

Probleme bei der Besiedelung fremder Planeten

Red Planet Handout

Konzept Habitable Zone

Definition: Eine habitable Zone beschreibt den Umkreis um einen Stern, in welchem flüssige Wasservorkommen auf der Planetenoberflächen möglich wären.

Unterkategorien

- Optimistic habitable zone (Berücksichtigung von empirischen Messungen): Beispiel Sonnensystem 0,85 AU – 1,7 AU
- Conservative habitable zone (Berücksichtigung von des 1D Klimamodells nach Kasting): Beispiel Sonnensystem 0,95 AU – 1,37 AU
- Continously habitable zone (CHZ, Planet bleibt in der gesamten Lebenszeit des Sterns in der habitablen Zone)
- Habitable zone for complex life (HZCL, strengere Anforderungen zur Ermöglichung menschlichen Lebens)
- Galactical habitable zone (GHZ, habitable Zone innerhalb einer Galaxie welche Balance hält zwischen kosmischer Strahlung und schweren Elementen)

Ansatz Bestimmung habitabler Zonen

Die Leuchtkraft eines Sterns wird nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz mit unserem Stern verglichen

$$L = \sigma T^4 4\pi d^2$$

$$d_{\text{kons, innen}} = 0,95 \cdot \sqrt{\frac{L_{\text{Stern}}}{L_{\text{Sonne}}}} \text{ AU} \quad \text{Beispiel Proxima Centauri:}$$

$$d_{\text{kons, innen}} = 0,038 \text{ AU}$$

$$d_{\text{kons, außen}} = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{L_{\text{Stern}}}{L_{\text{Sonne}}}} \text{ AU} \quad d_{\text{kons, außen}} = 0,0548 \text{ AU}$$

Probleme mit Schwerkraft

Experimentelle Limits für Hypergravitation:

- 7 Tage 1,5 G: Keine unmittelbaren medizinischen Schäden, schnellere Ermüdungserscheinungen (Mensch)
- 1 Tag 2 G: Signifikante Störungen im Flüssigkeitshaushalt und Herz-Kreislaufsystem (Mensch)
- Monate lang 3 G: Tiere lebten noch, stark verkürzte Lebenserwartung (Ratten)

Theoretisches Limit für Hypergravitation: Ab 4,6 G kann die durchschnittliche Muskelkraft das Skelett nicht mehr aufrechterhalten.

Cosmic Shoreline

Linie unterhalb derer die Gravitation zu gering ist, um eine stabile Atmosphäre zu bilden. Fluchtgeschwindigkeiten verringern sich und Moleküle entweichen Stück für Stück der Atmosphäre.

Ansatz Bestimmung der Oberflächengravitation

Zur Berechnung der Oberflächengravitation eines fremden Planeten braucht man nichts weiter als seine Masse und sein Radius. Nach Newtonschem Gravitationsgesetz gilt $g = G \frac{M}{r^2}$.

$$\text{Beispiel Jupiter: } g_{\text{Jupiter}} \approx 24,78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (2,53 \text{ G})$$

$$\text{Beispiel Saturn: } g_{\text{Saturn}} \approx 12,84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1,31 \text{ G})$$

Informationsproblem

Reisezeit und Entfernung

- *Proxima Centauri*: ca. 4,24 Lichtjahre entfernt

Voyager 1: ca. 17 km/s → ca. 75 000 Jahre Reisezeit

- Generationenschiff wäre deutlich massereicher → hohe Geschwindigkeiten schwer erreichbar

- Exoplaneten meist nur indirekt untersuchbar:
 - Transitmethode: Helligkeitsabfall des Sterns
 - Spektralanalyse: Doppler-Verschiebung, Atmosphärgase
 - direkte Beobachtung: selten
- *Abschätzbar*: Größe, Masse, Umlaufbahn, teilweise Atmosphäre
- *Kaum bestimmbar*: Magnetfeld, Vulkanismus, Ökosysteme, reale Oberflächenbedingungen
- Zielplanet müsste stabile Umlaufbahn, Klima, Geologie und lebensfreundliche Atmosphäre besitzen
- Mission startet immer mit Restunsicherheit

A. Generationenschiff

- Menschen leben über Generationen an Bord → künstliche Mini-Zivilisation
- *Notwendig:* Recycling von Sauerstoff, Wasser, Nahrung und Abfällen
→ *Problem:* kleine geschlossene Ökosysteme sind instabil
- Künstliche Gravitation nötig gegen Muskel-, Knochen- und Kreislaufprobleme
→ *Lösung:* Rotation des Schiffes

Probleme Generationenschiff

- **Gesellschaft:** Erde unbekannt, Schiff wird Heimat
→ Motivation zur Mission fraglich
 - **Wissenserhalt:** Technik, Medizin, Landwirtschaft, Wartung
→ Wissen muss weitergegeben werden
 - **Strahlung:** kein Schutz durch Erde / Heliosphäre
→ DNA-Schäden, Krebsrisiko, Elektronikschäden
 - **Schutz:** Wasserhüllen, dicke Schutzschichten, strahlungsgehärtete Elektronik
 - r = 100 m → T ≈ 20 s → ca. 3 rpm
 - r = 500 m → T ≈ 45 s → ca. 1,3 rpm
- *Größerer Radius:* angenehmer, aber deutlich schwerer zu bauen

B. Embryoschiff

- *Idee:* Transport von Embryonen/DNA statt lebender Menschen
- Aufzucht durch KI, Roboter und künstliche Stationen
→ *Vorteile:* weniger Masse, keine Versorgung über Generationen, keine Konflikte während der Reise
→ *Probleme:* autonome KI, künstliche Schwangerschaft und Erziehung durch Maschinen nötig

(C). Kryoschlaf

- *Idee:* Erwachsene schlafen während der Reise
→ *Vorteil:* keine Generationengesellschaft, weniger Versorgung
→ *Problem:* aktuell keine funktionierende Technologie; Zellschäden, Strahlung und Langzeitfolgen ungeklärt

Biologische Anpassung des Menschen

Müssen wir andere Planeten an uns anpassen oder müssen wir uns an andere Planeten anpassen?

Herausforderungen

- andere Gravitation
- andere Atmosphäre
- stärkere kosmische Strahlung
- veränderter Tag-Nacht-Rhythmus

Kurzfristige Lösungen

- medizinische Betreuung
- spezielles Training
- technische Schutzsysteme
- Anpassungsprogramme für die erste Generation

Langfristige Entwicklung

- biologische Anpassung über mehrere Generationen
- Veränderungen von Körperbau und Knochendichte
- Mensch als anpassungsfähige Spezies

Lebensgrundlagen und Ressourcennutzung

Grundbedürfnisse

- Wasser
- Nahrung
- Luft

Verfügbarkeit ≠ Nutzbarkeit

Vorhandene Ressourcen sind nicht automatisch für Menschen geeignet.

Beispiele

Wasser:

- mögliche Giftstoffe
- Schwermetalle
- ungeeignete chemische Zusammensetzung

Atmosphäre:

- ungeeignete Gaszusammensetzung
- fehlender Sauerstoff

Ökosysteme:

- unbekannte Pflanzen und Tiere
- unklare Nutzbarkeit als Nahrung

Lösungsansätze

- chemische Analysen
- biologische Forschung
- Wasseraufbereitung
- Luftfiltersysteme
- kontrollierte Landwirtschaft

Langfristige Selbstversorgung

- Recycling
- geschlossene Stoffkreisläufe
- Nutzung lokaler Ressourcen

Zukunftstechnologien

- KI-gesteuerte Landwirtschaft
- künstlich erzeugte Nahrung
- automatisierte Versorgungssysteme

Haben wir das Recht, fremde Ökosysteme für unsere Bedürfnisse zu verändern?