

Kaku, Michio: Abschied von der Erde: die Zukunft der Menschheit. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 2019. 477 Seiten.

In seinem Vorwort weist *Michio Kaku* auf einige Katastrophenszenarien hin, die zu einem Aussterben der Menschen führen könnten, wie z.B. der Einschlag eines großen Asteroiden, der Ausbruch des Supervulkans unter dem Yellowstone Nationalpark innerhalb der nächsten 100.000 Jahre und die Bedrohung durch atomare und biologische Massenvernichtungswaffen. Um langfristig zu überleben müsse die Menschheit die Erde verlassen und anderswo im Sonnensystem und jenseits davon Kolonien aufbauen.

## **Teil I: Die Erde verlassen**

### 1. Startvorbereitungen

In diesem Kapitel stellt *Kaku* die Pioniere der Raketenforschung vor:

*Konstantin Ziolkowski* veröffentlichte 1903 die Raketengrundgleichung, mit deren Hilfe sich die Maximalgeschwindigkeit einer Rakete berechnen lässt, wenn man ihr Gewicht und ihre Treibstoffversorgung kennt; die erforderliche Fluchtgeschwindigkeit, um die Erde zu verlassen, beträgt 40.000 km/h.

*Robert Goddard* führte drei wichtige Erfindungen ein: flüssiger anstatt pulverförmiger Treibstoff, mehrstufige Raketen mit abwerfbaren Treibstofftanks und Kreiselstabilisatoren, um die Raketen auf Kurs zu halten; der erste erfolgreiche Start einer flüssigkeitsgetriebenen Rakete fand 1926 statt.

*Wernher von Braun* baute während des Zweiten Weltkriegs die V2-Rakete; sie flog mit max. 5.600 km/h und erreichte eine Maximalhöhe von 84,5 km.

Im Jahre 1957 schoss die Sowjetunion mit Sputnik den ersten künstlichen Satelliten ins Weltall und 1961 war der Kosmonaut Juri Gagarin der erste Mensch im Weltraum. In den USA wurde die NASA (National Aeronautics and Space Administration) gegründet und ab 1966 investierte die Regierung stolze 5,5 % des Bundeshaushalts in das Mondlandeprogramm: Wernher von Braun entwickelte die Saturn-V-Rakete, sodass mit der Apollo-11-Mission am 20.07.1969 (21.07. MEZ) die ersten Astronauten auf dem Mond landen konnten. Im Jahr 1981 startete das erste Space Shuttle, das gleichzeitig Menschen und Fracht ins All transportieren konnte, aber daher sehr kostenintensiv war (ein Objekt mit dem Space Shuttle auf eine erdnahe Umlaufbahn zu bringen, kostete etwa das Vierfache anderer Transportsysteme). Nach den Challenger- und Columbia-Tragödien verlor das Raumfahrtprogramm an Unterstützung. 2011 wurden das Constellation-Programm (der Ersatz für das Space Shuttle), das Mond-Programm und das Mars-Programm vorerst aufgehoben, um stattdessen Steuern zu senken.

### 2. Das goldene Zeitalter der Raumfahrt

Am 08.10.2015 verkündete die NASA die Wiederaufnahme des Mars-Programms, wobei als erstes erneut der Mond angefliegen werden soll. Es ist geplant, dass die SLS (Space Launch System)/Orion-Rakete Mitte der 2020er Jahre einen bemannten lunaren Vorbeiflug durchführt; das System ist vor allem dazu bestimmt, vier bis sechs Astronauten zu befördern und keine Fracht.

Zur Renaissance der Raumfahrt in den USA trägt das private Engagement von Milliardären aus dem Silicon Valley bei: *Jeff Bezos* (Gründer von Amazon) mit dem Fokus auf dem Mond und dem Angebot kommerzieller Suborbitaltrips für Raumtouristen; *Elon Musk* (Gründer von PayPal, Tesla und SpaceX) mit dem Blick auf den Mars.

Um den Aufbau einer Mondbasis zu rechtfertigen hat man bislang drei potentielle Ressourcen identifiziert: Eis auf der Südhemisphäre (es lässt sich in Sauerstoff und

Wasserstoff spalten, die beiden Hauptkomponenten von Raketentreibstoff), Seltene Erden im Mondgestein für die irdische Elektronik-Industrie und Helium-3 als Treibstoff für zukünftige Fusionsreaktoren. Der Autor beschreibt, was alles zum Leben auf dem Mond notwendig wäre (s.S. 69 ff.): Sonnenkollektoren zur Energiegewinnung und Batterien (ein Mondtag entspricht einem Erdmonat, es herrschen also zwei Wochen Tageslicht und zwei Wochen Dunkelheit), chemische Anlagen zur Erzeugung von Sauerstoff, medizinische Versorgung und Nahrungsmittelversorgung (Bau großer Treibhäuser), Schutz vor gefährlicher Sonnenstrahlung (Bau von unterirdischen Mondbasen in alten Lavaröhren), Verarbeitung des Mondbodens durch Mikrowellen zu Ziegeln als Baumaterial, Freizeitmöglichkeiten auf dem Mond usw. Das Ziel sollte sein, eine Mondbasis möglichst autark zu machen, um die Kosten für ihren Betrieb zu senken. Aufgrund der geringen Schwerkraft könnte die Mondbasis als Startpunkt für Flüge zu den Asteroiden und zum Mars dienen.

### 3. Rohstoffquellen im All

Eine interessante Möglichkeit sei der Bergbau auf Asteroiden\*, denn diese bestehen aus Eisen, Nickel, Kohlenstoff und Kobalt, und enthalten auch beträchtliche Mengen an Seltenen Erden und wertvollen Mineralien wie Platin, Palladium, Rhodium, Ruthenium, Iridium und Osmium. Im Focus stehen dabei zunächst die rund 16.000 bislang bekannten Asteroiden, die als erdnahe Objekte gelten und den Orbit der Erde kreuzen. Asteroiden könnten auch aus dem Asteroidengürtel zum Mond transportiert und dort verarbeitet werden, um anschließend die gewonnenen Mineralien zur Erde zu transportieren. Als Stützpunkt für einen Raumschiffhafen könnte sich der Zwergplanet Ceres anbieten, der sich im Asteroidengürtel befindet und mit einem Durchmesser von rund 9.000 km rund ein Drittel der Masse des gesamten Asteroidengürtels enthält.

### 4. Alles auf Mars

Der Internet-Milliardär *Elon Musk* plant mit seinem Unternehmen SpaceX bereits 2024 eine bemannte Mars-Mission: „Sein Ziel besteht letztlich darin, nicht nur einen Außenposten auf dem Mars zu errichten, sondern eine komplette Siedlung. Er stellt sich vor, eine Flotte von tausend modifizierten Falcon-Raketen, jede bemannt mit hundert Siedlern, ins All zu schicken, um die erste Kolonie auf dem roten Planeten zu gründen.“ (S. 95) Musk plant, den roten Planeten direkt anzufliegen, während die NASA zunächst eine lunare Raumstation aufbauen und von dort mit der „Deep Space Transport“ zum Mars fliegen will (s.S. 104 f.).

Musk's Konkurrent beim Bau von Raketen ist die Fa. Boeing, die die SLS-Trägerrakete für die von der NASA geplante Mars-Mission konstruiert. Die SLS soll eine Nutzlast von 130 to ins All transportieren können; Musks Falcon Heavy nur 64 to, wobei ein Flug mit einer Falcon-Rakete derzeit nur rund 10 Prozent des üblichen Preises für kommerzielle Raumfahrzeuge kostet.

Potentielle Gefahren für eine Reise zum Mars sind: a) ein Raketenunfall beim Start (die Wahrscheinlichkeit beträgt ca. 1 %), b) die physische Belastung der Astronauten (aufgrund der Schwerelosigkeit kommt es zu Muskel- und Knochenschwund), c) die psychische Belastung der Astronauten (die Reisedauer für Hin- und Rückflug beträgt rund zwei Jahre), d) Sonnenwind und kosmische Strahlung (erhöhtes Risiko für Krebs und vorzeitiges Altern,

---

\* *Asteroiden* sind Milliarden kleiner Gesteinskörper innerhalb des Sonnensystems, die von der Planetenbildung übrig geblieben sind und sich überwiegend im Asteroidengürtel befinden. *Kometen* sind Blöcke aus Eis und Gestein, die sich an den Außenrändern des Sonnensystems (im Kuiper-Gürtel) oder außerhalb des Sonnensystems (in der Oort'schen Wolke) aufhalten. Ein *Meteor* ist ein Felsbrocken, der in der Atmosphäre verglüht, während er über Himmel jagt und einen Schweif hinterlässt. Ein *Meteorit* ist ein Gesteinsbrocken, der tatsächlich auf der Erde aufschlägt.

Strahlungsschäden in den Augen durch Ionisierung subatomarer Teilchen in der Augapflüssigkeit), e) Beschädigung der Außenhülle des Raumschiffs durch Mikrometeorite. Als Antriebssystem für die Deep Space Transport ist ein solar-elektrischer Ionenantrieb geplant: „Die riesigen Solarmodule fangen Sonnenlicht ein und wandeln es in elektrische Energie um. Diese Energie dient dazu, Elektronen aus den Atomen eines Gases (beispielsweise Xenon) zu lösen, sodass geladene Teilchen (Ionen) entstehen. Ein elektrisches Feld jagt diese Ionen dann aus dem Ende der Rakete, sodass Schub erzeugt wird, Im Gegensatz zu einem chemischen Antrieb, der nur ein paar Minuten lang feuern kann, kann ein Ionenantrieb über Monate oder gar Jahre hinweg langsam beschleunigen.“ (S. 108) Beim Erreichen des Mars wird das Raumschiff dann durch Bremsraketen in eine Umlaufbahn um den Planeten gebracht.

„Die Astronauten werden mehrere Monate auf dem Roten Planeten verbringen, bevor die Erde für die Rückreise wieder richtig steht. Das gibt ihnen Zeit, das Gelände zu untersuchen, Experimente durchzuführen, beispielsweise nach Spuren von Wasser und mikrobiellem Leben zu suchen und Solarmodule zur Energiegewinnung zu errichten. Ein mögliches Ziel könnte das Bohren nach Eis im Permafrost sein, denn unterirdisches Eis könnte eines Tages zu einer lebenswichtigen Quelle für Trinkwasser werden, ebenso für Sauerstoff zum Atmen und Wasserstoff als Treibstoff.“ (S. 109)

#### 5. Mars: Der Gartenplanet

Gegenwärtig ist der Mars für Menschen lebensfeindlich: Staubstürme, die Temperaturen steigen selten über 0° C, die Atmosphäre besteht fast völlig aus Kohlendioxid, der atmosphärische Druck beträgt nur 1 % des Drucks auf der Erde und die Schwerkraft nur 40 % derjenigen auf der Erde.

Für ein Überleben auf dem Mars kann man die großen Mengen Eis nutzen: als Trinkwasser, der Sauerstoff zum Atmen und der Wasserstoff zum Heizen und als Raketentreibstoff. Als Schutz vor Strahlung und Staubstürmen könnten die Unterkünfte in ehemaligen Lavaröhren angelegt werden. Aufgrund der geringen Schwerkraft müssen die Astronauten viel Sport treiben, um Muskelschwund zu verhindern.

Zunächst soll nach *Robert Zubrin* eine Marsbasis für 20-50 Astronauten geschaffen werden, um langfristig den Mars zu terraformieren und für die Besiedlung vorzubereiten (s.S. 126 f.). Dabei ist der schwierigste Schritt, die Marsatmosphäre langsam zu erwärmen, damit flüssiges Wasser vorhanden ist. Eine Möglichkeit wäre, die Atmosphäre mit Methan und Wasserdampf zu impfen, um einen künstlichen Treibhauseffekt auszulösen, der die Temperatur der Eiskappen stetig erhöht und diese zum Schmelzen bringt. Eine effiziente, aber kostspieligere Möglichkeit besteht darin, Sonnenlicht mit Satelliten zu bündeln und auf die Eiskappen zu richten. Wenn der Schmelzprozess eingeleitet ist, könnten (gentechnisch veränderte) Algen und andere Pflanzen in der Kohlendioxid-reichen Atmosphäre gut gedeihen und eine Humusschicht aufbauen sowie Sauerstoff produzieren. Um den Mars davon abzuhalten, nach dem Terraforming wieder in den früheren Zustand zurückzufallen, müsste ein künstliches Magnetfeld erzeugt werden.

#### 6. Gasriesen, Kometen und mehr

Der Autor erklärt kurz die Entstehung der Planeten des Sonnensystems und beschreibt die Gasplaneten, die von Gesteinsmonden umkreist werden. Als Beispiel für einen möglicherweise als Kolonie in Frage kommenden Ort nennt er den Saturnmond Titan (s.S. 149 ff.): So könnte das Methan zum Mars gebracht werden, um den dortigen Treibhauseffekt für ein Terraforming zu verstärken. Das Eis auf Titan könnte gereinigt und zu Trinkwasser verarbeitet oder als Raketentreibstoff aufgespalten werden (die geringe Schwerkraft würde Starts und Landungen relativ einfach machen, sodass dieser Mond als „Tankstelle“ dienen

könnte). An der Oberfläche könnte nach wertvollen Mineralien und Erzen geschürft werden, um damit eine Infrastruktur auf Titan aufzubauen.

Die Kometen in der Oort'schen Wolke können als Sprungbrett zu anderen Sternen dienen, denn sie besitzen einen harten Kern aus Gestein und Eis, der stabil genug sein könnte, um eine Roboter-Relaisstation zu tragen. Solche Roboter könnten Eis schmelzen, um Trinkwasser, Treibstoff und Sauerstoff für die Astronauten zu gewinnen.

## Teil II: Reise zu den Sternen

### 7. Roboter im All

Die Fortschritte in Nanotechnologie und Künstlicher Intelligenz könnten laut *Michio Kaku* die Erforschung des Alls außerhalb des Sonnensystems ermöglichen: „Gegen Ende des 21. Jahrhunderts sollten uns Fortschritte in der Nanotechnologie erlauben, große Mengen an Graphen- und Kohlenstoffnanoröhren zu produzieren, superleichte Materialien, die das Baugewerbe revolutionieren werden. Graphen besteht aus einer einzelnen molekularen Lage von eng verknüpften Kohlenstoffatomen, die eine ultradünne und ultrafeste Schicht bilden. Das Material ist [...] 200 Mal stabiler als Stahl und härter als Diamant. [...] Kohlenstoffnanoröhren sind zu langen Röhren geformte Graphenschichten. [...] Noch ist es schwierig, Graphenschichten zu erzeugen, die größer als eine Briefmarke sind.“ (S. 161 f.) Im Bereich der künstlichen Intelligenz werden ferngesteuerte Roboter sich zu echten Automaten entwickeln, die eine gestellte Aufgabe selbständig durchführen. „Wir brauchen Automaten, die die äußeren Planeten weitgehend auf sich allein gestellt kolonialisieren können, denn es würde Stunden dauern, mit ihnen per Radiowellen zu kommunizieren.“ (S. 165) Roboter bzw. Automaten könnten alle gefährlichen, langweiligen und schmutzigen Arbeiten übernehmen.

Der Autor gibt in den folgenden Unterkapiteln (s.S, 167 ff.) einen Überblick über die Entwicklung der künstlichen Intelligenz seit 1955. Es gibt zwei Hindernisse auf dem Wege zur künstlichen Intelligenz: die Mustererkennung, d.h. das Erkennen von Objekten, und der gesunde Menschenverstand, d.h. aus lebenslanger Erfahrung generiertes (intuitives) Wissen. Der wahrscheinlich beste Weg ist die Konstruktion selbst lernender Maschinen, die aus eigenen Erfahrungen lernen. „Im All werden Roboter mit ständig neuen und immer anderen Gefahren konfrontiert. Sie sind gezwungen, sich mit Situationen auseinanderzusetzen, die sich Wissenschaftler heute noch nicht einmal in ihren Träumen ausmalen können. Ein Roboter, der darauf programmiert ist, nur ein bestimmtes Spektrum an Notfällen zu bewältigen, ist nutzlos, denn das Schicksal wird ihn mit dem Unerwarteten konfrontieren.“ (S. 172) „In den kommenden Jahrzehnten lassen sich Top-down- und Bottom-up-Ansatz möglicherweise verbinden, sodass Roboter von Anfang an mit einem gewissen Maß an Vorkenntnissen ausgestattet werden können, aber auch via neuronaler Netzwerke operieren und lernen können. Wie Menschen könnten sie aus Erfahrung lernen, bis sie Mustererkennung meistern, was ihnen erlauben würde, Werkzeuge in drei Dimensionen zu bewegen, und eine Art Menschenverstand zu erwerben, was sie in die Lage versetzen würde, mit neuen Situationen fertig zu werden.“ (S. 173)

„Die ultimative Herausforderung der Robotik besteht in der Schaffung von Maschinen, die sich reproduzieren können und Bewusstsein entwickeln.“ (S. 174) Wenn Roboter ein eigenes Bewusstsein entwickeln, besteht allerdings das Risiko, dass sie ihre eigenen Vorstellungen entwickeln und ihre eigenen Ziele verfolgen und sich ggf. auch gegen den Menschen richten könnten.

*Kaku* stellt ein Modell vor, wie man Bewusstsein in unterschiedliche Stufen einordnen kann, entsprechend einem räumlichen, einem sozialen und einem temporalen Bewusstsein, das ein Verständnis für Zeit beinhaltet. Er definiert Selbstbewusstsein als die

Fähigkeit, sich in Einklang mit einem Ziel in eine Simulation der Zukunft zu versetzen (s.S. 186). Um selbstbewusste Maschinen zu schaffen, müsste man ihnen von außen ein Ziel vorgeben. Und um zu verhindern, dass sich diese Maschinen irgendwann gegen die Menschen wenden, müsste nur verhindert werden, dass ihnen für die Menschheit schädliche Ziele einprogrammiert würden (s.S. 188).

Die Entwicklung von Quantencomputern könnte mit ihrer enormen Rechenleistung die menschliche Intelligenz übertreffen. „Es könnte mehrere Jahrzehnte oder sogar bis Ende des Jahrhunderts dauern, bis wir über einen Hochleistungs-Quantencomputer verfügen, doch wenn es so weit ist, wird er die Leistungsfähigkeit Künstlicher Intelligenz dramatisch steigern.“ (S. 193)

## 8. Ein Raumschiff bauen

Es gibt schon heute die folgenden, grundsätzlich realisierbaren Antriebssysteme:

A) „Nanoraumschiffe“, die vielleicht nur 1 cm<sup>2</sup> groß sind, und große Sonnensegel haben. Wenn man ein Nanoschiff mit Laserstrahlen, die auf ein Lasersegel treffen, auf ein Fünftel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, kann man innerhalb von 20 Jahren das nächste Sternensystem Centauri erreichen und das System im Vorbeiflug analysieren. Das Hauptproblem ist die enorme Energiemenge, die erforderlich wäre: „Um eine Flotte von Nanoschiffen nach Centauri zu schicken, müsste eine Laserbatterie mindestens zwei Minuten lang ein Trommelfeuer von Strahlung mit einer Gesamtleistung von mindestens 100 Gigawatt auf die Segel der Schiffe abschießen.“ (S. 200) Eine mögliche Lösung wäre die Installation von Laserkanonen auf dem Mond, da ein Laserstrahl durch die Erdatmosphäre rund 60 % seiner Energie verliert, und außerdem könnten Solarmodule auf dem Mond günstige Energie für die Laserbatterien liefern.

B) Ionentriebwerke könnten sich für Flüge zu nahegelegenen Planeten eignen: „Man nimmt ein Gas wie Xenon, löst die Elektronen aus den Gasatomen, sodass die Atome zu geladenen Teilchen – Ionen – werden, und beschleunigt diese Ionen dann in einem elektrischen Feld.“ (S. 205 f.)

C) Ein Plasmaantrieb ist ein Ionentriebwerk, bei dem man das Gas mit Hilfe von Mikrowellen oder Radiowellen ionisiert und dann Magnetfelder benutzt, um die Ionen zu beschleunigen. Der begrenzende Faktor für solche Antriebe ist die große Menge an Elektrizität, die zur Herstellung des Plasmas nötig ist (s.S. 206).

Darüber hinaus gibt es die folgenden spekulativen Antriebssysteme:

a) Fusionsantrieb, bei dem Wasserstoff zu Helium verschmolzen wird und große Energiemengen freisetzt (mit einem solchen Antrieb könnte man evt. halbe Lichtgeschwindigkeit erreichen, s.S. 262).

b) Antimaterieantrieb, bei dem das Zusammenführen von Materie und Antimaterie zu einem Ausbruch von Gamma- und Röntgenstrahlen führt. Aber zum einen ist die Herstellung von Antimaterie heute noch sehr teuer und zum anderen gibt es das Problem der Speicherung: Man bräuchte magnetische Käfige, damit die Antimaterie-Atome nicht mit der Behälterwand in Kontakt kommen und diese zerstören (s.S. 214 ff.).

c) Warp-Antrieb, mit dem es möglich sein könnte, durch Raumkrümmung schneller als das Licht zu fliegen und Reisen durch Wurm Löcher in Paralleluniversen (s.S. 227 ff.).

d) Alcubierre-Antrieb, bei dem das Raumschiff von einer Warp-Blase umgeben ist, einer leeren Blase aus Materie und Energie (s.S. 230). „Um den Raum vor der Blase zu komprimieren, müsste das Schiff eine ganz bestimmte Art Treibstoff verwenden – negative Materie oder Energie. [...] Negative Materie oder negative Energie ist das fehlende Glied in der Kette, um unsere Warp-Blasen wie auch unsere Wurm Löcher zu stabilisieren.“ (S. 232)

Eine weitere Idee sind Weltraumlifte, die auf kostengünstige Weise Material in den Weltraum bringen können, um dort Raumschiffe zusammenzubauen (s.S. 222 ff.).

### 9. Kepler und ein Universum voller Planeten

Es gibt verschiedene Methoden, um Planeten in anderen Sonnensystemen zu finden:

- a) Transitmethode: wenn ein Planet vor seinem Mutterstern vorbeizieht, kommt es zu einer minimalen Abnahme der Helligkeit, die vom Stern ausgestrahlt wird. „Ein Planet von Jupitergröße würde die Helligkeit eines Stern wie unserer Sonne um rund 1 Prozent abschwächen. Für einen erdgroßen Planeten beträgt die Abschwächung 0,008 Prozent.“ (S. 243) Das 2009 gestartete Kepler-Raumteleskop wurde speziell dafür entworfen, um extrasolare Planeten mithilfe der Transitmethode zu entdecken. Die Sonde ist auf ein Vierhundertstel des Himmels ausgerichtet und analysiert in diesem Himmelsausschnitt rund 200.000 Sterne; dabei wurden bislang über 4.000 (potentielle) Planeten entdeckt (s.S. 245). Darunter hat man einige „Super-Erden“ entdeckt, die ebenfalls aus Gestein bestehen, aber 50-100 Prozent größer sind als unsere Erde (s.S. 247). Mit der Transit-Methode kann auch die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre eines Planeten analysiert werden; allerdings nur, wenn die Bahnebene im richtigen Winkel liegt, wobei die Wahrscheinlichkeit dafür lediglich 1,5 Prozent beträgt (s.S. 249).
- b) Radialgeschwindigkeits- oder Doppler-Methode: wenn ein Planet um einen Stern kreist, scheint es durch die Kräfte, die die beiden Körper aufeinander ausüben, als ob sich der Stern minimal auf uns zu (Blauverschiebung) und von uns weg (Rotverschiebung) bewegen würde.
- c) Gravitationslinsentechnik: sie funktioniert nur, wenn Erde, Exoplanet und Mutterstern genau auf einer Linie liegen.
- d) Das James Webb Space Telescope könnte erste direkte Fotografien von Planeten liefern.

Der Autor nennt eine Reihe von Planeten, die potentiell unserer Erde ähneln und sich in der habitablen Zone um ihr Muttergestirn befinden, die die Entstehung von Leben ermöglichen könnte.

Eine besondere Kategorie sind Wanderplaneten, die keinen Stern umkreisen, sondern durch die Galaxie wandern, weil sie einst aus ihrem Sonnensystem herauskatapultiert wurden. Auch auf solchen Planeten könnte es Leben geben, wenn ein radioaktiver Kern genug Wärmeenergie z.B. für heiße Quellen am Meeresgrund liefert (s.S. 253 f.).

Lichtschwache Rote Zwerge sind mit 85 Prozent wahrscheinlich die häufigsten Sterne in der Milchstraße und im Gegensatz zu unserer Sonne mit einer Lebenserwartung von etwa zehn Milliarden Jahren haben sie möglicherweise eine Lebenserwartung von Billionen Jahren (s.S. 256).

Wenn man die bislang gesammelten Daten über Planeten hochrechnet, könnten in der Milchstraße annähernd 20 Milliarden erdähnliche Planeten existieren (s.S. 257).

## **Teil III: Leben im Universum**

### 10. Unsterblichkeit

Um extrem lange Reisen zu anderen Sternensystemen zu überleben, gibt es drei Möglichkeiten:

- a) Bau von Multi-Generationen-Raumschiffen:

Die Besatzung muss sehr sorgfältig ausgewählt werden und aus mindestens 200 Menschen pro Raumschiff bestehen, damit eine ausreichende Fortpflanzung gegeben ist. Gleichzeitig muss die Bevölkerungszahl kontrolliert werden, damit die Population relativ konstant bleibt. Es müsste sorgfältig mit den Ressourcen umgegangen werden; Lebens-

mittel und Abfälle müssten fortwährend recycelt werden. Außerdem müsste gegen die Langeweile angegangen werden, z.B. mit Hilfe fortgeschrittener Computersimulationen, Austragung von Wettbewerben oder Schaffung von Aufgaben. Es besteht zudem das Risiko, dass künftige Generationen das Missionsziel nicht mehr erfüllen wollen oder ein charismatischer Demagoge die Führung an sich reißt.

b) Vorübergehendes Einfrieren der Passagiere: Theoretisch führt beim Prozess der Vitrifikation eine Kombination verschiedener Chemikalien zur Herabsetzung des Gefrierpunkts, ohne dass sich Eiskristalle bilden. Die heute verwendeten Chemikalien sind noch nicht geeignet, um einen Menschen tiefzufrieren und unbeschadet wieder aufzutauen. In der Zukunft könnte diese Methode eine Möglichkeit sein, wobei das Problem besteht, dass bei einem akuten Notfall (Fehlfunktion) die Ingenieure erst aus dem Kälteschlaf geweckt werden müssen. Da dies möglicherweise zu viel Zeit beansprucht, könnte es sinnvoll sein, den größten Teil der Passagiere einzufrieren und eine kleine Multi-Generationen-Besatzung von Ingenieuren im Wachzustand zu halten.

c) Verlängerung der Lebensspanne: Eine Möglichkeit der Lebensverlängerung im Tierversuch ist die kalorienarme Ernährung. Eine weitere Idee besteht in Nahrungs- bzw. Nahrungsergänzungsmitteln, die die Bildung freier Radikale verhindern oder diese abbauen. Ein Schlüssel könnten die Telomere, also die Chromosomenenden sein, die sich nach jeder Zellteilung verkürzen: „Schließlich, nach ungefähr 50 bis 60 Teilungen, sind die Telomere so kurz, dass sie verschwinden und das Chromosom zu zerfallen beginnt. Damit tritt die Zelle in ein Stadium der Vergreisung ein und funktioniert nicht mehr verlässlich.“ (s.S. 270) Die Einnahme von Telomerase könnte dafür sorgen, dass sich Zellen unbegrenzt teilen können; aber auch Krebszellen nutzen die Telomerase, um sich ohne Limit zu teilen. Die Gentechnik könnte eines Tages die zelleigenen Reparaturmechanismen nutzen, um durch Altern entstandene Fehler in der DNA zu reparieren oder gar zu verhindern. Biologische Unsterblichkeit würde eine Überbevölkerung der Erde nach sich ziehen, was den Exodus zu anderen Sternen beschleunigen könnte. Unsterbliche Wesen würden zudem die riesigen Distanzen zu den Sternen nicht als Hindernis, sondern als Herausforderung ansehen.

Digitale Unsterblichkeit könnte ein effizienter Weg für interstellare Reisen sein, da keine Rücksicht auf einen biologischen Körper genommen werden muss. Das Human Connectome Project verfolgt das ehrgeizige Ziel, das gesamte menschliche Gehirn zu digitalisieren. Dabei will der elektronische Ansatz die Intelligenz des Gehirns mit einer gigantischen Ansammlung von Transistoren mit gewaltiger Rechenleistung duplizieren. Der biologische Ansatz (BRAIN Initiative) versucht die neuronale Struktur des Gehirns und auch die Verbindungen aller Neuronen zueinander zu kartieren. Das in einen Supercomputer hochgeladene Bewusstsein könnte dann z.B. einen Roboter-Avatar steuern und dessen Erfahrungen und Erlebnisse nachempfinden.

## 11. Transhumanismus und Technologie

Transhumanistische Körpererweiterungen könnten durch die Erweiterung menschlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Überleben in anderen Welten beitragen:

a) Um das Leben auf einem Planeten mit größerer Schwerkraft zu ermöglichen, könnten z.B. Exoskelette eingesetzt oder die Muskelmasse durch genetische Veränderung vergrößert werden.

b) Durch den Einsatz von künstlichen Netzhäuten könnte sich der Mensch an die Lebensbedingungen auf anderen Welten anpassen: „Die Atmosphäre ist vielleicht dunkel, neblig oder von Staub und Dreck durchsetzt. Er wäre möglich, künstliche Retinae zu schaffen, die mittels Infrarotdetektoren durch einen marsianischen Staubsturm 'blicken' können. Auf weit entfernten Monden, wo es so gut wie kein Sonnenlicht gibt, könnten solche künst-

lichen Netzhäute das wenige reflektierte Licht intensivieren.“ (S. 293)

c) Schon heute gibt es Computerchips, die Hirnwellen aufnehmen und teilweise entziffern können. „Damit ist es nur noch ein kleiner Schritt zur Telekinese (der Fähigkeit, Objekte mit Geisteskraft zu bewegen). Mit Hilfe derselben Technologie kann man das Gehirn direkt mit einem Roboter oder einem anderen mechanischen Gerät verbinden, das dann geistige Befehle ausführt. [...] Wir würden dann mit Maschinen durch reines Denken interagieren.“ (S. 294)

d) Durch die Implantation von Computerchips ins Gehirn könnte es möglich werden, komplexe Gedächtnisinhalte einzuspeisen. „Für Astronauten könnte das nützlich sein. Wenn man auf einem neuen Planeten oder Mond landet, gibt es so viele Feinheiten über die Umgebung zu lernen und zu erinnern, und es gibt so viele Technologien, die man beherrschen muss. Gedächtnisinhalte hochzuladen könnte der effizienteste Weg sein, um sich völlig neues Wissen über entfernte Welten anzueignen.“ (S. 296)

e) Die nächste Stufe wäre ein „Hirnnet“, mit dem sensorische Empfindungen, Gefühle und Gedächtnisinhalte übertragen werden. „Sie [Astronauten] werden gedanklich miteinander kommunizieren können, unmittelbar lebenswichtige Informationen austauschen und sich mit Hilfe einer völlig neuen Form von Unterhaltung Zerstreuung verschaffen. Außerdem werden sie in der Lage sein, die geistige Verfassung einer Person viel genauer zu erfassen als heute.“ (S. 297)

f) Durch gentechnische Manipulation könnte die Gedächtnisleistung gesteigert werden.

g) Wenn es möglich ist, Miniaturenergiespeicher zu bauen, könnte das Fliegen von Menschen mit Düsenantrieb und der Einsatz von Strahlenwaffen realisiert werden.

h) „Keimbahn-Gentherapie könnte das genetische Erbe der Menschheit verändern. Das bedeutet, dass sich eines Tages, wenn wir uns zu den Sternen wagen, neue genetische Zweige der Menschheit entwickeln könnten. Normalerweise würde das Zehntausende von Jahren dauern, doch die Gentechnik [z.B. mit CRISPR] könnte es in einer einzigen Generation schaffen, wenn die Keimbahn-Gentherapie Realität werden sollte.“ (S. 302) Der Physiker Paul Davies spekuliert, dass biologische Intelligenz möglicherweise nur ein Durchgangsstadium in eine post-biologische Zukunft sei.

Der Autor *Michio Kaku* geht davon aus, dass das „Höhlenmenschen-Prinzip“ verhindern wird, dass sich die Menschen zu stark verändern, denn Menschen legen großen Wert auf die Meinung ihrer Mitmenschen und versuchen, sich möglichst konform zu verhalten. „Ich stelle mir vor, dass in Zukunft Menschen die Möglichkeit haben, Geräte, Implantate und andere Vorrichtungen anzulegen, die ihnen kurzzeitig Superkräfte und erhöhte Fähigkeiten verleihen, doch danach werden sie die meisten wieder ablegen und ganz normal sein. Oder falls sie sich dennoch permanent verändern, wird das in einer Weise geschehen, die ihr Ansehen in der Gesellschaft erhöht.“ (S. 310).

## 12. Die Suche nach außerirdischem Leben

„Statt nach ihnen [fremden Zivilisationen] Ausschau zu halten und Radiosignale in den Weltraum zu schicken, um jeder fremden Zivilisation unsere Existenz zu verkünden, könnte es klüger sein, sie erst einmal zu studieren.“ (S. 317) Eine Zivilisation, die z.B. eine Million Jahre älter ist als unsere könnte über unvorstellbare Fähigkeiten verfügen. „In jedem Fall aber wäre es sehr unklug, einen interplanetaren Krieg mit Außerirdischen zu beginnen, die möglicherweise Jahrtausende fortgeschrittener sind als wir.“ (S. 321)

Das Projekt SETI sucht mit Radioteleskopen nach Signalen außerirdischer Intelligenzen und jeder kann sich durch die Installation des Programms SETI@home an dieser Suche beteiligen.

Die Kommunikation mit Außerirdischen sollte grundsätzlich möglich sein. Wahrscheinlich würde „[...] jede Spezies, die weit genug entwickelt ist, um Raumschiffe zur Erde zu



schicken, unsere TV- und Radiosignale aufgefangen und unsere Sprache schon im Vorhinein entschlüsselt haben, so dass sie nicht von irdischen Linguisten abhängig wären.“ (S. 321)

Intelligente Außerirdische werden nicht völlig beliebig aussehen und es ist sehr wahrscheinlich, dass sie ebenfalls aus auf Kohlenstoff basierten Molekülen bestehen. Sie werden über Augen verfügen, um ihre Umgebung wahrzunehmen, und über Greifwerkzeuge, um ihre Umgebung zu gestalten. „Um wichtige Informationen von Generation zu Generation weiterzugeben und zu bewahren, ist eine Art Sprache unerlässlich. [...] Außerdem ist Sprache notwendigerweise ein soziales Phänomen, da sie die Entwicklung von Kooperationen unter Individuen beschleunigt.“ (S. 325)

„Wenn wir auf intelligente Aliens im Weltraum stoßen, stehen die Chancen gut, dass sie ebenfalls unbeholfen und schwach sind und diese Nachteile durch die Entwicklung von Intelligenz kompensiert haben. Und wie wir werden auch sie die Fähigkeit entwickelt haben, mit Hilfe einer neuen Technik zu überleben: der Fähigkeit nämlich, ihre Umgebung nach ihren Wünschen zu verändern.“ (S. 332)

Das Fermi-Paradoxon wirft die Frage auf, warum Außerirdische nicht längst mit uns Kontakt aufgenommen haben, wenn es sie tatsächlich geben sollte. Es könnte z.B. daran liegen, dass wir zu primitiv und damit zu unattraktiv für eine Kommunikation sind, oder vielleicht haben Außerirdische eine Verhaltensregel, sich nicht mit primitiven Zivilisationen einzulassen (s.S. 337). Eine fremde Zivilisation könnte nur während einiger Jahrhunderte ihrer Evolution Radiowellen benutzen, was möglicherweise der Grund dafür ist, dass wir keine Signale von ihnen empfangen (s.S. 338).

### 13. Weit entwickelte Zivilisationen

Der russische Astronom *Nikolai Kardaschow* entwickelte 1964 eine Skala, die Zivilisationen auf der Basis ihres Energieverbrauchs klassifiziert:

- „1) Eine Typ-I-Zivilisation nutzt alles Sonnenlicht, das auf den Planeten auftrifft.
- 2) Eine Typ-II-Zivilisation nutzt sämtliche Energie, die von ihrer Sonne produziert wird.
- 3) Eine Typ-III-Zivilisation nutzt die Energie der gesamten Galaxie.“ (S. 346)

Demnach verbraucht eine typische Typ-I-Zivilisation „[...] eine Leistung von  $7 \times 10^{17}$  Watt [...], was ungefähr 1.000 Mal größer ist als die momentane Energieerzeugung auf der Erde.“ (S. 346) „Mit dem Gesamtenergieverbrauch des Planeten Erde sind wir derzeit eine Typ-0,7-Zivilisation. Geht man von einem zwei- bis dreiprozentigen jährlichen Zuwachs an Energieverbrauch aus, was in etwa der gegenwärtigen mittleren Wachstumsrate des Welt-Bruttosozialprodukts entspricht, sind wir etwa ein oder zwei Jahrhunderte vom Status einer Typ-I-Zivilisation entfernt. Der Aufstieg zu einer Typ-II-Zivilisation könnte auf der Grundlage dieser Rechnung einige tausend Jahre in Anspruch nehmen. Wann wir schließlich zu einer Typ-III-Zivilisation werden, ist schwieriger auszurechnen, weil diese Fortschritte bei interstellaren Weltraumreisen voraussetzt, welche schwierig zu prognostizieren sind. Einer Schätzung zufolge werden wir wohl nicht vor 100.000 Jahren, und möglicherweise nicht vor einer Million Jahren zu einer Typ-III-Zivilisation werden.“ (S. 347)

Der Übergang von Typ 0 zu Typ 1 ist am schwierigsten. Das Internet ist die erste Typ-I-Technologie, die sich weltumspannend entwickelt. „Wir sind auch Zeugen des Aufkommens einer weltumspannenden Kultur. Beim Sport ist es der Aufstieg von Fußball und den Olympischen Spielen. In der Musik gibt es die Weltstars. In der Mode haben wir die Luxusgeschäfte und -marken in allen großen Konsumzentren. [...] In Zukunft werden Menschen wahrscheinlich bikulturell sein, mit allen Sitten der regionalen Kultur vertraut, aber auch gewandt im Umgang mit der sich entwickelnden weltumspannenden Kultur.“ (S. 348) Die größte Bedrohung für eine Typ-I-Zivilisation geht von ihr selbst aus, wie z.B. Klimawandel, Biowaffen, Kernwaffen (s.S. 349 ff.). Zur Energiegewinnung für eine Typ-I-

Zivilisation kommen z.B. Kernfusion in Betracht und Solarkraftwerke im Weltraum, die Energie in Form von Mikrowellenstrahlung zu einer Empfängerstation auf der Erde senden (60 % der Sonnenenergie geht nämlich beim Durchtritt durch die Atmosphäre verloren). Eine Typ-II-Zivilisation ist potentiell unsterblich, weil sie z.B. Zusammenstöße mit Asteroiden mit Raketentechnologie verhindern kann und über Energiegewinnung ohne Treibhauseffekt verfügt. Sie könnte dazu fähig sein, ihren Heimatplaneten zu verschieben, wenn sich die Sonne am Ende ihres Lebenszyklus ausdehnt. Außerdem könnte sie mit Nanomaterialien eine Dyson-Sphäre um die Sonne bauen, um deren Energie zu ernten (s.S. 354 ff.).

Ein Problem für die Typ-II-Zivilisation wären die gigantischen Mengen an Abwärme, sodass wahrscheinlich alle wärmeerzeugenden Apparaturen im Weltraum aufgestellt werden. Möglicherweise ist diese Theorie jedoch zu eng gefasst, dass es auch Typ-II-Zivilisationen geben könnte, die sich in Richtung Miniaturisierung und Energieeffizienz entwickeln und z.B. Antimaterieantriebe benutzen und die Raumzeit manipulieren, um Wurm Löcher zu erschaffen (s.S. 356 ff.). *Carl Sagan* schlägt daher vor, Zivilisationen nach Information einzustufen. „Nach seinem Szenario verbraucht eine Typ-A-Zivilisation eine Million Bits Information. Eine Typ-B-Zivilisation würde 10 Mal so viel, also 10 Millionen Bits Information verbrauchen, und so weiter, bis wir bei Typ Z angekommen sind, der herausragende  $10^{31}$  Bits umschlägt. Nach dieser Einstufung sind wir eine Typ-H-Zivilisation. Entscheidend ist, dass sich Zivilisationen bei gleichbleibendem Energieverbrauch auf der Informationsskala weiterentwickeln können.“ (S. 358)

„Für eine Typ-II-Zivilisation, die Jahrhunderte, wenn nicht Jahrtausende weiter entwickelt ist, wird die Kolonisierung eines ganzen Sektors der Milchstraße zu einer realistischen Möglichkeit.“ (S. 359) Durch die langen Reisezeiten könnte es dazu kommen, dass unterschiedliche Zweige der Menschheit entstehen, die keine Verbindung mehr zu ihrem Heimatplaneten Erde haben und sich völlig an ihre neuen Umwelten anpassen. Allerdings wird es keine allzu starke Auseinanderentwicklung geben, wenn man die sog. DNA-Uhr zugrunde legt. Nach dieser Uhr ist die Änderungsrate der DNA etwa 1 % alle 1,5 Millionen Jahre. Zwei zufällig ausgewählte Menschen unterscheiden sich heute in ihrer DNA um etwa 0,1 %, was einer Auseinanderentwicklung vom Ursprung der Menschheit vor etwa 150.000 Jahren entspricht. „Selbst wenn verschiedene menschliche Siedlungen jeglichen Kontakt mit anderen Zweigen der Menschheit verlieren, werden sie doch im Grunde menschlich bleiben. Selbst nach 100.000 Jahren, wenn wir aller Voraussicht nach Lichtgeschwindigkeitstechnologie erreichen könnten, werden sich verschiedene menschliche Siedlungen nicht mehr unterscheiden als irgendwelche zwei menschliche Individuen auf der Erde heute.“ (S. 363) „Wie schon das Höhlenmensch-Prinzip besagt, dass unsere Kernpersönlichkeit sich in 200.000 Jahren nicht stark geändert hat, werden wir sehr wahrscheinlich, auch wenn wir uns schließlich im Weltraum ausbreiten, unsere Werte und Persönlichkeitsmerkmale beibehalten.“ (S. 365)

Eine Typ-III-Zivilisation ist von ihrer Natur her galaktisch und kann die Energie von Milliarden Sonnen ernten oder Schwarzen Löchern Energie entziehen, sodass das Zentrum der Milchstraße mit der riesigen Ansammlung dichter Sterne und dem supermassiven schwarzen Loch eine ideale Energiequelle wäre. Zur Kommunikation könnte diese fortgeschrittene Zivilisation Gravitationswellen benutzen, da diese Wellen nicht absorbiert, gestreut oder abgelenkt werden. „Sollten nur Unterlichtgeschwindigkeit-Raumschiffe realisierbar sein, dann könnte eine Typ-III-Zivilisation sich entschließen, die Milliarden Welten in ihrem galaktischen Umfeld zu erforschen, indem sie selbstreplizierende Sonden ausschickt, die mit Unter-Lichtgeschwindigkeit zu den Sternen reisen.“ (S. 366) Wenn jede Robotersonde 1.000 geklonte Robotersonden erzeugt und jede dieser Sonden wiederum 1.000, dann erhält man innerhalb nur weniger Generationen „[...] eine sich kugelförmig

ausbreitende Wolke mit Quadrillionen solcher Geräte, die Wissenschaftler von-Neumann-Maschinen nennen.“ (S. 366) Unsere erste Begegnung mit einer fremden Intelligenz könnte also mit einer selbst replizierenden Sonde stattfinden. „Diese könnte ziemlich klein sein, durch Nanotechnologie miniaturisiert, vielleicht so klein, dass man sie gar nicht bemerken würde. Es ist vorstellbar, dass es hier oder auf dem Mond Indizien für einen vergangenen Besuch gibt, die nahezu unsichtbar sind.“ (S. 367)

Eine direkte Methode zur Erforschung der Galaxie wäre das Laser-Porting, d.h. die Laser-Übertragung. Die Idee dahinter ist, mittels des Human Connectome Projects das gesamte Gehirn zu kartieren und dann diese reinen Informationen auf einem Laserstrahl mit Lichtgeschwindigkeit durch das All zu schicken. Vorher müssten allerdings auf Kometen Relaisstationen aufgebaut werden, die das Signal verstärken und weiterleiten. Wenn erst einmal ein solches Netz aufgebaut ist, könnte man am Zielpunkt den Laserstrahl in einen Computer laden und das Konnektom könnte einen Roboter-Avatar steuern, durch den man Erfahrungen und Empfindungen machen kann. „Der Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass man keine hässlichen, schmutzigen Raketen oder Weltraumstationen braucht. Nie haben Sie es mit Schwerelosigkeit, Asteroidenzusammenstößen, Strahlung, Unfällen und Langeweile zu tun, weil Sie als reine Information unterwegs sind. Und mit der Lichtgeschwindigkeit haben Sie die schnellstmögliche Art, zu den Sternen zu reisen gewählt. Aus Ihrer Sicht spielt sich die Reise instantan ab. Alles, woran Sie sich erinnern, ist, ein Labor betreten zu haben und dann sofort am Ziel angekommen zu sein.“ (S. 369 f.)

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass es einer Typ-III-Zivilisation gelingen könnte, mit Überlichtgeschwindigkeit zu reisen, indem sie Wurm Löcher schafft oder natürliche Wurm Löcher nutzt. Die Idee dahinter ist, dass es einer hochentwickelten Zivilisation möglich ist, in den Bereich der Planck-Energie vorzudringen und dadurch die Raumzeit zu manipulieren, um mit Überlichtgeschwindigkeit reisen zu können. Allerdings fehlt noch eine einheitliche Feldtheorie, die in der Lage ist, die Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie zu vereinen. Die weiteren Ausführungen von *Kaku* zur Heisenberg'schen Unschärferelation und zur Stringtheorie sind so komplex, dass sie sich hier nicht in wenigen Sätzen wiedergeben lassen und deshalb eine Lektüre des Buches empfohlen wird (s.S. 372-387). Eine interessante Idee innerhalb der Stringtheorie ist, „[...] dass das Universum ursprünglich zehndimensional war, sich aber aus irgendeinem Grunde sechs dieser Dimensionen eingerollt haben und die Illusion erzeugen, unsere Welt habe lediglich vier.“ (S. 389)

„Die Hoffnung besteht darin, dass wir mit Hilfe der Stringtheorie in der Lage sein werden, die Quantenkorrekturen auszurechnen, die man zur Untersuchung exotischer Phänomene wie Zeitreisen, Reisen zwischen den Dimensionen, Wurm Löchern und der Ära vor dem Urknall braucht.“ (S. 394)

#### 14. Jenseits des Universums

Was passiert, wenn unser Universum nach Billionen von Jahren seinem Ende entgegen geht? Wir leben gerade in der zweiten Ära des Universums nach dem Urknall, in der sich Sterne und Galaxien gebildet haben. „In der dritten Epoche, etwa 100 Milliarden Jahre nach dem Urknall, werden die Sterne den Großteil ihres Kernbrennstoffs verbraucht haben. Das Universum wird hauptsächlich aus kleinen Roten Zwergen bestehen, die so langsam brennen, dass sie noch Billionen Jahre Licht aussenden. In der vierten Epoche, Billionen Jahre nach dem Urknall, werden schließlich alle Sterne ausgebrannt und das Universum vollkommen schwarz sein. Lediglich tote Neutronensterne und schwarze Löcher sind übrig. In der letzten Epoche verdampfen sogar die Schwarzen Löcher und lösen sich allmählich auf, sodass das Universum ein Meer aus nuklearem Abfall und herumschwirrenden Elementarteilchen wird.“ (S. 407 f.)

Um dem Kältetod am Ende des Universums zu entgehen, könnten wir uns zu einer Typ-IV-Zivilisation entwickeln und die Energie außerhalb unserer eigenen Galaxie nutzen. Da die Dunkle Energie, die das Universum mit beschleunigter Geschwindigkeit auseinandertreibt, die bei weitem größte Energiequelle außerhalb der Galaxien ist, könnte eine Typ-IV-Zivilisation diese Quelle anzapfen. „Da per Definition eine Typ-IV-Zivilisation außergalaktische Energie beherrschen kann, könnte sie einige der Extradimensionen manipulieren, die die Stringtheorie vorhersagt, und eine Sphäre errichten, in der Dunkle Energie die Polarität umkehrt, sodass die kosmische Expansion sich umkehrt. Außerhalb dieser Sphäre könnte das Universum immer noch exponentiell expandieren. Innerhalb der Sphäre würden sich die Galaxien jedoch auf die übliche Weise entwickeln. Auf diese Weise könnte eine Typ-IV-Zivilisation selbst dann überleben, wenn das Universum um sie herum stirbt.“ (S. 411)

Eine andere Möglichkeit bestünde darin, „[...] ein Wurmloch durch Raum und Zeit zu erzeugen. Wenn das Universum stirbt, könnte eine Option sein, es zu verlassen und in ein anderes, jüngerer hinüberzuwechseln.“ (S. 411)

*Michio Kaku* beschreibt die Theorie, dass ständig Paralleluniversen entstehen, die aber zum allergrößten Teil instabil sind, weil die in ihnen herrschenden physikalischen Größen nicht optimal aufeinander abgestimmt sind. „Es gibt also keine unendliche Zahl paralleler Universen, die im Nirwana des Hyperraums herumschwirren, sondern die meisten sind instabil, und nur eine Handvoll kann überleben, um Leben wie unseres hervorzubringen.“ (S. 419) Die Aufgabe besteht also darin, „[...] ein neues Universum auszuwählen, das noch jung ist und eine neue Heimat bieten kann. Wir könnten ein Universum wählen, das stabile Materie hat, wie Atome, und jung genug ist, dass die Sterne neue Solarsysteme erzeugen können, um neue Lebensformen hervorzubringen. Die ferne Zukunft könnte also, statt eine Sackgasse für intelligentes Leben darzustellen, die Geburt einer neuen Heimat bereithalten. In diesem Fall wäre der Tod des Universums nicht das Ende der Geschichte.“ (S. 421)