser, weshalb Leben entstanden sein könnte.<sup>36</sup> Heute schwanken die Temperaturen auf dem Mars zwischen -125 °C und 20 °C und flüssiges Wasser ist auf der Oberfläche nicht vorhanden.<sup>37</sup> Dennoch ist Leben nicht ausgeschlossen.

1976 führten die Raumsonden Viking 1 und 2 chemische und biologische Experimente mit dem Marsboden durch.

Das chemische Experiment suchte nach organischen Substanzen im Marsboden. Auf Kohlenstoff aufbauende organische Substanzen konnten jedoch nicht nachgewiesen werden. Die drei biologischen Experimente beruhten auf möglichen Stoffwechselaktivitäten und Photosynthese. Alle verliefen positiv, ein Indiz für Leben auf dem Mars. Da das chemische Experiment aber negativ verlief, kann man nicht von einem Beweis für Leben sprechen.<sup>38</sup>

Interessant für die Forschung ist der Marsmeteorit Nakhla, in dem 1999 biomorphe Spuren und Aminosäuren gefunden wurden. Da jedoch eine irdische Kontamination der Oberfläche nicht ausgeschlossen werden kann, wurde 2006 eine Probe aus dem sicher nicht kontaminierten Inneren des Meteoriten entnommen, die kohlenstoffhaltige Materialien enthielt. Außerdem fand man Spuren, die denen von Bakterien ähneln.<sup>39</sup>

Zudem fand 2018 der Mars-Rover „Curiosity“ organische Moleküle in einer Gesteinsprobe des Mars. Die Ingenieurin für Planetenschutz Dr. Moogega Stricker beschreibt diesbezüglich: „Das heißt nicht, dass es dort Leben gibt,

---

36 Dirk Schulze-Makuch, William Bains: S. 226-227

37 Time Life, S. 102

38 [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_dem\\_Mars](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_dem_Mars)

39 [https://de.wikipedia.org/wiki/Nakhla\\_\(Meteorit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Nakhla_(Meteorit))

aber es ist ein guter Hinweis, dass es auf dem Mars Leben geben könnte“.<sup>40</sup>

Inzwischen wissen wir sogar von flüssigem Wasser, was sich unter der Eiskappe am Südpol des Mars befindet. Es ist stark salzhaltig, weshalb es trotz der niedrigen Temperaturen flüssig bleibt. Dennoch wäre das Leben von Mikroben in diesem Wasser möglich, da sie auch auf der Erde unter ähnlichen Bedingungen überleben können.<sup>41</sup> Solche subglazialen Seen kennen wir von der Erde, ein Beispiel ist der Wostoksee in der Antarktis.<sup>42</sup>

Gerade in der Gegenwart tut sich einiges in der Erforschung des Mars. Der Rover „Perseverance“ der Mission „Mars 2020“ landete am 18. Februar 2021.<sup>43</sup> Er soll unter anderem Bodenproben nehmen, welche dann in einer weiteren Mission auf die Erde gelangen und erforscht werden können. Untersucht wird dabei der ausgetrocknete See „Jezero Crater“. Ein Hauptziel ist die Suche nach Spuren früheren mikrobiellen Lebens.<sup>44</sup> Der Rover ist beispielsweise mit 23 Kameras ausgestattet, die neben der Anfertigung von Farbfotos auch bei der Suche nach Gesteins- oder Bodenproben und bei der Ausrichtung des „Arms“ helfen sollen.<sup>45</sup> Dieser ist für die Analyse des Bodens zuständig. Außerdem entnimmt er mit einem Bohrer die Proben und verpackt diese in Probensammelrohre.<sup>46</sup> Dementsprechend gibt es also auf dem Mars noch keine Beweise für Leben, die Forschung schreitet aber fort, denn der Mars scheint sehr interessant bei der Suche nach Leben zu sein.

### **4.3. Jupitermond Europa**

Die Vermutung nach Leben auf dem Jupitermond Europa besteht aufgrund seines Ozeans aus Salzwasser, der sich unter einer circa 19 km dicken

---

40 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>

41 <https://www.weltderphysik.de>

42 <https://www.esa.int>

43 <https://mars.nasa.gov/mars2020/>

44 NOZ, Samstag, 20. Februar 2021 „Bin sicher gelandet“

45 <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/cameras/>

46 <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/sherloc/>

Eisschicht befindet.<sup>47</sup> Da auf Europa Gezeitenkräfte einwirken wird er ständig verformt, was zur Erwärmung führt. So bleibt das Wasser flüssig, trotz der niedrigen Temperaturen von maximal -150 °C.<sup>48</sup> Vermutlich ist das Wasser auch im direkten Kontakt mit dem Gestein des Kernmantels. Daher könnte es hydrothermale Quellen wie auf der Erde geben. Viele Wissenschaftler glauben, dass das Leben auf der Erde an solchen Schloten entstanden sein könnte. Dabei gibt es an diesen Stellen auf der Erde nicht nur Mikroben, auch<sup>49</sup> „relativ komplexe Organismen“<sup>50</sup> wie beispielsweise Schnecken überleben hier. Das könnte also theoretisch auch auf Europa der Fall sein, sofern es genug Energie für eine ähnliche Biosphäre gibt.

In dem Buch „Das lebendige Universum“ von Dirk Schulze-Makuch und Williams Bains wird eine Modellierung der Umstände auf Europa vorgenommen. Dabei wird molekularer Wasserstoff als Energiequelle angenommen, welcher auf der Erde durch die Serpentinisierung erzeugt würde. Dieser Begriff beschreibe eine Reaktion von Wasser mit heißem Gestein. In der Modellierung werde vorausgesetzt, dass dieser Prozess auch auf Europa ablaufe, da der Mond jedoch kleiner sei als die Erde, nur in einem geringeren Maße. Zur Energiegewinnung nutze das Leben auf Europa dann die Methanogenese, also eine Reaktion zwischen Wasserstoff und Kohlendioxid zu Wasser und Methan. Laut Schulze-Makuch und Bains ergäbe die Modellierung, dass auch auf Europa genug Energie zur Verfügung stehe, um eine Biosphäre am Leben zu erhalten, selbst wenn die Biomasse im Vergleich zur Erde kleiner wäre.

Das Wissen über die genaue chemische Zusammensetzung würde helfen, besser beurteilen zu können, ob der Ozean bewohnbar sei. Gäbe es Leben auf Europa, würde es sich wahrscheinlich stark von dem auf der Erde unterscheiden und hätte einen anderen Ursprung, da Europa sich mit der Entstehung des Sonnensystems bildete und die Erde erst später. Das bedeutet auch, wenn das Leben schon vor langer Zeit entstanden wäre, hätte es viel

---

47 <http://www.monde.de>

48 [https://de.wikipedia.org/wiki/Europa\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europa_(Mond))

49 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 230-231

50 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 231

Zeit zur Weiterentwicklung gehabt. Inzwischen könnte es sogar vielzelliges, komplexes Leben geben.<sup>51</sup>

Weiter wurden auf Europa auch Schichtsilikate gefunden. Sie kommen wahrscheinlich von einem Objekt, was in einem flachen Winkel eingeschlagen und so nicht verdampft ist oder sich in die Kruste eing bohrt hat. Solche Objekte bringen oft organische Verbindungen mit sich.<sup>52</sup>

Dennoch ist Europa auch hoher Strahlung ausgesetzt, was nicht alle Organismen aushalten können. Zudem ist die Oberfläche teilweise mit Wasserstoffperoxid und konzentrierter Schwefelsäure bedeckt, welche vermutlich von unterseeischem Vulkanismus stammen. Diese Voraussetzungen sind somit eher lebensfeindlich. Im Jahr 2022 soll unter anderem auch Europa mit der JUICE-Sonde der ESA weiter erforscht werden.<sup>53</sup> Also gilt für Europa das Gleiche wie für den Mars oder die Venus, man kann nur von verhältnismäßig guten Voraussetzungen und Indizien sprechen.

## **4.4. Saturnmonde**

### **4.4.1. Titan**

Wasser kann aufgrund von niedrigen Temperaturen auf der Oberfläche nicht in flüssiger Form vorkommen, wodurch Leben hier eher unwahrscheinlich ist und maximal in Vorstufen vorkommen könnte.<sup>54</sup> Der Eismond ist jedoch teilweise mit Seen aus einer Mischung aus Ethan und Methan überzogen, welche als Lösungsmittel, in dem sich organische Moleküle gut lösen, fungieren können.<sup>55</sup> Die chemische Aggressivität ist geringer als die von Wasser, wodurch Riesenmoleküle wie beispielsweise DNA in den Seen auf dem Titan stabiler sind.<sup>56</sup> Dementsprechend gibt es also viel Flüssigkeit und auch organische Moleküle wurden gefunden, sodass wichtige

---

51 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 230-232

52 <https://physik.cosmos-indirekt.de>

53 [https://de.wikipedia.org/wiki/Europa\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europa_(Mond))

54 [https://de.wikipedia.org/wiki/Titan\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_(Mond))

55 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 228

56 [https://de.wikipedia.org/wiki/Titan\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_(Mond))

Voraussetzungen für Leben auf dem Titan bestehen würden. Ein Problem stellt jedoch die Oberflächentemperatur von etwa  $-179\text{ °C}$  dar, da chemische Reaktionen unter diese Bedingungen nur langsam ablaufen können oder sogar einen Energieschub benötigen. Eine Ausnahme könnten aber „ökologische Nischen“<sup>57</sup> darstellen, also Stellen, an der die abiotischen und biotischen Umweltfaktoren des lebenden Organismus erfüllt werden.<sup>58</sup> In diesem Fall also beispielsweise ein geothermisch aufgeheizter Kohlenwasserstoffsee, in dem die extremen Temperaturen überwunden werden.<sup>59</sup> Außerdem könnte sich unter der Eisschicht ein Ozean aus flüssigem Wasser verbergen. Ammoniak könnte wie eine Art Frostschutzmittel das Wasser trotz der geringen Temperaturen flüssig halten.<sup>60</sup>

Die Bedingungen auf Titan unterscheiden sich also so stark von denen auf der Erde, sodass mögliches Leben chemisch vollkommen anders sein müsste, weshalb ein gemeinsamer Ursprung auszuschließen wäre.<sup>61</sup>

#### **4.4.2. Enceladus**

Die Geologin Pia Friend bezeichnet den Saturnmond Enceladus als einen der „vielversprechendsten Orte in unserem Sonnensystem, um nach extraterrestrischem Leben zu suchen.“<sup>62</sup> Enceladus bietet unter seiner vereisten Oberfläche flüssiges Wasser. Dabei spielt die Gravitation des Saturns eine wichtige Rolle. Durch die kontinuierliche Verformung erhitzt sich der Kern, der Ozean bleibt warm und das Wasser flüssig, trotz der extremen Temperaturen. Man spricht von einer Gezeitenerwärmung, ähnlich wie bereits bei Europa beschrieben.<sup>63</sup> Das Wasser strömt zudem wahrscheinlich durch den porösen Kern und wäscht so Elemente aus diesem, die als Grundlage für einfaches Leben fungieren könnten. Ähnlich war es wahrscheinlich auf der

---

57 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 229

58 <https://studyflix.de>

59 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 229

60 [https://de.wikipedia.org/wiki/Titan\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_(Mond))

61 Dirk Schulze-Makuch, William Bains, S. 229

62 <https://www.spektrum.de>

63 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>

Erde. Man vermutet, dass sich an Schwarzen oder Weißen Rauchern die ersten Lebensformen entwickelt haben könnten.<sup>64</sup> Die Wahrscheinlichkeit außerirdisches Leben zu finden, ist in solchen Ozeanen besonders hoch.<sup>65</sup> Allerdings ist nicht klar, ob die Zeit auch ausgereicht hat, dass sich auf Enceladus Leben entwickelt hat.<sup>66</sup> Außerdem fand man in Wasserfontänen, die aus dem Ozean unter der Eisschicht von Enceladus ins All schießen, komplexe organische Moleküle. Diese Erkenntnisse lieferte die Sonde Cassini. Solche Stoffe wurden auf Enceladus zum ersten Mal außerhalb der Erde entdeckt.<sup>67</sup> Ein studentisches Team der FH Aachen entwickelt den Krobot IceMole, der einen Krovulkan anbohren und das Wasser des Ozeans ab etwa 2040 genauer untersuchen könnte.<sup>68</sup>

## **5. Was würde der Fund von außerirdischem Leben für uns bedeuten?**

Im Gegensatz zu intelligenten Lebensformen erscheint einfaches, eventuell nur einzelliges Leben relativ langweilig. Doch warum forschen wir trotzdem weiter, warum interessiert uns das Thema trotzdem so brennend?

Die Forschung könnte uns helfen, verschiedene grundlegende Fragen zu beantworten. Gibt es nur uns oder gibt es auch noch anderes Leben? Sind wir im gesamten Universum eine Ausnahme? Außerdem interessiert uns der Ursprung des Lebens auf unserer Erde, der mit dem Leben auf anderen Planeten eng verbunden sein kann zum Beispiel durch mögliche Panspermie, wie bereits beschrieben. Wenn unsere Lebensform der von anderen Planeten ähnelt, könnte ein gemeinsamer Ursprung zu Grunde liegen. Und wenn wir einmal Leben gefunden haben, lässt sich die Wahrscheinlichkeit leichter einschätzen, ob vielleicht überall Leben entstehen kann oder zumindest wie häufig es passiert. Besonders interessant wären aber auch

---

64 <https://www.spektrum.de>

65 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>

66 <https://www.spektrum.de>

67 <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>

68 [https://de.wikipedia.org/wiki/Enceladus\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Enceladus_(Mond))

Lebensformen, die auf einer anderen Basis wie zum Beispiel Silicium bestehen, da sie sich vollkommen von uns unterscheiden könnten.<sup>69</sup>

## 6. Fazit

Zusammengefasst lässt sich also feststellen, dass es in Bezug auf die Fragestellung „Gibt es Spuren für weiteres Leben im Sonnensystem?“ einige Planeten und Monde in unserem Sonnensystem gibt, die durchaus Leben beherbergen könnten. Es gibt mehrere Indizien, die sogar auf außerirdisches Leben in unserem Sonnensystem hindeuten. Dennoch kann man bisher keines dieser Indizien als Beweis deuten. Ob man die Funde als „Spuren“ bezeichnen kann, ist daher wohl eine Definitionsfrage.

So geht die Suche weiter und die Forschung schreitet voran. Bisher kann man wahrscheinlich ausschließen, dass wir intelligentes, hoch entwickeltes Leben in unserem Sonnensystem finden werden. Dementsprechend wird es wohl, zumindest aus unserem Sonnensystem, keinen zeitnahen außerirdischen Besuch geben. Und Aliens wie die aus Filmen und Büchern existieren wohl eher nicht in unserem Sonnensystem. Vielleicht stellen sie aber Außerirdische aus anderen Sonnensystemen dar, mit denen sich diese Arbeit nicht beschäftigt hat. Andere Sonnensysteme zu erforschen, wäre natürlich der nächste Schritt. Vorerst gibt es aber, wie beschrieben, auch in unserem Sonnensystem noch einiges zu untersuchen, beispielsweise den Monophosphorgehalt der Venusatmosphäre, die Ozeane unserer Eismonde oder aber wir warten auf die Ergebnisse des Mars-Rovers und hoffen auf aufschlussreiche Informationen. Denn wie zu Beginn festgestellt wurde, kann Leben auch klein und weniger komplex sein, als wir oft zunächst denken, und es ist damit sicher nicht ausgeschlossen, dass wir bald fündig werden.

Mir hat das Schreiben dieser Arbeit verdeutlicht, wie mühselig die Suche nach außerirdischem Leben ist. Der Weg zu anderen Planeten ist weit, so dass jede Mission aufwendig ist und sich sehr lange hinzieht. Die Funde sind oft nicht eindeutig oder nur als Indiz zu deuten. Es ist sehr schwer, überhaupt Beweise zu finden, da die Umstände auf anderen Planeten und

---

<sup>69</sup> <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku>



Monden teilweise grundlegend anders sind als bei uns auf der Erde. Chemische oder physikalische Prozesse könnten ganz anders ablaufen, als wir es kennen, wodurch es schwierig wird, Funde richtig einzuordnen. Am Beispiel vom Monophosphan: Auf unserer Erde gilt es als Biomarker, aber welche chemischen Prozesse auf der Venus ablaufen könnten, die wir noch gar nicht kennen, wissen wir nicht.

Aber gerade weil fremde Lebensformen grundlegend anders aufgebaut sein könnten als die irdischen, bleibt das Thema wissenschaftlich gesehen besonders reizvoll. Vielleicht besitzen sie andere Aminosäuren oder sie existieren gar nicht auf Kohlenstoffbasis, sondern auf der Basis von Silicium oder sogar auf Grundlage eines anderen Elements, welches wir bis jetzt noch gar nicht als Basis für Leben in Betracht gezogen haben. Auch unser „kleines“ Sonnensystem scheint voller Möglichkeiten zu sein, die wir uns bis jetzt noch gar nicht vorstellen können und die weitere Erforschung von Planeten und Monden erscheint mir sehr vielversprechend.

## 7. Quellenverzeichnis

### 7.1. Literatur

BAUER, ANDREAS/ EMMLER, PETER/ FRANKENBERG, THORSTEN/  
HAUSFELD, RAINER/ KLAßEN, DANIEL/ LAMCHE, KRISTINA/ LISBACH,  
ISABEL/ MEXER, DORIS/ NAGEL-VOLKMANN, JÜRGEN/ NUßWALDT,  
TJADO/ PETERS, JÖRN/ TARERMANN, MARTIN/ SCHRÖDER, ECK-  
HART/ STOPPEL, FRANZ/ TOBEN, BJÖRN/ WAGNER, ROBERT: Bioskop  
SII, Braunschweig 2019 (Westermann)

HORSTEN, CHRISTINA: „Bin sicher gelandet“ Jubel nach erfolgreicher An-  
kunft des US-Rovers „Perseverance“ auf dem Mars, In: NOZ, 20.02.2021,  
Seite 3

JANJIC, ALEXANDAR: Astrobiologie die Suche nach außerirdischem Le-  
ben, Berlin 2019 (Springer)

SCHULZE-MAKUCH, DIRK; BAINS, WILLIAM: Das lebendige Universum  
Komplexes Leben auf vielen Planeten, Berlin 2019 (Springer)

UNBEKANNT: Reise durch das Universum Die Suche nach Leben, 1991  
(Time Life)

### 7.2. Internetadressen

DE BOER, K. S.: Das Interstellare Medium (ISM): Materienkreislauf, Aus:  
<https://astro.uni-bonn.de/~deboer/pdm/pdmismtxt.html>, letzter Aufruf:  
10.03.2021

EUROPEAN SPACE AGENCY: Mars Express findet mehr unterirdisches  
Wasser auf dem Mars, Aus:  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Austria/Mars\\_Express\\_findet\\_mehr\\_unterirdisches\\_Wasser\\_auf\\_dem\\_Mars](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Austria/Mars_Express_findet_mehr_unterirdisches_Wasser_auf_dem_Mars), letzter Aufruf: 10.03.2021

KAYSER, REINER: Flüssiges Salzwasser auf dem Mars, Aus:  
<https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/news/2020/fluessiges-salzwasser-auf-dem-mars/>, letzter Aufruf: 10.03.2021

NASA: Quick Facts, Aus: <https://mars.nasa.gov/mars2020/>, letzter Aufruf:  
10.03.2021

NASA: The Cameras on the Mars 2020 Perseverance Rover, Aus:  
<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/cameras/>, letzter Aufruf:  
10.03.2021

NASA: Sherloc, Aus:

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/sherloc/>, letzter Aufruf: 10.03.2021

PODBREGAR, NADJA: Wie lebensfreundlich war die Venus? Unser Nachbarplanet könnte fast drei Milliarden Jahre lang habitabel gewesen sein , Aus: <https://www.scinexx.de/news/kosmos/wie-lebensfreundlich-war-die-venus/>, letzter Aufruf: 10.03.2021

RUDOLPH, DENNIS: Merkmale des Lebens, Aus: <https://www.gut-erklaert.de/biologie/merkmale-des-lebens.html>, letzter Aufruf: 10.03.2021

STIR, ALEXANDER: Mission zu Enceladus: »Sämtliche Zutaten für primitive Lebensformen sind vorhanden«, Aus: <https://www.spektrum.de/news/saemtliche-zutaten-fuer-primitive-lebensformen-sind-vorhanden/1772943>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT, Leben ist Definitionssache, Aus: <https://www.synthetische-biologie.mpg.de/17480/was-ist-leben>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Leben, Aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Leben>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Formaldehyd, Aus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Leben auf der Venus, Aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_der\\_Venus](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_der_Venus) letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Leben auf dem Mars, Aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Leben\\_auf\\_dem\\_Mars](https://de.wikipedia.org/wiki/Leben_auf_dem_Mars), letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Nakhla (Meteorit), Aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Nakhla\\_\(Meteorit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Nakhla_(Meteorit)), letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Europa, Aus: <http://www.monde.de/europa.html>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Europa (Mond), Aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Europa\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europa_(Mond)), letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Europa (Mond), Aus: [https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Europa\\_\(Mond\)](https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Europa_(Mond)), letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Titan (Mond), Aus: [https://de.wikipedia.org/wiki/Titan\\_\(Mond\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Titan_(Mond)), letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Ökologische Nische, Aus: <https://studyflix.de/biologie/oekologische-nische-2452>, letzter Aufruf: 10.03.2021

UNBEKANNT: Kohlenstoffchauvinismus, Aus:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus>, letzter Aufruf:  
10.03.2021

ZDF: Das Universum: Außerirdisches Leben Eine Reise durch Raum und  
Zeit, Aus:[https://www.zdf.de/dokumentation/zdinfo-doku/das-universum-  
eine-reise-durch-raum-und-zeit](https://www.zdf.de/dokumentation/zdinfo-doku/das-universum-eine-reise-durch-raum-und-zeit)—ausserirdisches-leben-100.html, letzter  
Aufruf: 10.03.2021

ZDF: Leben auf der Venus? Was die Phosphanspuren bedeuten, Aus:  
[https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/lesch-und-co-leben-auf-der-  
venus-102.html](https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/lesch-und-co-leben-auf-der-venus-102.html), letzter Aufruf: 10.03.2021

## **8. 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 \_\_\_\_\_

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

## **9. 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 \_\_\_\_\_

Unterschrift der Schülerin / des Schülers