



Facharbeit zum Seminarfach Astronomie

Erstellt von

Emanuel Bei der Kellen, Jahrgang 12

# **Leben außerhalb des Sonnensystems – Wie können wir es finden?**

Fachlehrer: Florian Riemer

Abgabetermin: Bramsche, den 16. März 2021

Schuljahr 2020/2021

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	2
2	Theoretische Voraussetzungen.....	3
2.1	Was suchen wir?.....	3
2.2	Suchbereich.....	3
2.2.1	Exoplaneten.....	3
2.2.2	Grundbausteine des Lebens.....	3
2.2.3	Temperatur.....	4
2.2.4	Weitere Faktoren der Lebensfreundlichkeit.....	4
3	Nicht intelligentes Leben.....	5
4	Intelligentes Leben.....	6
4.1	Signale aus dem All.....	6
4.1.1	Voraussetzungen für Signale.....	6
4.1.2	Frequenzbereiche.....	7
4.2	Andere Technosignaturen.....	8
4.3	Praxis.....	8
4.4	SETI-Institut.....	9
4.5	Resultate?.....	10
5	Wahrscheinlichkeiten.....	10
5.1	Drake-Gleichung.....	10
5.2	Fermi Paradoxon.....	11
6	Erde an ETI.....	12
6.1	Voyager Golden Records.....	12
6.2	Andere Botschaften.....	12
7	Fazit.....	13
8	Anhang.....	14

# 1 Einleitung

Seit Jahrtausenden stellen sich Menschen die Frage, ob außerhalb der uns bekannten Erde und des Sonnensystems Leben lauert.<sup>1</sup> Manche haben Angst vor ihnen, den „Aliens“, und haben bei diesem Wort ein klares Bild vor Augen, das durch die zahlreichen Abbildungen und Figuren aus der Popkultur geprägt wurde. In Science-Fiction Büchern und Filmen wurden bereits viele Fantasien darüber festgehalten, was passieren würde, wenn Aliens eines Tages die Erde besuchen oder mit den Menschen leben würden.<sup>2</sup>

Dabei stellen sich viele Fragen, die auch einen wissenschaftlichen Hintergrund haben: Gibt es überhaupt Leben, das nicht von dieser Erde stammt? Wenn ja, wie können wir es finden? Wie fortgeschritten sind wir bei der Suche nach Aliens? Wo und wie müssen wir nach ihnen suchen?

Hätten wir bereits Leben oder Intelligenz außerhalb unseres Sonnensystems gefunden, wären all diese Fragen recht überflüssig. Daher ist klar, dass ein großer Teil von ihnen nicht konkret beantwortet werden kann. Mit dieser Seminararbeit im Fach Astronomie soll dem Leser das Thema allerdings nähergebracht werden. Diese Arbeit beschränkt sich auf das Leben außerhalb unseres Sonnensystems, das sogenannte extrasolare Leben.

Nach einer Einführung in das Thema der Lebensfreundlichkeit von Exoplaneten und den Voraussetzungen für die Entstehung von Leben, um ein Grundverständnis zu schaffen, sollen die relevantesten Methoden, Theorien und Faktoren expliziert werden, die die Suche nach nicht-intelligentem und intelligentem Leben betreffen. Eine kurze Auseinandersetzung mit den Wahrscheinlichkeiten sowie mit Botschaften von Menschen an eventuell existierende Aliens dient einer Vervollständigung des Eindrucks über das Thema. Das abschließende Fazit

---

<sup>1</sup> [de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches\\_Leben#Historische\\_Überlegungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben#Historische_Überlegungen)

<sup>2</sup> Astronomie heute, 5/2006, S.27

wird die Ergebnisse der Recherche zusammentragen und versuchen, eine abschließende Antwort auf die Kernfrage der Facharbeit zu bieten.

## **2 Theoretische Voraussetzungen**

### **2.1 Was suchen wir?**

Wenn man etwas finden möchte, ist es meist gut zu wissen, wonach man überhaupt sucht. Dies ist in diesem Fall nicht so einfach zu definieren: Das Universum wird nach allem durchsucht, was wir als Leben anerkennen könnten, da die genaue Definition von Leben bis dato ungeklärt ist.<sup>3</sup> In Frage kommt also primitives Leben, pflanzen- oder tierähnliches Leben aber auch intelligentes, menschenähnliches Leben, das uns gar mit seiner Intelligenz übertreffen könnte.<sup>4</sup>

### **2.2 Suchbereich**

Für die Suche nach extraterrestrischem Leben ist wichtig zu wissen, welche Voraussetzungen das Leben erfordert, damit der Suchbereich eingeschränkt werden kann.

#### **2.2.1 Exoplaneten**

Die Suche nach bewohnbaren extrasolaren Planeten und Monden ist eng mit der Suche nach extrasolarem Leben verbunden.<sup>5</sup> Wenn ein Exoplanet gefunden wird, kann seine Lebensfreundlichkeit anhand mehrerer Faktoren abgeschätzt werden.

#### **2.2.2 Grundbausteine des Lebens**

Leben auf der Erde basiert unter anderem auf Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff oder Phosphor, wobei flüssiges Wasser<sup>6</sup> und Kohlenstoff die wichtigsten Grundbausteine für Leben darstellen. Kohlenstoff besitzt bestimmte einzigartige Eigenschaften, die komplexe Strukturen wie DNA

---

3 [de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches\\_Leben#Wissenschaftsphilosophische\\_Kritik\\_und\\_Probleme](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben#Wissenschaftsphilosophische_Kritik_und_Probleme)

4 [de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches\\_Leben](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben), Einleitung des Artikels

5 [en.wikipedia.org/wiki/Extraterrestrial\\_life](https://en.wikipedia.org/wiki/Extraterrestrial_life), Bildunterschrift rechts

6 [de.wikipedia.org/wiki/Habitable\\_Zone](https://de.wikipedia.org/wiki/Habitable_Zone)

ermöglichen, von denen irdisches Leben abhängig ist.<sup>7</sup> Es wird daher von einem Großteil der Wissenschaftler vermutet, dass auch das Leben der Außerirdischen auf diesen Stoffen basiert.<sup>8</sup>

### **2.2.3 Temperatur**

Damit Wasser im flüssigen Zustand vorhanden ist, braucht es auf der Oberfläche der Exoplaneten eine Temperatur von 0-100 Grad Celsius.

Der Abstand beziehungsweise der Umlaufradius eines Himmelskörpers von seinem Mutterstern ist hierbei relevant, da mit der Distanz auch die Oberflächentemperatur, die Eigenrotation und die Umlaufgeschwindigkeit des Himmelskörpers variieren. Die Distanz darf nicht zu groß und nicht zu klein sein. Die Zone, in der der Abstand passend und folglich die Entstehung von Leben begünstigt ist, nennt sich zirkumstellare<sup>9</sup> habitable Zone. Sie ist abhängig von der Leuchtkraft des Muttersterns, bestimmt allerdings nicht alleine die Oberflächentemperatur eines Himmelskörpers.<sup>10</sup>

### **2.2.4 Weitere Faktoren der Lebensfreundlichkeit**

Auch die Masse eines Exoplaneten kann die Oberflächentemperatur beeinflussen, denn mit mehr Masse gibt es eine dichtere Atmosphäre und folglich auch einen stärkeren Treibhauseffekt, welcher bekannterweise die Temperatur auf einem Planeten steigen lässt.

Der Stern, um den ein Planet rotiert, sollte, wie unsere Sonne, ein Stern der Spektralklasse G sein. Ein zu großer Stern lebt nicht lang genug für eine vernünftige Lebensentstehung. Hingegen ermöglicht ein zu kleiner Stern – mit folglich schwächerer Leuchtkraft als G-Sterne – eine habitable Zone mit nur wenig Abstand. Infolgedessen hätte der Exoplanet eine für die Lebensentstehung ungeeignete Achsenrotation.<sup>11</sup>

---

7 Lesch, S. 6

8 [de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus#Leben](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus#Leben)

9 zirkumstellar: die Sternumkreisung betreffend

10 [wikipedia.org/wiki/Habitable\\_Zone](https://wikipedia.org/wiki/Habitable_Zone)

11 Lesch, S. 4 f.

Weitere Faktoren für die Lebensfreundlichkeit eines Planeten sind ein hoher Anteil an Sauerstoff in der Atmosphäre, ein adäquater Radius des Planeten, ein großer Ozean sowie die Präsenz und Stärke einer Magnetosphäre.<sup>12</sup>

### **3 Nicht intelligentes Leben**

Durch den Stoffwechsel von Lebewesen entstehende Produkte zählen zu sogenannten Biosignaturen.<sup>13</sup> Biosignaturen sind definiert als ein Indiz für jegliche Art von Leben und spielen in der Suche nach extraterrestrischen Lebewesen eine große Rolle.<sup>14</sup>

Die Suche nach Biosignaturen außerhalb unseres Sonnensystems ist nicht einfach, da große Abstände herrschen und wir Exoplaneten wie Proxima Centauri b, welcher sich in der habitablen Zone seines Sterns befindet, bisher noch gar nicht zu Gesicht bekommen haben.<sup>15</sup>

Wissenschaftler haben allerdings bestätigt, dass Biosignaturen und Indizien für die Lebensfreundlichkeit definitiv nachgewiesen werden können, indem das vom Himmelskörper reflektierte Licht analysiert wird. Interessanterweise wurde diese anfängliche Theorie mit von der Erde und dem Mond reflektiertem Licht bestätigt. Im Zuge einer sogenannten Spektropolarimetrie werden die Schwingungsebenen und die Farben dieses Lichts untersucht. Man erhält so Informationen über die Gase in der Atmosphäre der Himmelskörper und über die Stoffe auf dessen Oberfläche.<sup>16</sup> Die Resultate können sowohl auf Lebensvoraussetzungen, wie Wasser, als auch auf tatsächliche Lebensindizien, wie Ozon (was Photosynthese und somit Leben bedeuten würde), hindeuten.<sup>17</sup>

### **4 Intelligentes Leben**

---

12 [de.wikipedia.org/wiki/Superhabitabler\\_Planet#Zusammenfassung](https://de.wikipedia.org/wiki/Superhabitabler_Planet#Zusammenfassung)

13 [de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#Eigenschaften\\_und\\_Zusammensetzungen\\_der\\_...](https://de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#Eigenschaften_und_Zusammensetzungen_der_...)

14 [de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#In\\_der\\_Astrobiologie](https://de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#In_der_Astrobiologie)

15 Sterne und Weltraum, 11/2016, S. 23

16 [spiegel.de](https://www.spiegel.de)

17 [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)

„SETI“, ein verbreitetes Akronym für „Search for Extraterrestrial Intelligence“<sup>18</sup>, stellt ein Sammelbegriff für alles dar, was die Suche nach außerirdischer Intelligenz betrifft.<sup>19</sup> Im Grunde ist die Suche nach außerirdischen Zivilisationen eine Suche nach außerirdischen Technosignaturen. „Technosignatur“ ist definiert als jegliches Indiz für Leben mit gewisser Intelligenz und einem gewissen technologischen Fortschritt.<sup>20</sup> Es wurde einst sogar vorgeschlagen, „SETI“ in „Search for Technosignatures“ umzubenennen.<sup>21</sup>

## 4.1 Signale aus dem All

Elektromagnetische Wellensignale, die auf verschiedene Art und Weise ein Indiz für außerirdisches Leben darstellen könnten, sind ein Beispiel für solche Technosignaturen.<sup>22</sup> Etwa könnte die Strahlung gezielt von den Aliens zu Kommunikations- und Forschungszwecken ins All gesendet werden, da elektromagnetische Wellen dafür optimal sind.<sup>23</sup> Sie können auch das passive Produkt von außerirdischen Technologien sein.<sup>24</sup>

### 4.1.1 Voraussetzungen für Signale

Die Technologien auf unserem Planeten, die Signale nutzen oder ausstoßen, stellen einen großen Störfaktor für die Suche nach Technosignaturen dar.<sup>25</sup> Zudem gibt es sehr viele Strahlungen im Universum, die von unbelebten Himmelskörpern emittiert werden. Es wird daher nach Indizien eines nicht-natürlichen Ursprungs von eingehenden Signalen gesucht, das könnte in etwa die Länge oder Stärke des Signals, ein bestimmtes Muster oder eventuelle Enkodierung von Botschaften sein.<sup>26</sup>

Ferner gibt es auch eine gewisse Mindeststärke für gezielte extraterrestrische Signale, damit wir sie auf der Erde auch als diese und

---

18 Englisch für: „Suche nach extraterrestrischer Intelligenz“

19 [de.wikipedia.org/wiki/Search\\_for\\_Extraterrestrial\\_Intelligence](https://de.wikipedia.org/wiki/Search_for_Extraterrestrial_Intelligence)

20 [de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur)

21 [space.com/39474-search-...](https://space.com/39474-search-...)

22 [de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur)

23 *Astronomie heute*, 5/2006, S. 29

24 [de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur)

25 *Astronomie heute*, 5/2006, S. 27

26 *Astronomie heute*, 5/2006, S. 29

nicht als die normale Strahlung der Himmelskörper einstufen. Damit die Signale stark genug sind, braucht es sehr viel Energie, weshalb davon ausgegangen wird, dass eventuell existierende Außerirdische aus Effizienzgründen ihre Signale nur auf einem kleinen Frequenzbereich senden. Das heißt: Je mehr Frequenzbereiche durchsucht werden und folglich je dünner diese sind, desto höher stehen die Chancen, dass wir auf außerirdische Signale treffen.<sup>27</sup>

#### 4.1.2 Frequenzbereiche

Es gibt ein großes Spektrum verschiedener elektromagnetischer Wellenlängen und Frequenzen, wobei sich einzelne Bereiche von Frequenzen auch „Bänder“ und „Kanäle“ nennen.<sup>28</sup> Im Grunde wissen wir nicht, welche von den Aliens genutzt werden könnten.<sup>29</sup>

Sichtbares Licht (384-789 THz) wird stark von kosmischem Staub im Weltall abgefangen.<sup>30</sup> Als Technosignatur, etwa als starker Photonenausstoß von in der Theorie existierenden Raumschiffen oder anderen sehr fortgeschrittenen Technologien, ist Licht allerdings trotzdem denkbar. Auch Infrarotlicht (0.3 bis 384 THz) kommt dabei in Frage. Zum Beispiel könnte es sowohl ein Anzeichen für Laserkommunikation als auch die nebenbei entstehende Emission einer sogenannten Dyson-Sphäre sein, welches eine theoretische Vorrichtung zur fast vollständigen Nutzung der Energie eines Sternes ist.<sup>31</sup>

Vor allem aber wird auf vielen Frequenzbändern im Bereich der Radio- und Mikrowellen gesucht. Wissenschaftler haben herausgefunden, dass der Bereich von 1-10 GHz technisch am besten für die kosmische Kommunikation geeignet ist. Tiefere Frequenzen werden stärker durch die allgemeine Strahlung der Milchstraße gestört und höhere Frequenzen werden stärker von der Erdatmosphäre absorbiert. Die Kanäle, die die

---

27de.wikipedia.org/wiki/Search\_for\_Extraterrestrial\_Intelligence#Eigenschaften\_eines...

28de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches\_Spektrum – auch für die jeweiligen Frequenzangaben

29 Ebd.

30wissenschaft.de

31 de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur

gleiche Wellenlänge wie die Radiostrahlung des neutralen Wasserstoffs (21 cm, eine Frequenz von 1,42 GHz) und des OH-Moleküls (18 cm, eine Frequenz von 1,67 GHz) besitzen, sind in diesem Bereich sehr interessant. Der Bereich zwischen diesen Frequenzen wird als das „kosmische Wasserloch“ bezeichnet.<sup>32</sup> Dass Außerirdische mit genug technologischem Fortschritt diese Frequenzen kennen und folglich auch für ihre Signale benutzen, ist nämlich denkbar, denn Wasserstoff ist im Universum das häufigste Element.<sup>33</sup> Es besteht ein internationaler Schutz vor irdischen Störsignalen im Bereich des kosmischen Wasserloches.<sup>34</sup>

## 4.2 Andere Technosignaturen

Technosignaturen, die nicht in der Form elektromagnetischer Wellen auftreten, könnten theoretisch auch tatsächliche außerirdische Artefakte wie Technologien im Weltraum oder dessen Spuren sein. Ein Beispiel dafür wären Raumschiffe, aktiv oder nicht, beziehungsweise dessen Emissionen. Auch die Zusammensetzung der Atmosphäre eines Planeten könnte auf Technologien hindeuten.<sup>35</sup>

## 4.3 Praxis

Nach Signalen und Technosignaturen wird vor allem mit Radioteleskopen (für den niedrigeren Frequenzbereich), aber auch mit optischen Teleskopen (für den Bereich Licht) gesucht. Im Rahmen vieler SETI-Projekte wird das weltweite Arsenal solcher Teleskope verwendet.

Dies geschieht in verschiedensten Dimensionen. Manchmal sind es einzelne Astronomen, die relativ kleinangelegte Projekte durchführen. Es gibt aber auch vergleichsweise große Projekte, wie zum Beispiel „SETI@home“. Dieses Projekt nutzte von 1999 bis zu seiner Pausierung 2020 die Leistung der PCs von freiwilligen Teilnehmer\*innen, um die riesigen Datenmengen des Arecibo-Radioteleskops in Puerto Rico zu verarbeiten. SETI@home

---

32 Bild der Wissenschaft, 2/2002, S. 56

33 Astronomie heute, 5/2006, S. 29

34de.wikipedia.org/wiki/Search\_for\_Extraterrestrial\_Intelligence#Eigenschaften\_eines...

35 de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur

und viele andere SETI-Projekte sammeln ihre Daten meist „parasitär“, also im Hintergrund anderer astronomischer Beobachtungsprojekte, ohne diese zu beeinflussen.<sup>36</sup>

Unter den vielen weiteren SETI-Projekten sind zum Beispiel das BETA- und das ATA-Projekt nennenswert. Diese suchen auf 250 Millionen (BETA) und 9 Millionen (ATA) Kanälen im Radiowellenbereich nach Signalen. Breakthrough Listen, initiiert von der Breakthrough Initiative, besteht seit 2015 und ist ein erwähnenswertes Beispiel für von privaten Geldern unterstützte SETI-Projekte.<sup>37</sup>

#### **4.4 SETI-Institut**

Das SETI-Institut ist eine NGO, die bereits mehrere Suchprojekte (zum Beispiel das ATA-Projekt) eingeleitet hat und heute noch aktiv ist. Mit Hilfe von Spenden, etwa der NASA oder privater Personen und Unternehmen, initiiert und finanziert das SETI-Institut viele Such- und Forschungsprojekte.<sup>38</sup> Es fördert und organisiert daneben Bildungs- und Informationsplattformen, wie zum Beispiel außerschulische Aktivitäten für Kinder und Jugendliche<sup>39</sup>, eine Website (seti.org) und einen YouTube-Kanal<sup>40</sup> für Interessierte.

#### **4.5 Resultate?**

Die Wissenschaftler, die sich mit der Suche nach außerirdischem Leben beschäftigen, haben eine große Datenmenge an eingehenden Signalen zur Verfügung, die sie auf potenzielle Botschaften analysieren.<sup>41</sup> Dabei hat es einige Signale gegeben, die aufgrund ihrer Eigenschaften zu potenziellen Kandidaten einer außerirdischen Botschaft gezählt werden.

Das sogenannte Wow!-Signal ist das wohl interessanteste unter ihnen. Dieser Kandidat wurde 1977 empfangen und hatte eine Frequenz von

---

36de.wikipedia.org/wiki/Search\_for\_Extraterrestrial\_Intelligence#Geschichte\_und\_.../

37 de.wikipedia.org/wiki/Breakthrough\_Listen

38 de.wikipedia.org/wiki/SETI-Institut

39 seti.org/education

40 youtube.com/user/setiinstitute

41 Astronomie heute, 5/2006, S. 29

ungefähr 1,42 GHz, genau wie die bereits genannte Strahlung des Wasserstoffs. Das Signal entfachte viele Spekulationen und Erklärungsversuche. Ob das Signal einen natürlichen oder irdischen Ursprung hat oder tatsächlich eine extraterrestrische Botschaft ist, bleibt allerdings ungeklärt. Auch, da die damalige Technologie nicht fortgeschritten genug war.<sup>42</sup>

Ende 2020 wurde vom Breakthrough Listen Projekt ein Signal namens BLC1 empfangen, welches den Anschein einer Botschaft hatte und uns aus der Richtung des erdnächsten Exoplaneten Proxima Centauri b erreichte.<sup>43</sup> Mit hoher Wahrscheinlichkeit handelt es sich bei BLC1 allerdings leider nur um ein Störsignal.<sup>44</sup>

## 5 Wahrscheinlichkeiten

### 5.1 Drake-Gleichung

Wir wissen nun viel über die Prozesse der Suche. Wie wahrscheinlich ist aber der Kontakt mit ETI? Im Jahr 1961 entwickelte der Astronom Frank Drake auf einer Konferenz in Green-Bank in den USA eine Gleichung, die versucht, die theoretische Anzahl intelligenter Zivilisationen, die wir in der Milchstraße finden könnten, festzuhalten:

$$N = R_c \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Hierbei steht N für die momentane Anzahl an außerirdischen Zivilisationen.  $R_c$  steht für die Sternentstehungsrate in unserer Galaxie.  $f_p$  ist der Anteil an diesen Sternen, die von Planeten umkreist werden und  $n_e$  die durchschnittliche Anzahl ebendieser Planeten, die sich in der zirkumstellaren habitablen Zone ihres Sterns befinden.  $f_l$  steht für den Anteil an Planeten, auf denen Leben entsteht und  $f_i$  für den Anteil an ebendiesen Planeten, auf denen sich sogar intelligentes Leben entwickelt.  $f_c$  steht für den Anteil an noch übrigen Planeten, auf denen intelligente

---

42 [de.wikipedia.org/wiki/Wow!-Signal](https://de.wikipedia.org/wiki/Wow!-Signal)

43 [de.wikipedia.org/wiki/BLC1](https://de.wikipedia.org/wiki/BLC1)

44 [space.com/proxima-centauri/...](https://space.com/proxima-centauri/)

Zivilisationen existieren, die Interesse an Kontakt mit der Erde haben. Schließlich steht  $L$  für die Lebensdauer der außerirdischen Zivilisationen.<sup>45</sup>

Mithilfe dieser Gleichung lassen sich leider nur Schätzungen anstellen. Viele der einzelnen Faktoren sind umstritten, variieren folglich sehr stark und führen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Von ein- bis siebenstelligen Zahlen ist und war alles dabei.<sup>46</sup> Laut einer aktuellen Schätzung aus 2020 liegt der Wert für  $N$  bei ungefähr 36 außerirdischen Zivilisationen in der Milchstraße.<sup>47</sup>

## 5.2 Fermi Paradoxon

Obwohl das Universum sehr alt und sehr groß ist, gibt es bis jetzt noch keine konkreten Beweise für außerirdische Intelligenz. Dieser Widerspruch wurde ursprünglich im Jahr 1950 vom Physiker Enrico Fermi festgehalten und wird dementsprechend das Fermi-Paradoxon genannt. Es gibt viele Theorien, die versuchen, das Fermi-Paradoxon zu erklären. Leben könnte unwahrscheinlicher sein als gedacht oder es könnte sein, dass wir noch nicht genug oder nicht richtig gesucht haben. Eine konkrete Antwort gibt es allerdings nicht.<sup>48</sup>

## 6 Erde an ETI

Die Menschheit hat schon viele Signale, Nachrichten und Existenzzeugnisse in das Universum geschickt, in der Hoffnung, dass außerirdische Intelligenzen sie eines Tages empfangen. Auch mit dem Hintergedanken, dass die Menschheit eventuell gar nicht mehr existiert, wenn einige dieser Botschaften eine extraterrestrische Zivilisation erreichen.<sup>49</sup>

### 6.1 Voyager Golden Records

Das wohl bekannteste Beispiel für eine solche Botschaft sind die kupfernen, mit Gold überzogenen Datenplatten, die außerhalb der Voyager I und II

---

45 [de.wikipedia.org/wiki/Drake-Gleichung](https://de.wikipedia.org/wiki/Drake-Gleichung)

46 Lesch, S. 3

47 [theguardian.com](https://theguardian.com)

48 [en.wikipedia.org/wiki/Search\\_for\\_extraterrestrial\\_intelligence#Fermi\\_paradox](https://en.wikipedia.org/wiki/Search_for_extraterrestrial_intelligence#Fermi_paradox)

49 [de.wikipedia.org/wiki/Voyager\\_Golden\\_Record](https://de.wikipedia.org/wiki/Voyager_Golden_Record)

Raumsonden angebracht ist. Auf jeder Platte ist eine symbolische Anleitung, wie ihre Finder die Daten ablesen können, eingraviert.<sup>50</sup>

Die Daten bestehen aus Bildern mit einer räumlichen Einordnung der Erde in ihr astronomisches Umfeld, einigen mathematischen Grundlagen sowie vielen schematischen und wissenschaftlichen Darstellungen. Ebenfalls ablesbar sind sehr viele Bilder, die das Geschehen auf der Erde festhalten und präsentieren: fotografische Aufnahmen der Natur, der Menschen und der globalen Kulturen<sup>51</sup>. Es befinden sich außerdem Audiodateien mit Musik und Sprachaufnahmen auf den Platten.<sup>52</sup>

## 6.2 Andere Botschaften

Auf das Wow!-Signal gab es 2012 die sogenannte Wow!-Reply, bestückt mit Tweets freiwilliger Teilnehmer und den verbalen Botschaften einiger Prominenter.<sup>53</sup>

Die Pioneer-Sonden Pioneer 10 und 11 enthalten im Jahr 1972 hergestellte Plaketten mit einer grafischen Darstellung des Menschen beider Geschlechter sowie einer groben Einordnung der Erde in ihr astronomisches Umfeld, Letzteres ähnlich wie bei der Voyager-Sonde.<sup>54</sup>

Eine weitere nennenswerte Botschaft ist die Arecibo-Botschaft aus dem Jahr 1974, die vom bereits bekannten Frank Drake erstellt und als mit Modulation enkodiertes Radiosignal ins Weltall geschickt wurde. Bei einer Dekodierung erhält man eine niedrigauflösende Grafik, die Informationen über den biochemischen Aufbau des Menschen und die Position der Erde im Sonnensystem enthält.<sup>55</sup>

## 7 Fazit

---

50 Ebd.

51 [de.wikipedia.org/wiki/Bilder\\_auf\\_der\\_Voyager\\_Golden\\_Record](https://de.wikipedia.org/wiki/Bilder_auf_der_Voyager_Golden_Record)

52 [de.wikipedia.org/wiki/Voyager\\_Golden\\_Record](https://de.wikipedia.org/wiki/Voyager_Golden_Record)

53 [en.wikipedia.org/wiki/Wow!\\_signal#Response](https://en.wikipedia.org/wiki/Wow!_signal#Response)

54 [de.wikipedia.org/wiki/Pioneer-Plakette](https://de.wikipedia.org/wiki/Pioneer-Plakette)

55 [de.wikipedia.org/wiki/Arecibo-Botschaft](https://de.wikipedia.org/wiki/Arecibo-Botschaft)

Wie bereits in der Einleitung dieser Arbeit festgestellt, wissen wir nicht, ob es außerhalb unseres Sonnensystems Leben oder gar Zivilisationen gibt. Die Wissenschaft mit ihren theoretischen Wahrscheinlichkeiten und Abschätzungen kann uns einen guten Eindruck darüber schaffen, was wir zu erwarten haben. Sie ist aber nur wenig befriedigend, wenn es um Fakten und die Realität geht. Das Fermi-Paradoxon bleibt nämlich ungelöst.

Das Ergebnis dieser Facharbeit und somit die Antwort auf die Frage „Wie können wir Leben außerhalb unseres Sonnensystems finden?“ lautet: mit Glück, der richtigen Technologie und vor allem viel Geduld und Hoffnung. Dies mag zwar etwas frustrierend sein, es ist aber die Wahrheit. Der technische Fortschritt und die Suche gehen natürlich weiter, Resultate sind aber nie versprochen. Falls es eines Tages tatsächlich dazu kommt, dass wir Menschen ein Signal von außerirdischen Intelligenzen empfangen oder nicht-intelligentes Leben auf einem Exoplaneten nachweisen, hat sich die Suche immerhin gelohnt.

## 8 Anhang

### Quellenverzeichnis

#### Literatur

- KOSZUDOWSKI, STEPHEN und WINGERTER, THOMAS: Der Tag, an dem die Erde stillsteht. In: *Astronomie heute*, 5/2006, S. 24-30.
- VAAS, RÜDIGER: Die Suche nach Signalen. In: *Bild der Wissenschaft*, 2/2002, S. 54-57.
- JAN HATTENBACH: Wüste oder Wasserwelt- wie habitabel ist Proxima b? In: *Sterne und Weltraum*, 11/2016, S. 21-23.

#### Internetquellen

Die Links sind alphabetisch nach ihrem Domain-Namen beziehungsweise dem Namen des Autors sortiert.

Für alle Links gilt der Stand 11.03.2021.

- LESCH, HARALD: Sind wir allein im Universum?  
[www.stephanholzmann.de/schule/03\\_alpha-centauri/Lesch,%20Prof%20Dr%20Harald%20-%20Sind%20Wir%20Allein%20Im%20Universum.pdf](http://www.stephanholzmann.de/schule/03_alpha-centauri/Lesch,%20Prof%20Dr%20Harald%20-%20Sind%20Wir%20Allein%20Im%20Universum.pdf)
- [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019103596901554](http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019103596901554)
- [www.seti.org/education](http://www.seti.org/education)
- [www.space.com/39474-search-for-extraterrestrial-intelligence-needs-new-name.html](http://www.space.com/39474-search-for-extraterrestrial-intelligence-needs-new-name.html)
- [www.space.com/proxima-centauri-signal-breakthrough-listen-pete-warden-interview](http://www.space.com/proxima-centauri-signal-breakthrough-listen-pete-warden-interview)
- [www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/licht-der-erde-wie-sich-leben-auf-fremden-planeten-verraet-a-818496.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/licht-der-erde-wie-sich-leben-auf-fremden-planeten-verraet-a-818496.html)
- [www.theguardian.com/science/2020/jun/15/scientists-say-most-likely-number-of-contactable-alien-civilisations-is-36](http://www.theguardian.com/science/2020/jun/15/scientists-say-most-likely-number-of-contactable-alien-civilisations-is-36)
- [de.wikipedia.org/wiki/Arecibo-Botschaft](http://de.wikipedia.org/wiki/Arecibo-Botschaft)

- [de.wikipedia.org/wiki/  
Außerirdisches\\_Leben#Historische\\_Überlegungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben#Historische_Überlegungen)
- [de.wikipedia.org/wiki/  
Außerirdisches\\_Leben#Wissenschaftsphilosophische\\_Kritik\\_und\\_Probleme](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben#Wissenschaftsphilosophische_Kritik_und_Probleme)
- [de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches\\_Leben](https://de.wikipedia.org/wiki/Außerirdisches_Leben), Einleitung des Artikels
- [de.wikipedia.org/wiki/Bilder\\_auf\\_der\\_Voyager\\_Golden\\_Record](https://de.wikipedia.org/wiki/Bilder_auf_der_Voyager_Golden_Record)
- [de.wikipedia.org/wiki/  
Biosignatur#Eigenschaften\\_und\\_Zusammensetzungen\\_der\\_Atmosphäre](https://de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#Eigenschaften_und_Zusammensetzungen_der_Atmosphäre)
- [de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#In\\_der\\_Astrobiologie](https://de.wikipedia.org/wiki/Biosignatur#In_der_Astrobiologie)
- [de.wikipedia.org/wiki/BLC1](https://de.wikipedia.org/wiki/BLC1)
- [de.wikipedia.org/wiki/Breakthrough\\_Listen](https://de.wikipedia.org/wiki/Breakthrough_Listen)
- [de.wikipedia.org/wiki/Drake-Gleichung](https://de.wikipedia.org/wiki/Drake-Gleichung)
- [de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches\\_Spektrum](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum)
- [en.wikipedia.org/wiki/Extraterrestrial\\_life](https://en.wikipedia.org/wiki/Extraterrestrial_life), Bildunterschrift rechts
- [de.wikipedia.org/wiki/Habitable\\_Zone](https://de.wikipedia.org/wiki/Habitable_Zone)
- [de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus#Leben](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffchauvinismus#Leben)
- [de.wikipedia.org/wiki/Pioneer-Plakette](https://de.wikipedia.org/wiki/Pioneer-Plakette)
- [de.wikipedia.org/wiki/Search\\_for\\_Extraterrestrial\\_Intelligence](https://de.wikipedia.org/wiki/Search_for_Extraterrestrial_Intelligence)
- [de.wikipedia.org/wiki/  
Search\\_for\\_Extraterrestrial\\_Intelligence#Eigenschaften\\_eines\\_hypothetischen\\_Signals](https://de.wikipedia.org/wiki/Search_for_Extraterrestrial_Intelligence#Eigenschaften_eines_hypothetischen_Signals)
- [en.wikipedia.org/wiki/  
Search\\_for\\_extraterrestrial\\_intelligence#Fermi\\_paradox](https://en.wikipedia.org/wiki/Search_for_extraterrestrial_intelligence#Fermi_paradox)
- [de.wikipedia.org/wiki/  
Search\\_for\\_Extraterrestrial\\_Intelligence#Geschichte\\_und\\_Methoden\\_der\\_Suche](https://de.wikipedia.org/wiki/Search_for_Extraterrestrial_Intelligence#Geschichte_und_Methoden_der_Suche)
- [de.wikipedia.org/wiki/SETI-Institut](https://de.wikipedia.org/wiki/SETI-Institut)
- [de.wikipedia.org/wiki/Superhabitable\\_Planet#Zusammenfassung](https://de.wikipedia.org/wiki/Superhabitable_Planet#Zusammenfassung)

- [de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Technosignatur)
- [de.wikipedia.org/wiki/Voyager\\_Golden\\_Record](https://de.wikipedia.org/wiki/Voyager_Golden_Record)
- [de.wikipedia.org/wiki/Wow!-Signal](https://de.wikipedia.org/wiki/Wow!-Signal)
- [www.wissenschaft.de/astrophysik/wo-der-staub-das-licht-frisst/](http://www.wissenschaft.de/astrophysik/wo-der-staub-das-licht-frisst/)
- [www.youtube.com/user/setiinstitute](http://www.youtube.com/user/setiinstitute)

### **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

### **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