

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Fremde Intelligenzen: Was sind sie? | 9 |
| Ein seltsames Universum | 9 |
| Kosmische Spezies | 10 |
| Die Suche nach Technosignaturen | 11 |
| Bedeutung und Themenfülle | 13 |
| Die Grundfragen | 15 |
| | |
| Wer sind sie? | 17 |
| Wie fremdartig kann Leben sein? | 17 |
| Drei Stufen der Exotik | 17 |
| Elementare Vielfalt und Kohlenstoff-Chauvinismus | 20 |
| Sinn, Suche und Spekulationen | 21 |
| Wie intelligent ist der Kosmos? | 24 |
| Evidenzen, Beweislast und Wunschdenken | 25 |
| Frank Drakes Formel | 29 |
| Organisierte Unkenntnis | 30 |
| Welche Sterne? | 31 |
| Exotische Exoplaneten | 34 |
| Günstige Gelegenheiten | 36 |
| Lebensfreundliche Welten | 39 |
| Zufall oder Zwangsläufigkeit | 40 |
| Astrobiologie am Anfang | 42 |
| Ist Intelligenz ein seltener Spätzünder? | 43 |
| Statistik mit einem einzigen Fall | 47 |
| ... oder unendliche Möglichkeiten | 49 |
| Unbekannte Faktoren | 51 |
| Ein postbiologisches Universum? | 55 |
| Das Intelligenz-Prinzip | 57 |
| Drei Typen fortgeschrittener Zivilisationen | 60 |
| Von der Menschheit zu Omega-Superzivilisationen | 61 |
| Integration in die Umwelt | 63 |
| | |
| Wann sind sie? | 65 |
| Kosmische Einsamkeit – wie lange noch? | 65 |
| Das Fermi-Paradoxon | 66 |

| | |
|--|-----|
| Das Problem und seine Logik | 69 |
| Das Schweigen des Universums | 71 |
| Worin besteht der Große Filter? | 72 |
| Verheerende Hypernovae | 74 |
| Massensterben auf der Erde | 75 |
| Seltene Zonen der Sicherheit | 77 |
| Killer durch Kollisionen | 78 |
| Wie bedroht ist die Menschheit? | 80 |
| Die anbrechende Ära galaktischer Zivilisationen? | 83 |
| Einsame Erde? | 85 |
| Sind Zivilisationen selten? | 87 |
| Enthaltbarkeit und Stubenhocker | 90 |
| Nachhaltigkeit, Degeneration oder Rückzug? | 92 |
| Zoo-Hypothese und Wilderer-Einwand | 95 |
| Embargo und Unreife? | 97 |
| Rechtliche Hürden? | 99 |
| Die Planetarium-Hypothese | 101 |
| Ein galaktischer Codex? | 104 |
| Isolation in Raum und Zeit | 105 |
| Archipel und Aurora | 107 |
| Furcht im finsternen Forst | 112 |
| Berserker oder Sporen? | 114 |
| Sommerruhe und Rechnen in der Kälte | 115 |
| Wie wahrscheinlich sind kosmische Kontakte? | 117 |
| Psychologische Phantasterei? | 119 |
| Spiegel unserer Zukunft | 120 |
| Wo sind sie? | 123 |
| Radiosignale von Außerirdischen? | 123 |
| Stöbern im kosmischen Wasserloch | 124 |
| Wer finden will, muss suchen | 133 |
| Die Großfahndung hat begonnen | 136 |
| Immer mehr Teleskope beteiligen sich | 138 |
| Winziger Ausschnitt im Suchraum | 141 |
| Lasersignale von den Sternen? | 142 |
| Artefakte im All | 145 |
| Stippvisite im Sonnensystem? | 148 |

| | |
|---|-----|
| Interstellare Immigranten | 151 |
| Fremde Sonden im Erdorbit? | 154 |
| Seltsame rote Punkte | 156 |
| Überraschungen auf dem Mond? | 158 |
| Venus, Mars und die Planetoiden | 160 |
| Außenposten hinter Neptun und planetare Metropolen? | 162 |
| Atmosphären ferner Welten | 164 |
| Indizien für Leben | 166 |
| Außerirdischer Ackerbau | 168 |
| Natürlicher Stickstoff-Kreislauf | 169 |
| Wird die Erde zur Massenfarm? | 170 |
| Umweltverschmutzung im All | 172 |
| Signaturen der Selbstzerstörung | 174 |
| Seuchen und Killermaschinchen | 176 |
| Licht für eine ewige Nacht | 178 |
| Satellitenschwärme als Clarke-Gürtel | 179 |
| Katastrophaler Kessler-Effekt | 183 |
| Energie von den Sternen | 184 |
| Außerirdische Antimaterie-Triebwerke? | 186 |
| Interplanetare Segelschiffe? | 187 |
| Künstliche Sternsignaturen | 189 |
| Dyson-Sphären gesucht | 190 |
| Der Rätselstern | 194 |
| Was tun und denken Maschinen? | 197 |
| Ein neues Paradigma | 200 |
| Utopische Städte oder Imperien? | 203 |
| Abwärme von Aliens und Projekt G-HAT | 205 |
| Gefängnisse der Gravitation | 208 |
| Schwarze Löcher für die Praxis | 210 |
| Schwerkraftbombe und Superstrahler | 211 |
| Energie von Schwerkraftfallen | 212 |
| Neutrinos von den Nachbarn | 216 |
| Gravitationslinsen und kosmische Uhren | 219 |
| Die erste Nachricht mit Neutrinos | 221 |
| Botschaften mit Raumzeit-Schwingungen | 223 |
| Ein Sender im Mittelpunkt der Milchstraße? | 227 |
| Gravitationswellen von Riesenschiffen? | 229 |

| | |
|--|-----|
| Überlichtschnelle Blasen | 231 |
| Magisch anmutende Himmelsphänomene gesucht | 233 |
| Ein rätselhaftes Objekt | 236 |
| Projekt VASCO – ein riesiger Aufwand | 237 |
| Neun Kriterien für einen Erfolg | 242 |
| Wie sind sie? | 245 |
| Die Erde aus der Sicht von Außerirdischen | 245 |
| Planeten in der Erd-Transit-Zone | 248 |
| Außerirdische aus der Perspektive Deutschlands | 251 |
| Andere Länder, andere Meinungen | 257 |
| Weitreichende Fragen und Folgen | 259 |
| Szenarien für einen Erstkontakt | 260 |
| Die Exosozioogie wird neu belebt | 262 |
| Kulturschock und Konflikte | 264 |
| Wie extravagant sind Exorechte? | 266 |
| Extraterrestrische Völkerrechtssubjekte | 267 |
| Galaktische Gesetzgebung und interstellares Internet | 268 |
| Ist der Außerirdische auch nur ein Mensch? | 270 |
| Altruisten oder Raubtiere | 272 |
| Kosmische Kulturtouristen? | 274 |
| Attacke aus dem All | 275 |
| Galaktische Seelenfänger | 277 |
| Himmelfahrt und Spielsucht | 278 |
| Säkulare Sackgasse? | 279 |
| Virus des Glaubens | 280 |
| Die böse Saat der Intoleranz | 281 |
| SETI ja, CETI nein! | 283 |
| Entwicklungshilfe von Unsterblichen? | 284 |
| Angewandte Anthropologie | 286 |
| Literaturverzeichnis | 287 |
| Autor | 315 |

Fremde Intelligenzen: Was sind sie?

*Der Mensch ist ein sonderbares Wesen: mit den Füßen im Schlamm,
mit dem Kopf in den Sternen.*

Else Lasker-Schüler

Ein seltsames Universum

Es ist eine höchst sonderbare Tatsache, dass sich das Universum gleichsam seiner Existenz bewusst wurde, indem und weil es Wesen hervorbrachte, die dieses Universum erforschen. Solche »Sonderlinge« sind die Menschen – zumindest, wenn sie als winziger Teil über das große Ganze nachsinnen und es kosmologisch erkunden.

Dass dies nicht nur Menschen tun, ahnten beispielsweise bereits die Philosophen Demokrit und Epikur vor mehr als 2000 Jahren. Noch immer ist jedoch ungewiss, wo, wann und ob überhaupt andere Lebensformen existieren – und wie intelligent sie sind.

Freilich spricht nichts dafür, dass die Menschheit, die noch nicht einmal auf ihrem fragilen Planeten vernünftig zu leben vermag, den intellektuellen Gipfel der kosmischen Evolution darstellt. Was alles könnte innerhalb unseres riesigen, vielleicht unendlich großen Universums in den 13,8 Milliarden Jahren seit dem Urknall noch entstanden sein?!

Möglicherweise gibt es in der Milchstraße und jenseits von ihr andere Wesen, die sich dieselben Fragen stellen – oder sie längst beantwortet haben. Es widerspricht keinem Naturgesetz, dass dort geistig und technisch viel höher entwickelte Zivilisationen existieren, die teilweise sogar andere Planetensysteme besiedeln, mit weitreichenden Mitteln in den Weltraum funken und ganze Gestirne nach ihren Bedürfnissen umgestalten. Solche Superintelligenzen

könnten sich auch über Tausende von Lichtjahren bemerkbar machen – entweder notgedrungen durch die Abwärme ihrer Kraftwerke und Raumschiffe oder absichtlich mithilfe von Signalen, die sie einsetzen, um untereinander zu kommunizieren oder nach Gleichgesinnten zu rufen. Bald schon könnten wir von ihnen wissen.

Es ist ein seltsamer und irgendwie beunruhigender Gedanke: Möglicherweise wimmelt es bereits von interstellaren oder sogar intergalaktischen Botschaften auf der Basis von Neutrinos oder Gravitationswellen um uns herum. Die Erde befände sich dann mitten in diesem Kommunikationsnetz der kaum wechselwirkenden Partikel oder der gekräuselten Raumzeit, doch wir wären noch völlig blind und taub dafür.

Kosmische Spezies

Wenn man rückblickend ein Jahr nennen wollte, ab dem sich die Menschheit selbst als kosmische Spezies zu begreifen begann, wäre es die Zeit um 1960. Eine kosmische Spezies ahnt oder weiß, dass sie nicht allein im Universum ist, dass sie nur eine unter vielen ist, und dass andere in zahlreichen Aspekten wohl weiterentwickelt sind als man selbst. Eine kosmische Spezies reflektiert die Möglichkeiten eines Kontakts mit anderen Spezies im All und bereitet sich darauf vor; sie sucht diesen Kontakt passiv (rezeptiv) und vielleicht auch aktiv (gezielt emittierend) oder hat ihn bereits.

Schon seit Jahrtausenden und insbesondere ab der Renaissance und Aufklärung spekulierten Menschen darüber, dass es außerhalb der Erde Leben und Intelligenz geben könnte. Das geschah spiritistisch im Rahmen der Religionen (Engel etwa wurden häufig als extraterrestrisch imaginiert), rationalistisch im Rahmen von Philosophie und frühen Naturwissenschaften, fiktiv in der Science Fiction (SF). Mit den Fortschritten in der Astronomie und den theoretischen Grundlagen der Raumfahrt steigerte sich die außerirdische Attitüde bis hin zu imaginierten Entdeckungen (auf Mond und Mars) sowie sogar mutmaßlichen Direktkontakten: Sichtung und

Interpretation von Unidentified Flying Objects (UFOs), neuerdings auch Unidentified Anomalous Phenomena (UAP) genannt.

Aber erst um 1960 wurde SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), die Suche nach extraterrestrischen Intelligenzen (Extraterrestrials, ETs), zu dem, was sich inzwischen als paradigmatisches Forschungsprogramm etabliert hat. Und mittlerweile meint ein Drittel bis zur Hälfte der Bevölkerung in Deutschland und in vielen anderen westlichen Ländern, dass es außerhalb der Erde Intelligenzen gibt.

Die Suche nach Technosignaturen

Als sich die Radioastronomie entwickelte, haben 1959 Giuseppe Cocconi und Philip Morrison vorgeschlagen, nach Signalen von außerirdischen Sendern bei anderen Sternen zu suchen, und zwar besonders bei einer Frequenz um 1420 Megahertz, der Wellenlänge (21 Zentimeter) des neutralen Wasserstoffs im Grundzustand.

1960 kam Frank Drake unabhängig von ihnen auf dieselbe Idee und realisierte sie auch erstmals im Rahmen seines Project Ozma: Er inspizierte mit einem 26-Meter-Radioteleskop in West Virginia zwei nahe Sterne. Dort in Green Bank fand im Jahr darauf zudem die von ihm organisierte allererste SETI-Konferenz statt.

Ebenfalls 1961 schlugen Charles H. Townes und Robert N. Schwartz vor, SETI in weiteren Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums zu betreiben, speziell im Hinblick auf Maser-Impulse (Mikrowellen-Laser). Daraus entwickelte sich OSETI (optical SETI); hier ließ sich die Suche nach Signalen inzwischen ausweiten auf spezifische Frequenzen vom infraroten über den sichtbaren bis zum ultravioletten Bereich des Spektrums.

1960 wurden außerdem zwei ganz andere Fahndungsstrategien und, damit verbunden, Spekulationen über ETs angeregt. Einerseits schlug Ronald Newbold Bracewell vor, nach fremden Sonden im Sonnensystem zu suchen. Daraus entwickelte sich ein Forschungsgebiet, das (nicht völlig deckungsgleich) als S³ETI (Solar System

SETI), SETV (Search for Extraterrestrial Visitation), Xenoarchäologie, Artefakt-SETI oder SETA (Search for Extraterrestrial Artefacts) im engeren Sinn bezeichnet wird. Andererseits überlegte Freeman Dyson, dass technisch sehr weit fortgeschrittene Zivilisationen zur Energiegewinnung riesige Gebilde bei ihren Heimatsterne errichtet und positioniert haben könnten; diese Megastrukturen wären über ihre Abwärme mit Infrarotteleskopen nachweisbar. Daraus erwuchs ein SETA im weiteren Sinn oder mitunter dysonisches SETI genanntes Forschungsgebiet, das ganz allgemein nach indirekten, nicht absichtlich erzeugten Signaturen späht.

SETA im weiteren Sinn wurde zuweilen, vor allem anfangs, den – dann als traditionell oder konventionell oder gar orthodox bezeichneten – SETI-Programmen im Radiobereich sowie OSETI gegenübergestellt. Doch tatsächlich ergänzen sich die Strategien; sie sind also wesentlich komplementär, nicht kontrastiv oder konkurrierend. Und sie lassen sich zusammenfassen als die Suche nach Technosignaturen (Technomarker) – im Unterschied zur Suche nach Biosignaturen (Biomarker), wie sie im Rahmen der Bioastronomie betrieben wird, auch Xeno-, Exo-, Kosmo- oder inzwischen meistens Astrobiologie genannt. Eine Suche nach Technosignaturen oder SETT (Search for Extraterrestrial Technologies) ist begrifflich zudem weniger problematisch, da hierbei keine Definition von Intelligenz vorausgesetzt oder stipuliert werden muss – beziehungsweise, wie anfänglich geschehen, Intelligenz lediglich mit technischer Intelligenz gleichgesetzt wird oder gar mit der Fähigkeit, interstellare Radiosender zu betreiben.

Von solchen Suchprojekten sind Sendeprojekte zu unterscheiden. Sie funkeln gezielt Botschaften im Radiobereich ins All oder schicken Laserstrahlen. Bezeichnet wird dies als METI (Messaging to Extraterrestrial Intelligence), active SETI, BETI (Broadcast to ETI) oder CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence).

Wenn die Suche nach ETs Erfolg hätte, wäre das eine der bedeutendsten Entdeckungen aller Zeiten. Dann wüssten wir, dass wir

nicht allein im Universum sind, sondern in einem intelligenten Kosmos leben. Dann wäre Leben und Intelligenz kein Sonderfall. Und dann gäbe es wahrscheinlich sehr viel weiter entwickelte Zivilisationen. Das hätte, abhängig von den konkreten Umständen, mehr oder weniger dramatische Konsequenzen. Möglicherweise wäre es der tiefgreifendste Einschnitt in der Geschichte der Menschheit – vielleicht sogar ihr Ende oder aber ein radikaler Neubeginn.

Bedeutung und Themenfülle

Der Begriff SETI beziehungsweise sein Umfang ist mehrdeutig, und er hat sich entwickelt (die Nomenklatur wurde nicht immer einheitlich verwendet). Im engen Sinn gemeint ist die konkrete, von Menschen betriebene Suche nach außerirdischen Intelligenzen oder deren Spuren, Signalen, Botschaften, Artefakten, Maschinen und so weiter. Der engste und historisch ursprüngliche Sinn betrifft lediglich die Suche nach extraterrestrischen Radiostrahlen, die von fremden Intelligenzen erzeugt wurden. Im weiteren Sinn hingegen bezeichnet der Begriff nicht nur die Suche allgemein, sondern auch Überlegungen zu außerirdischen Individuen, Spezies oder Zivilisationen insgesamt, zu deren hypothetischen Intentionen, ihrer Häufigkeit in Raum und Zeit sowie alles, was mit einer potenziellen Interaktion zwischen ihnen und uns zusammenhängt. Hier knüpfen dann Bereiche wie Exopsychologie, -soziologie und -recht an (oder sind eine Teilmenge).

Abgrenzen lässt sich SETI von der Astrobiologie. Diese hat außerirdische Lebensformen zum Thema sowie deren mutmaßliche astrophysikalische, chemische und planetarischen Voraussetzungen. (Würde man hier extraterrestrische Kognitionen, Kulturen und so weiter ebenfalls berücksichtigen, wäre SETI keine spezifische Fortsetzung, sondern eine Teilmenge der Astrobiologie, doch das macht beide Forschungsbereiche noch unschärfer und unübersichtlicher beziehungsweise bläht die Begriffe unnötig auf.)

Rein terminologisch betrachtet mag SETI sowohl in seiner engen als auch in seiner allgemeinen Bedeutung zwar relativ einfach erscheinen. Genau genommen bietet der Begriff aufgrund seiner Fülle an inhaltlichen Teilaspekten aber Stoff für eine ganze Bibliothek.

- Suche: Wie, wo (auch: bis wohin) und wann (auch: wie lange) kann oder sollte sie erfolgen? Warum überhaupt? Und was sind die Erfolgskriterien, mit denen es sich zu beurteilen und entscheiden lässt, dass man jemanden oder etwas entdeckt hat?
- Extraterrestrisch: Dieses Adjektiv greift sehr weit. Er kann vom erdnahen Weltraum bis an die raumzeitlichen Grenzen des beobachtbaren Alls reichen ... und womöglich darüber hinaus – sogar in andere Universen, falls es sie gibt? Und warum nur in die Ferne schweifen, wenn die ETs oder ihre Produkte vielleicht schon auf der Erde sind oder einst waren?
- Intelligenz: Was ist unter dieser Eigenschaft oder Fähigkeit zu verstehen, wer oder was hat sie, und wie kann man das feststellen? Setzt Intelligenz zwingend Lebendigkeit oder Bewusstsein voraus – und was wiederum bedeuten diese Begriffe?

Diese Fragen, die viele weitere nach sich ziehen, sind ein Grund, warum das inter- und transdisziplinäre Thema nicht nur besonders komplex ist, sondern auch äußerst faszinierend. In SETI fokussiert sich quasi das Leben, das Universum und der ganze Rest (um es mit dem Titel eines 1982 erschienenen Romans von Douglas Adams auszudrücken). Indem wir über SETI nachdenken, kommt scheinbar alles in den Blick. Wie spekulativ und vielleicht – aber nur vielleicht – aussichtslos SETI auch sein mag: Die damit verbundenen Perspektiven von uns selbst bis zum Kosmos insgesamt sind in jedem Fall vielversprechend, lehrreich und horizontweiternd.

Mehr noch: SETI ist vermutlich das am meisten inter- und transdisziplinäre Forschungsfeld überhaupt. Denn alles, was Menschen tun und was sie interessiert, ist potenziell für ETs oder Interaktionen mit ihnen relevant. Das betrifft nicht nur alle Bereiche der Wis-

senschaften, sondern auch das Handwerk, die Künste, Religionen und Philosophie. Insofern ist SETI gewissermaßen Anthropologie mit anderen Mitteln oder unter umgekehrten beziehungsweise umkehrenden Vorzeichen.

Die Grundfragen

Obwohl – und weil – wir noch wenig wissen und kaum abschätzen können, was wir nicht wissen, gibt es bereits eine Fülle von Fragen. Sie hängen eng miteinander zusammen, lassen sich aus pragmatischen wie pädagogischen Gründen aber auseinanderhalten und markieren auch verschiedene SETI-Teildisziplinen.

- **Wer sind Außerirdische?** Das betrifft Fragen zu deren Wesen oder Eigenschaften: Um welche Art von Intelligenzen handelt es sich? Wie sind sie verglichen mit uns? Wie individuell oder kollektiv? Auf welchen physikalischen und biologischen Grundlagen basieren sie? Wie unterscheiden sie sich voneinander? Handelt es sich überhaupt um Lebensformen? Oder sind es Maschinenwesen beziehungsweise -zivilisationen, mithin Künstliche Intelligenzen? Dies alles wirft umgekehrt Fragen nach unserer eigenen Zukunft auf: Was wird aus Menschheit, wie wird sie sich verändern? Kommt eine Ära des Trans- oder Posthumanismus? Was zeichnet Menschen überhaupt aus? Wie lange kann Intelligenz bestehen bleiben und auf welcher Basis? Wird es gar zu einer Verbindung, Integration oder Verschmelzung mit außerirdischen Zivilisationen kommen?

- **Wann sind Außerirdische?** Das betrifft Fragen zu ihren raumzeitlichen Aufenthaltsorten und Randbedingungen: Unter welchen Umständen haben sich die ETs entwickelt? Wie und wo leben sie jetzt? Konnten sie den Weltraum besiedeln? Gibt oder gab es zeitliche Überschneidungen mit der Menschheit? Haben ETs womöglich bereits die Erde besucht (und dann die Evolution oder gar unsere Zivilisationsgeschichte beeinflusst?) oder kann es niemals zu Kontakten kommen, weil die räumlichen und zeitlichen Distanzen zu groß sind? Das evoziert wiederum Fragen nach unserer Zukunft:

Wird die Menschheit immer auf der Erde bleiben und dort aussterben oder kann sie – beziehungsweise das, was ihr vielleicht folgt – das All kolonisieren? Wird es noch Leben oder Intelligenz geben, wenn sämtliche Sterne erloschen sind?

- **Wo sind Außerirdische?** Das betrifft Fragen zu unseren Forschungsmethoden und Erfolgsaussichten: Wie sind die ETs zu finden? An welchen Orten und auf welche Weise können wir nach ihnen suchen? Was davon sollte priorisiert werden angesichts der knappen Mittel (Zeit, Finanzen, Instrumente, Computerkapazitäten)? Auch diese Fragen lassen sich umkehren: Haben die ETs uns bereits entdeckt? Und was wissen sie dann von uns?

- **Wie sind Außerirdische?** Das betrifft nochmals Fragen nach den Eigenschaften der ETs sowie nach ihren Absichten, Fähigkeiten und Wertsystemen – aber nicht nur auf sie allein bezogen und für sich genommen, sondern auch im Hinblick auf uns selbst: Wie könnte ein Kontakt ablaufen? Welche Folgen hätte er, welche Chancen und Risiken? Wie würden sich Menschen verhalten, wie die Menschheit insgesamt? Hätten wir überhaupt noch eine Zukunft? Und welche wäre das dann?

Wer sind sie?

Glaubt nicht der größte Teil, dass der Mensch die Krone der Schöpfung sei? Und meinen die, welche aus ihrem Ich nicht herauszuschreiten vermögen, nicht, dass das All nur der Schauplatz dieses Ichs sei, selbst die unzähligen Welten des ewigen Raums dazugerechnet? Und dennoch dürfte es ganz anders sein.

Adalbert Stifter

Wie fremdartig kann Leben sein?

Bei der Suche nach außerirdischen Lebensformen ist eine geozentrische Vorgehensweise momentan unvermeidbar. Menschen kennen bislang nur irdisches Leben, also bezieht sich darauf auch der Begriff (die Definition) von Leben – und die Art und Weise, wie man Leben erkennt.

Das hat sich in den letzten Jahrhunderten allerdings stark gewandelt. Maßgeblich dafür waren technische Instrumente, mit denen der Vorstoß in die Mikrowelt gelang: die Entdeckung, dass Lebewesen aus Zellen bestehen beziehungsweise Einzeller sind; dass es Bakterien, Viren und Viroide gibt; wie Stoffwechsel, Vermehrung und Vererbung funktionieren und so weiter. Neben der Biochemie und Molekularbiologie spielte auch die Evolutionstheorie eine wichtige Rolle; ohne sie wären die Entstehung und Entwicklung, die Vielfalt und Verwandtschaft des Lebens unverständlich.

Doch welche dieser eminenten Erkenntnisse sind quasi kosmisch verallgemeinerbar und welche sind hauptsächlich irdische Eigenheiten?

Drei Stufen der Exotik

Höchstwahrscheinlich haben extraterrestrische Lebensformen, falls sie existieren, im Lauf einer Evolution ebenfalls Mechanismen von