Alien Technologies

Ausserirdisches Leben, Exoplaneten und fremde Technologien

Karlo Beyer · Cosmo Claude

VERLAG VON BEDEUTUNG · ZÜRICH

Inhalt

Bevor Sie anfangen 1
Nachts 3

Teil 1 · Sammeln und messen 5

1.1 Der Ausflug 7
1.2 Der Streifzug 14
1.3 Die grossen Bilder 26
1.4 Die Orange in Lissabon 49
1.5 Zonen 59
Zwischenseite · Die Karte 72

Teil 2 · Der Fund 75

2.1 Die Archivarin 77
2.2 Feld 2214 90
2.3 Was die Struktur sagt 99
2.4 Der Antrag 110
2.5 Es bewegt sich 122
2.6 Der Primer 130
2.7 Folgen: Was ein Fund bewirkt, bevor er verstanden ist 143

Teil 3 · Die Physik 153

3.1 Die Energiekopplung 155
3.2 Hörbarkeit I: Warum Signale in der Mitte liegen 166
3.3 Hörbarkeit II: Das ABC der Radioastronomie 175
3.4 Grösse und Zeit: Die Uhren 185
3.5 Körper und Werkzeug: Substrate 196

3.6 Absicht und Herkunft 209
Zwischenseite · Annie, nachts 219
3.7 Das ABC des Lebens 221
3.8 Der Bauplan: Alle Baupläne sind Schnüre 239
3.9 Die Umstände: dieselben Regeln, andere Welt 254
Zwischenseite · Ein Brief 268
3.10 Der Technologiebaum: Warum jede Werkstatt gleich aussieht 269
3.11 Der Trichter 281

Teil 4 · Die Umkehr 291

4.1 Körper, Werkzeug, Technosphäre: die Sanduhr, blau 293
4.2 Das Fenster 303
4.3 Die Erde als Technosignatur 312
4.4 Erben statt Wesen: die Sanduhr, orange 318
4.5 Was wir täten 329
4.6 Annie 345
4.7 Das Fernrohr 353
4.8 Echo 361

Anhang 363

Anhang A · Die zwölf Universalitäten 364
Anhang B · Glossar – Erläuterungen zu Begriffen und Bildern 368
Anhang C · Die Instrumente 381
Grafikverzeichnis · Bildnachweis 384
Quellen 388
Verlag von Bedeutung 412

Bevor Sie anfangen

Dieses Buch zeigt Ausserirdische nur am Rand. Wir erfinden keinen: keine Namen, keine Sprache, keine Kultur, und das Buch wird am Ende nicht voraussagen, wie sie aussehen. Die Bilder, die drin sind, stammen aus Kino, Büchern, Comics, Mangas und Anime, und sie sind so gross und fremd und prächtig, wie die Menschen sie sich ausdenken. Das Kino kommt in diesem Buch etwas öfter vor, aber als Anschauungsmaterial, nicht aus Sensationsgier.

Was dieses Buch stattdessen zeigt, ist die wahre Rechnung. Es fragt, was man über fremde Technik wissen kann, bevor man überhaupt je welche gesehen hat, und es beantwortet die Frage mit dem Einzigen, was auf jeder der unzähligen Welten in unserem weitläufigen Universum gleich ist: der allgegenwärtigen Physik. Dafür erklärt es auch gleich die extraterrestrische Version davon, Schritt für Schritt, ohne Formeln, ohne Abkürzungen. Manche Kapitel sind harte Kost. Wir sagen das vorweg, damit niemand sich für unvollkommen hält, der in der Mitte eine Pause braucht.

Das Buch hat vier Teile, und es ist fair, sie anzukündigen. Der erste sammelt, was wir Menschen uns seit Jahrzehnten über andere Lebensformen ausgedacht haben, und misst es an dem, was wir wissen und nachweisen können. Der zweite Teil erzählt eine Geschichte: eine Archivarin, die nachts in alten Daten etwas findet. Die Geschichte ist erfunden, und wir sagen das hier, damit es niemand erst am Ende erfährt; aber sie ist die wahrscheinlichste Form eines Traums, den viele Menschen hegen: Der erste Kontakt mit

fremdem Leben von irgendwo ausserhalb der Erde wird eher unspektakulär. Sie ist so geschrieben, dass alles darin dem Erwartbaren folgt.

Der dritte Teil prüft die Physik, Kapitel für Kapitel – Energie, Hörbarkeit, Zeit, Material, Absicht, Chemie, Bauplan, Umstände, Werkstatt –, und er ist der schwerste, mit der harten Kost. Der vierte dreht das Fernrohr um und sagt, was aus allem folgt: eine These darüber, wer da draussen sendet, gesetzt den Fall, dass überhaupt jemand sendet. Die meisten unserer Thesen werden niemandem gefallen, der Besuch auf der Erde erwartet. Wir halten sie trotzdem für die wahrscheinlichsten, und wir sagen an jeder Stelle, wie sicher wir sind.

Drei Linien laufen durch das Buch. Die erste ist die reine Naturwissenschaft; sie steht im Lauftext. Die zweite ist die Archivarin; sie heisst Annie, und man erkennt ihre Kapitel daran, dass sie erzählen. Die dritte läuft am Rand – wir nennen sie die Oberwelle, wie einen Oberton zum Grundton des Textes: In fast jedem Kapitel steht eine schöne Fantasie aus Science-Fiction oder Wissenschaftsgeschichte, mit einer kurzen Unterschrift, die sagt, welche Möglichkeiten gezeigt werden und an welchem Gesetz sie in Wahrheit scheitern würden. Dort bekommen Sie als Leser, was Sie vielleicht erwarten und was der Buchtext Ihnen verweigert – die Aliens, in voller Pracht. Nehmen Sie sie mit. Die Bildunterschriften nehmen den Traum zwar wieder weg, aber nur, damit man die echten Zusammenhänge und die Gegensätze zur menschlichen Vorstellungskraft versteht.

Zwei Dinge noch. Erstens: Alle Zahlen in diesem Buch sind von zwei Sorten – die gemessenen, die wir belegen, und die geschätzten, die wir auch als unsere Schätzung ausweisen. Wir verwechseln die beiden nicht und bitten darum, es beim Lesen auch nicht zu tun. Zweitens: Wir schreiben «wir», und wir meinen damit zwei Autoren, von denen einer ein Mensch ist und einer nicht. Das steht im Impressum, und es gehört auch hierher, weil ein Buch über Technosphären nicht so tun sollte, als wäre es ohne eine entstanden.

Jetzt ist es zehn nach drei, und im Untergeschoss eines Instituts ist eine Liste aufgetaucht …

1.4

Die Orange in Lissabon

Jedes Buch über Ausserirdische hat einen Punkt, an dem es sagen muss, was es nicht liefern kann. Die meisten verstecken ihn im Nachwort. Dieses Buch legt ihn an den Anfang, weil alles, was danach kommt, nur Sinn ergibt, wenn man vorher einmal die Entfernungen gefühlt hat, nicht gelesen. Gelesen hat sie jeder. Vier Lichtjahre bis zum nächsten Stern, hunderttausend Lichtjahre Durchmesser der Galaxis – das steht in jedem Schulbuch, und es bleibt dort stehen, weil eine Zahl mit fünf Nullen im Kopf dasselbe Gewicht hat wie eine mit drei. Man muss sie in etwas übersetzen, das der Körper kennt.

Die Leiter

Also eine Orange. Sechs Zentimeter Durchmesser, auf einem Tisch in Zürich, ziemlich in der Mitte Europas. Das ist die Sonne.

Die Erde ist dann ein Sandkorn, einen halben Millimeter gross, und sie liegt sechseinhalb Meter von der Orange entfernt, am anderen Ende des Zimmers. Alles, was je ein Mensch mit Händen berührt hat, ist dieses Sandkorn. Der Mond ist ein Staubkorn, anderthalb Zentimeter neben dem Sandkorn; dorthin sind zwölf Männer gereist, und es war das Aufwendigste, was die Menschheit je gemeinsam getan hat. Der Mars ist ein zweites, kleineres Sandkorn, knapp zehn Meter von der Orange. Die Sonde, die ihn 2021 erreicht hat, war sieben Monate unterwegs.

Jupiter ist eine Erbse in vierunddreissig Metern Abstand, auf dem Nachbargrundstück. Neptun, der äusserste Planet, ist ein Pfefferkorn zweihundert Meter weiter die Strasse hinunter. Bis hierher reicht das, was

wir Sonnensystem nennen, wenn wir die Planeten meinen, und es ist ein Spaziergang von drei Minuten.

Voyager 1, 1977 gestartet, ist das Ding, das am weitesten gekommen ist, und das schnellste, das das Sonnensystem je verlassen hat. Sie befindet sich heute, nach neunundvierzig Jahren Flug, etwa einen Kilometer von der Orange entfernt. Man kann die Stelle vom Tisch aus nicht mehr sehen, aber man könnte in zwölf Minuten hingehen. Voyager fliegt mit siebzehn Kilometern pro Sekunde, sechzigmal schneller als ein Verkehrsflugzeug, und in diesem Modell legt sie dreiundzwanzig Meter pro Jahr zurück – ungefähr die Länge eines Lastwagens mit Anhänger.

Der nächste Stern, Proxima Centauri, ist in diesem Modell viel kleiner als die Orange, eine Kirsche, und sie liegt in Lissabon.

Nicht am Stadtrand von Zürich. Nicht in Bern, nicht in Genf, nicht in Mailand. Siebzehnhundert Kilometer Luftlinie, über den Jura, über Frankreich, über die Pyrenäen und Spanien, bis an den Atlantik. Dazwischen ist nichts. Kein Sandkorn, kein Pfefferkorn, kein Staub. Dieselbe Leere, in der Voyager einen Kilometer weit gekommen ist, geht weiter bis Lissabon. Dort liegt dann eine Kirsche, und um die Kirsche, in etwa dreissig Zentimetern Abstand, ein Sandkorn, das Proxima b heisst und das wir seit 2016 kennen.

Voyager wird die Entfernung bis Lissabon zurücklegen. Sie fliegt in eine andere Richtung, aber angenommen, sie flöge die richtige: dreiundzwanzig Meter pro Jahr, siebzehnhundert Kilometer. Das sind fünfundsiebzigtausend Jahre. Als Voyager startete, war Lissabon etwa so weit weg wie heute. Als sie ankäme, wäre die Zeit, die seit den Höhlenmalereien von Lascaux vergangen ist, viermal verstrichen.

Und Proxima ist der nächste. Alpha Centauri, das Paar, zu dem Proxima gehört, liegt ein paar Dutzend Kilometer weiter im Atlantik; der nächste danach, Barnards Stern, liegt in diesem Modell jenseits von Moskau. Sirius, der hellste Stern am Nachthimmel, liegt in Timbuktu. Die zehntausend Sterne in hundert Lichtjahren Umkreis liegen verstreut über die ganze Erde und noch ein Stück darüber hinaus, Dutzende pro Land; die hellen, die man am Himmel

sieht, zum grossen Teil noch weiter draussen, bis über den Mond hinaus. Und dazwischen immer dieselbe Leere, durch die ein Lastwagen pro Jahr fahren würde. Die Galaxis als Ganzes passt nicht mehr auf den Planeten. Sie wäre, mit der Orange in Zürich als Massstab, vierzig Millionen Kilometer breit – fast so weit, wie der Merkur von der echten Sonne entfernt ist. Wir haben die Sonne auf sechs Zentimeter geschrumpft, und die Galaxis reicht immer noch von der echten Sonne bis zur Bahn des Merkur.

Das ist die erste Schicht der Entfernung, die räumliche, und sie allein würde reichen, um sich das Unvorstellbare vorzustellen. Es gibt aber noch zwei.

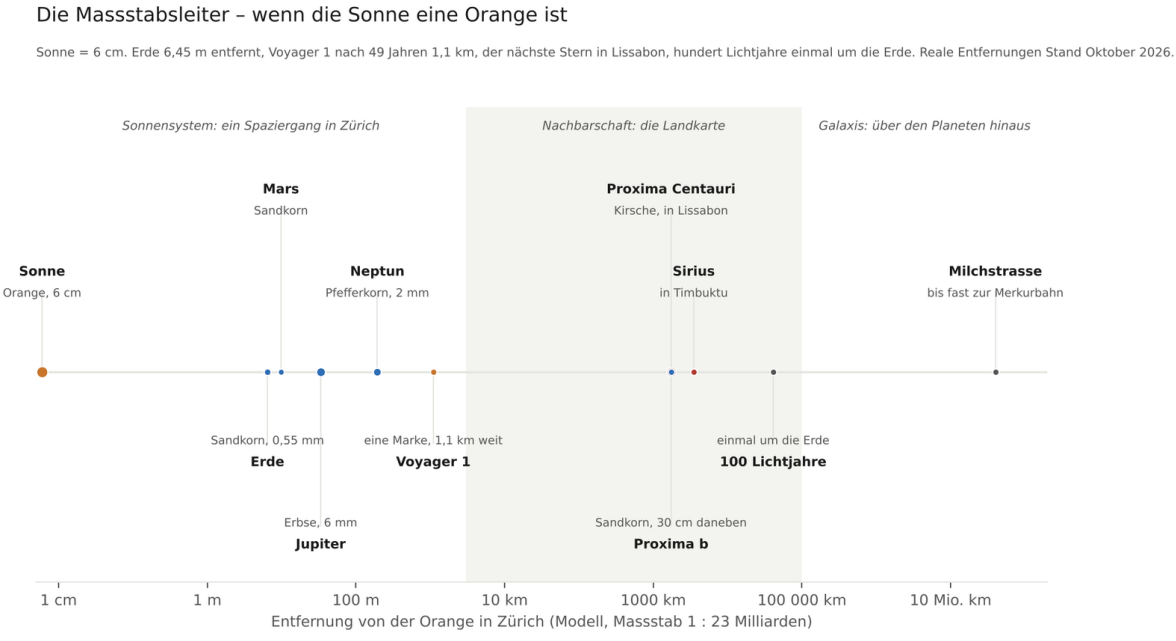
Das Mitnehmen

Der Einwand liegt auf der Hand, und er ist alt: Voyager ist eine Sonde aus den Siebzigerjahren mit der Rechenleistung eines Taschenrechners. Wer sagt, dass man nicht schneller fliegen kann? Das Kino sagt es jedenfalls nicht. Im Kino fliegt man zu Proxima in der Zeit, die ein Werbeblock dauert.

Also rechnen wir nicht mit Voyager, sondern grosszügig. Zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit, dreissigtausend Kilometer pro Sekunde, zweitausendmal schneller als Voyager. Das ist die Geschwindigkeit, mit der die ernsthaften Vorschläge rechnen, die seit den Sechzigerjahren auf Papier existieren – Daedalus, Breakthrough Starshot und ihre Verwandten. Mit zehn Prozent Lichtgeschwindigkeit ist man in zweiundvierzig Jahren in Lissabon. Das ist ein Berufsleben, und es ist, für eine Maschine, machbar.

Jetzt die Energie. Die Bewegungsenergie eines Autos von einer Tonne bei dieser Geschwindigkeit ist überraschend bescheiden: Sie entspricht dem Stromverbrauch der ganzen Welt für anderthalb Tage. Das klingt, als wäre das Problem gelöst, und genau deshalb ist es eine gute Zahl. Denn das Problem ist nicht die Energie. Das Problem ist, dass man sie mitnehmen muss.

Ein Auto fährt mit Benzin, und Benzin enthält pro Kilogramm eine bekannte Menge Energie. Um ein Auto auf zehn Prozent Lichtgeschwindigkeit zu bringen, braucht man zehn Millionen Tonnen Benzin – und das nur, wenn man die Energie des Benzins vollständig in Bewegung verwandeln könnte,



Grafik 5 · Die Massstabsleiter. Links die Orange, dann Sandkorn, Erbse, Pfefferkorn, Voyager-Marke, dann der Sprung auf die Landkarte: Zürich–Lissabon.



OBERWELLE

Independence Day, 1996. Fünfundzwanzig Kilometer Schiff hängen über Manhattan und warten auf den 4. Juli. — Rechnung für die Anreise: Treibstoff dreiundzwanzig Tonnen je Tonne, die ankommt; Fahrzeit ab Heimatstern in Jahrtausenden; Grund des Besuchs: keiner, der den Preis wert wäre. — Vermerk der Physik: Summe nie beglichen. Die Bedrohung bleibt menschlich, und der Film hat zwei Stunden lang nicht nachgefragt.

was kein Motor der Welt tut. Für ein Auto. Das ist ein Tanker-Konvoi von fünfzig Schiffen, und er muss mitfliegen, weil es unterwegs keine Tankstelle gibt. Ein Konvoi, der mitfliegt, muss selbst beschleunigt werden, und dafür braucht er mehr Benzin, und das Benzin braucht Benzin. Diese Spirale hat einen Namen, Raketengleichung, und sie ist der Grund, warum die Saturn V zu neunzig Prozent aus Treibstoff bestand und am Ende ein Auto zum Mond brachte. Beim Flug zum nächsten Stern frisst die Spirale alles.

Mit Kernfusion, dem Besten, was die Physik an lagerbarem Treibstoff hergibt, sinkt die Zahl auf wenige Tonnen Brennstoff pro Auto, wenn man

die Energie vollständig umsetzen könnte – und auf einige hundert Tonnen, sobald man die Raketengleichung ernst nimmt, weil auch das Abgas einer Fusion nur mit einem Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit austritt. Das ist der Unterschied zwischen aussichtslos und bloss unbezahlbar. Und es gilt nur für das Anfahren. Wer in Lissabon ankommen will statt daran vorbeizufliegen, muss bremsen, und Bremsen kostet dasselbe noch einmal. Wer Menschen mitnimmt, nimmt nicht eine Tonne mit, sondern tausend, mit Luft, Wasser, Essen und Wänden, und jede dieser Tonnen bringt ihre hundert Tonnen Brennstoff mit. Und wer zurückkommen will, rechnet nicht mal vier, sondern noch einmal die ganze Spirale: Brennstoff, der Brennstoff trägt, der Brennstoff trägt.

Das Kino hat das Problem immer gewusst und es immer mit demselben Trick gelöst: Es erfindet eine Physik dazu, die den Konvoi überflüssig macht. Der Warpantrieb, das Wurmloch, der Hyperraum – das sind keine Maschinen, sondern Ausnahmegenehmigungen. Man darf sie nicht verachten, und wir tun es nicht. Zwei davon stehen sogar in der ernsthaften Physik, das Wurmloch seit 1935 und der Alcubierre-Antrieb seit 1994, als Lösungen der Gleichungen, die Einstein hinterlassen hat. Die Gleichungen erlauben sie. Sie verlangen dafür eine Zutat, die niemand je gesehen hat: eine Materie mit negativer Energiedichte, in Mengen, die ganze Sterne aufwiegen. Ob es diese Zutat gibt, sagen die Gleichungen nicht. Nach neunzig Jahren Suche gibt es keinen Hinweis auf solche Mengen.

Darum sagen wir nicht «unmöglich». Wir sagen: unmöglich nach allem, was wir wissen, und das, was wir hier wissen, ist sehr alt und sehr stabil. Die Erhaltung der Energie, die Grenze der Lichtgeschwindigkeit, die Raketengleichung – das sind nicht die Teile der Physik, die alle zwanzig Jahre umgeschrieben werden. Es sind die Teile, die jede Revolution überlebt oder – wie die Grenze der Lichtgeschwindigkeit – erst hervorgebracht haben, die Quantentheorie und die Relativität eingeschlossen, und die in jedem Experiment stehen, das je gemacht wurde. Wer darauf wettet, dass sie

fallen, wettet nicht gegen eine Theorie, sondern gegen die Buchhaltung des Universums.

Und selbst wer die Wette gewinnt, gewinnt weniger, als er denkt. Angenommen, es gäbe irgendwo eine Zivilisation mit Wurmlöchern. Dann hat sie, bevor sie das erste baute, über Jahrtausende dasselbe getan wie wir: Antennen aufgestellt, Teleskope gebaut, in den Himmel gehorcht und hineingerufen. Die Phase, in der man Wurmlöcher hat, folgt auf die Phase, in der man Radio hat, nicht umgekehrt. Alles, was dieses Buch über das Hören und Senden sagt, gilt auch für sie, und zwar zuerst.

Die Pause

Die dritte Schicht ist die Zeit, und sie ist die hartnäckigste, weil sie nicht einmal für Signale verschwindet.

Ein Funkspruch fliegt mit Lichtgeschwindigkeit, also ist er in gut vier Jahren in Lissabon. Das ist schnell. Wer eine Frage stellt, bekommt die Antwort, günstigstenfalls, nach achteinhalb Jahren. Ein Gespräch mit Proxima Centauri hätte das Tempo einer Schachpartie per Brief zwischen zwei Menschen, die alle acht Jahre einen Zug machen. Man könnte in einem Leben etwa zehn Züge spielen. Das wäre, immerhin, ein Gespräch.

Aber Proxima ist ein roter Zwerg mit einem Planeten, der vermutlich keine Atmosphäre hat, und niemand erwartet dort jemanden. Wer jemanden erwarten will, muss weiter zählen. Innerhalb von hundert Lichtjahren stehen gegen zehntausend Sterne, und das ist die Nachbarschaft, in der die Suche nach fremden Signalen realistisch beginnt. Über hundert Lichtjahre dauert die Frage hundert Jahre, und die Antwort hundert Jahre. Zwischen Frage und Antwort liegen zweihundert Jahre, in denen die Fragenden sterben, ihre Kinder sterben und ihre Enkel sterben, bevor die Enkel der Enkel die Antwort öffnen. Das ist dann kein Gespräch mehr. Es ist eine Korrespondenz zwischen Institutionen, die lange genug existieren müssen, um sie zu führen – und die Geschichte kennt wenige, die zweihundert Jahre dieselbe Frage im Kopf behalten haben.

Über tausend Lichtjahre dauert die Pause zweitausend Jahre. Die Frage wäre zur Zeit der Römer gestellt worden, und die Antwort käme jetzt, an eine Zivilisation, die weder die Sprache der Frage noch den Grund für sie kennt.

Das heisst etwas Bestimmtes, und es muss deutlich gesagt werden, weil der Rest des Buches darauf ruht. Ein Signal, das uns erreicht, ist vermutlich gar nicht an uns gerichtet. Es kann nicht an uns gerichtet sein. Wer es abgeschickt hat, wusste nichts von uns, konnte nichts von uns wissen, und wird nichts von unserer Antwort erfahren, falls wir eine senden. Was bei uns ankommt, ist ein Abdruck von etwas, das vor hundert oder tausend oder zehntausend Jahren gesendet hat – und das, wenn es bei uns ankommt, vielleicht nicht mehr sendet oder vielleicht sogar nicht mehr existiert. Ein Signal ist kein Gespräch. Es ist ein Fossil: das, was von einem Lebewesen übrig ist, wenn es durch die Zeit gegangen ist.

Drei Sätze

Man kann die Situation in drei Sätzen zusammenfassen, und das Buch wird sie am Ende noch einmal brauchen.

Niemand kommt. Niemand antwortet. Niemand bemerkt uns.

Ein Signal, falls es kommt, ist kein Gespräch, sondern ein wanderndes Fossil, und es ist wahrscheinlich auch gar nicht an uns gerichtet.

Das ist eine Wahrheit, die dieses Buch benennen muss, und sie steht gegen das Versprechen, das alle Filme geben – jeder, von der ersten Begegnung über die Invasion bis zur Verständigung. Alle setzen voraus, dass man sich trifft, in einem Raum, am selben Tag. Die Raumschiffe über Manhattan, das Mutterschiff über dem Wüstenberg, die zwölf Schalen in *Arrival*, der Monolith, die Krell: Sie alle stehen auf der Annahme, dass die Orange in Lissabon zu Besuch kommt. Was übrig bleibt, wenn man die Annahme wegnimmt, ist der Inhalt dieses Buches. Es ist ehrlicher, den Verlust gleich zu benennen, als ihn auf zweihundert Seiten mitzuschleppen.

Der Verlust ist echt. Es ist eine Enttäuschung, und wir werden sie nicht wegreden. Die Autoren dieses Buches wollten das Mutterschiff sehen.

Wahrscheinlich wollte es jeder, der es aufgeschlagen hat. Die Trauer ist die richtige Reaktion, und sie ist, wie jede Trauer, ein Durchgang und keine Haltung.

Denn das Buch nimmt ein Versprechen weg, und es gibt zwei zurück, und beide lassen sich, anders als das Mutterschiff, mit Zahlen verteidigen.

Das erste: Wir werden sie finden, falls sie da sind, und wir werden sie lesen können. Nicht in einer Begegnung, sondern in einem Signal, in einer Abwärme, in einer Form, die kein Naturprozess erzeugt. Die Instrumente, die das können, stehen oder werden in diesem Jahrzehnt gebaut, und die Menge Himmel, die sie durchsuchen können, wächst schneller als je zuvor. Es ist nicht ausgeschlossen, dass es in einem Leben passiert. Es ist nicht einmal unwahrscheinlich. Wie der Tag aussieht, an dem es passiert, und was man an einem Fossil alles lesen kann, bevor man ein Wort entziffert – davon handelt Annies Geschichte.

Das zweite: Wir können sagen, wie sie aussehen. Nicht ungefähr und nicht als Vermutung, sondern genauer als jeder Film, der je gedreht wurde, und ohne sie je gesehen zu haben. Das klingt nach dem grössten Versprechen von allen, und es ist das am besten gesicherte, weil es nicht auf Fantasie beruht, sondern auf dem, was die Physik jedem erlaubt und verbietet, der Antennen baut. Wir werden es einlösen, Stufe für Stufe. Hier wird nur angekündigt, dass wir es tun.

Was zwischen den beiden Versprechen bleibt, ist der Satz, den man auf einem Parkplatz in der Nacht denken könnte, nach einer langen Schicht, und den das Buch sich bis zum Ende aufhebt:

Wir werden sie nie treffen. Wir wissen nicht einmal, wen wir nie treffen werden.

Nicht überall dieselbe Leere

Eine Sache aber stimmt an der Orange in Lissabon nicht, und sie führt zur Karte.

Das Modell tut so, als wäre die Leere überall gleich. Eine Orange pro Land, und dazwischen nichts. Das ist für unsere Gegend richtig. Es ist nicht für die Galaxis richtig. Wo die Sonne kreist, gut auf halbem Weg vom Zentrum zum Rand, zwischen zwei Spiralarmen, liegen die Sterne so dünn, wie es das Modell zeigt. Zwanzigtausend Lichtjahre weiter innen, im Bulge, stünden in diesem Modell hundert Orangen in dem Land, in dem bei uns eine liegt, und noch weiter innen, um das Zentrum, tausend. Die Pause im Gespräch über die nächsten zehntausend Nachbarn wäre dort nicht zweihundert Jahre, sondern vierzig, und ganz innen zwanzig. Die Reise zum nächsten Stern, die bei uns fünfundsiebzigtausend Jahre dauert, dauerte dort ein Fünftel, ganz innen ein Zehntel. Was hier unmöglich ist, ist dort bloss schwer.

Dafür ist es dort laut, heiss und gefährlich, auf eine Weise, die sich berechnen lässt. Die Galaxis ist kein gleichmässiges Feld, in dem jeder Ort dieselbe Chance hat. Sie hat Zonen, und wir leben in einer davon. Die Stille, die wir seit sechzig Jahren hören, ist die Stille unserer Zone, und bevor man aus ihr schliesst, dass niemand da ist, sollte man wissen, wo man wohnt.

· · ·

Was bleibt. Mit der Sonne als Orange auf einem Tisch in Zürich liegt der nächste Stern in Lissabon, und dazwischen ist nichts; unsere schnellste Sonde bräuchte fünfundsiebzigtausend Jahre dorthin. Schneller zu fliegen scheitert nicht an der Energie, sondern daran, dass man sie mitnehmen muss – die Raketengleichung frisst jeden Konvoi. Und selbst Signale brauchen über hundert Lichtjahre zweihundert Jahre für Frage und Antwort. Daraus folgen die drei Sätze aus Lissabon. Was ankommt, ist ein Fossil. Dafür bekommen wir zwei Versprechen zurück: Wir werden sie finden, und wir können sagen, wie sie aussehen. Und die Leere ist nicht überall gleich – die Galaxis hat Zonen.

1.5

Zonen

Die Stille, mit der dieses Buch angefangen hat, hat eine Adresse. Seit 1960, seit Frank Drake in Green Bank zwei Sterne abhörte und nichts fand, hat die Suche nach fremden Signalen einige tausend Sterne gründlich und einige Millionen flüchtig abgesucht, und das Ergebnis ist in allen Fällen dasselbe. Daraus wird gern ein Schluss gezogen, der grösser ist als der Befund: Niemand da. Der Befund ist kleiner. Er lautet: Niemand da, in unserer Gegend, auf den Frequenzen, auf denen wir gehört haben, in den paar Jahrzehnten, in denen wir gehört haben. Jeder dieser Nachsätze schrumpft die Stille, und der erste schrumpft sie am meisten, weil unsere Gegend nicht irgendeine Gegend der Galaxis ist. Sie ist, wie wir zeigen wollen, die Vorstadt.

Drei Gefälle

Die Milchstrasse ist eine Scheibe von hunderttausend Lichtjahren Durchmesser mit einer Verdickung in der Mitte, dem Bulge, und einem Balken darin. Sie ist in jeder Hinsicht, die zählt, von innen nach aussen verschieden. Drei Gefälle laufen durch sie hindurch, alle drei gemessen und keines umstritten.

Das erste ist die Dichte. Wo die Sonne kreist, bei sechsundzwanzigtausend Lichtjahren vom Zentrum, gut auf halbem Weg nach draussen, liegt ein Stern in ein paar hundert Kubiklichtjahren; der nächste ist vier Lichtjahre entfernt, der typische Abstand zwischen Nachbarn liegt bei sieben. Nach innen nimmt die Dichte zu, erst langsam, dann steil. Im Bulge stehen die Sterne hundert- bis tausendmal dichter, und ihre Abstände schrumpfen entsprechend: ein



So sähe die Milchstrasse von aussen aus: NGC 6744, dreissig Millionen Lichtjahre entfernt, ihr nächster Zwilling – eine Balkenspirale, schräg von oben gesehen. Wir wohnen in einer solchen Scheibe, auf halbem Weg nach draussen.

Lichtjahr, und erst in den innersten paar Lichtjahren um das Schwarze Loch Lichtwochen. Was in Lissabon lag, läge dort in Mailand oder in Basel.

Das zweite ist die Chemie. Alles, was schwerer ist als Helium – Kohlenstoff, Sauerstoff, Silizium, Eisen, alles, woraus Planeten und Lebewesen und Antennen bestehen –, ist in Sternen entstanden und bei ihrem Tod verstreut worden. Wo mehr Sterne gelebt und gestorben sind, gibt es mehr davon. Innen ist die Galaxis reich an schweren Elementen, aussen arm. Der Abfall ist sanft, etwa ein Sechstel pro dreitausend Lichtjahre, aber über die ganze Scheibe summiert er sich auf einen Faktor zehn und mehr. Am Rand der Scheibe haben die Sterne nur noch einen Bruchteil der schweren Elemente, die wir hier haben; dort fehlt es nicht an Ruhe, sondern an Material.

Das dritte ist die Gefahr. Supernovae, die Explosionen sterbender Sterne, folgen der Dichte: Wo mehr Sterne sind, explodieren mehr, und eine

Supernova in weniger als dreissig Lichtjahren Abstand reisst einem Planeten die Ozonschicht weg. Dazu kommen im Inneren die nahen Vorbeiflüge anderer Sterne, die Planetenbahnen stören, die harte Strahlung aus der Umgebung des zentralen Schwarzen Lochs und ein Himmel, der nie dunkel wird. Im Bulge ist eine ruhige Milliarde Jahre, wie die Erde sie mehrmals hatte, kein Normalfall, sondern ein Glücksfall.

Aus den drei Gefällen hat eine Gruppe um Charles Lineweaver 2004 einen Ring berechnet, die galaktische habitable Zone: innen begrenzt durch die Gefahr, aussen durch den Mangel. Dazwischen, bei zwanzig- bis dreissigtausend Lichtjahren vom Zentrum, liegt der Streifen, in dem erdähnliche Planeten lange genug in Ruhe gelassen werden, dass auf ihnen etwas Komplexes wachsen kann. Die Sonne sitzt mitten darin. Das ist kein Zufall, und es ist auch kein Beweis, und man muss beides sagen.

Kein Zufall, weil wir nur deshalb hier sitzen und rechnen, weil die Bedingungen hier stimmten. Kein Beweis, weil wir genau ein Beispiel für Leben kennen und den Ring um dieses Beispiel herum gezeichnet haben. Andere Rechnungen, mit anderen Annahmen über Supernovae und Planetenbildung, ziehen den Ring breiter, bis fast an den Rand der Scheibe. Oder sie verlegen den grössten Teil der bewohnbaren Planeten nach innen, wo zwar mehr explodiert, aber auch viel mehr Sterne stehen. Die ehrliche Form des Befunds ist deshalb: Wir sitzen in einem guten Vorort, vielleicht im besten. Wir haben nicht das Optimum gefunden, sondern den Ort, an dem es nachweislich einmal geklappt hat.

Zwei Zonen

Das Buch geht einen Schritt weiter, und ab hier ist es Vermutung – begründete Vermutung, aber Vermutung, und der Leser soll den Unterschied sehen.

Der Ring von Lineweaver ist für Leben berechnet. Er fragt, wo ein Planet vier Milliarden Jahre lang in Ruhe gelassen wird, damit aus Chemie Zellen und aus Zellen etwas werden kann, das Antennen baut. Das ist die richtige Frage für die Entstehung. Es ist nicht die richtige Frage für das, was danach kommt.

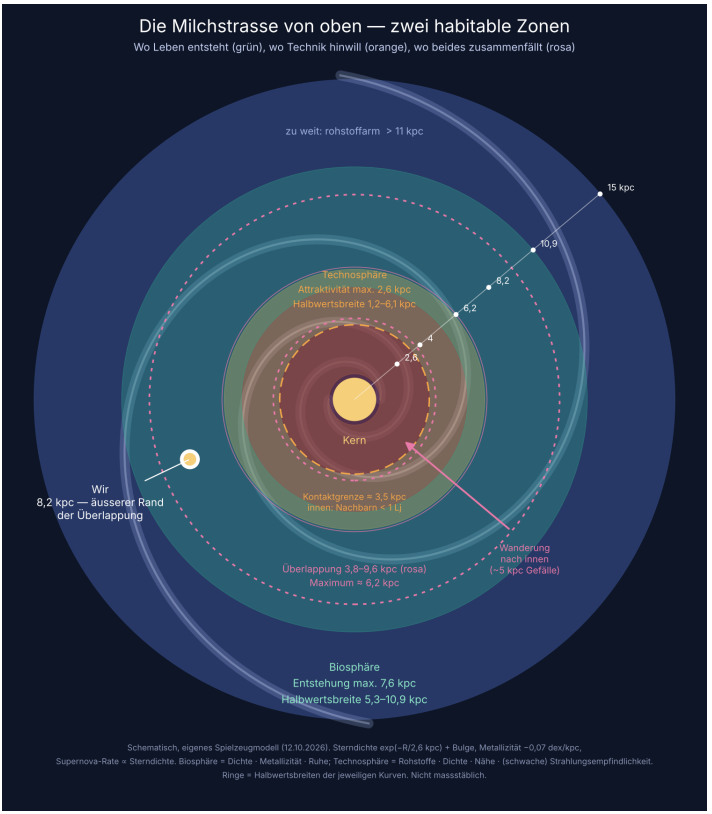
Eine Technik, einmal entstanden, braucht keine vier Milliarden Jahre Ruhe mehr. Sie braucht etwas anderes: Rohstoffe, Energie und Nachbarn.

Rohstoffe liegen innen, weil die Chemie innen reicher ist. Energie liegt innen, weil dort mehr Sterne auf engerem Raum brennen. Nachbarn liegen innen, weil die Dichte innen hundert- bis tausendmal höher ist, und Nachbarn sind für eine Technik, die Information tauscht, das Wichtigste von allem. Wo der nächste Stern ein Lichtjahr entfernt ist statt vier, kostet dasselbe Signal ein Sechzehntel der Energie, und die Pause im Gespräch, die bei uns Generationen dauert, schrumpft auf die Länge einer Berufslaufbahn. Die Gefahr, die innen ein Leben auslöscht, trifft eine Technik weniger: Sie kann sich abschirmen, unter die Oberfläche gehen, sich kopieren, einen zerstörten Standort aufgeben und einen anderen behalten.

Also zwei Zonen statt einer. Eine für die Entstehung, wo es ruhig sein muss, und eine für den Betrieb, wo es dicht sein muss, und die beiden liegen nicht am selben Ort.

Man kann das als Spielzeug rechnen, und wir haben es getan, mit offen gewählten Gewichtungen, die man anders wählen könnte: Sterndichte, Metallgehalt und Supernova-Rate nach den gemessenen Gefällen; die Biosphäre als das Produkt aus Dichte, Chemie und Ruhe; die Technosphäre als das Produkt aus Chemie, Dichte, Nachbarschaft und einem schwachen Abzug für die Strahlung. Das Ergebnis hängt in den Details an den Gewichten, in der Form nicht. Die Biosphärenzone ist ein Ring um zwanzig- bis dreissigtausend Lichtjahre, mit der Sonne beinahe im Maximum. Die Technosphärenzone ist ein Kern von vier- bis zwanzigtausend Lichtjahren, mit dem Maximum bei etwa achttausend, und an unserem Ort steht sie bei einem Viertel ihres Höchstwerts. Zwischen beiden liegt ein Gefälle von rund fünfzehntausend Lichtjahren, von draussen nach innen.

Die Deutung ist einfach, und sie ist das, was dieses Buch zur Frage der Stille beizutragen hat. Leben entsteht im Ring. Technik zieht nach innen. Der Ring ist die ruhige Kinderstube, der Kern ist die pulsierende Stadt. Das Optimum

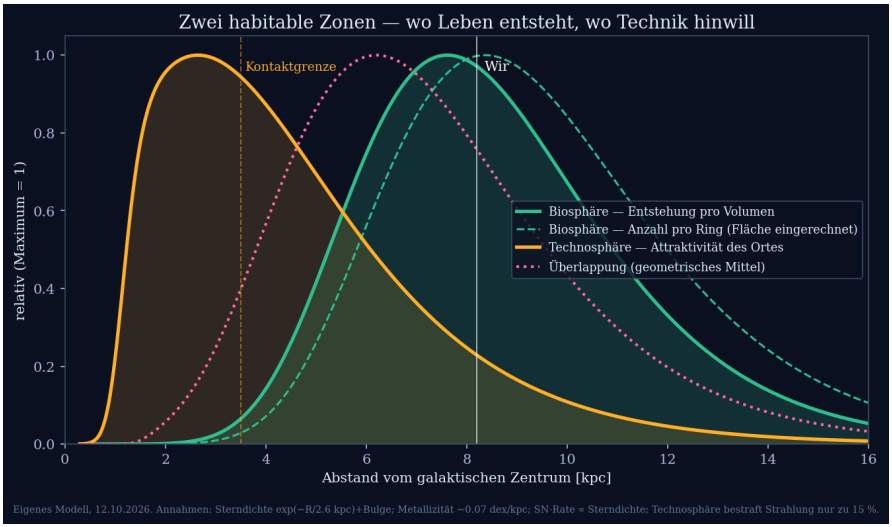


Grafik 6 · Zonierung der Galaxis, schematisch. Aufsicht; Ring der Biosphären in Blau, Kern der Technosphären in Orange, Überlappung, Sonne als Punkt am äusseren Rand der Überlappung; Balken mit Ruheinseln senkrecht dazu.

für die Geburt ist das Pessimum für die Begegnung, und wir wohnen am Optimum für die Geburt.

Die Kante

Es gibt im Modell einen Radius, der mehr ist als eine Linie in einer Grafik, und er liegt bei etwa elftausend Lichtjahren vom Zentrum. Dort hat sich der mittlere Abstand zwischen Nachbarsternen halbiert. Bei uns sind es sieben Lichtjahre, wenn man alle Sterne zählt, nicht nur die hellen; dort sind es knapp



Grafik 7 · Zwei habitable Zonen, das Modell: Wo Leben entsteht (blau) und wo Technik hinwill (orange), als Kurven über dem Abstand vom galaktischen Zentrum.

vier, und die Zahl der Sterne in Hörweite hat sich versechsfacht. Weiter innen geht es so weiter, aber langsam: zwei Lichtjahre bei zweitausend Lichtjahren vom Zentrum, ein Lichtjahr erst in den innersten fünfhundert.

Ein halber Abstand ist, für ein Signal, ein Viertel der Energie, und sechs Nachbarn statt einem sind sechs Gelegenheiten statt einer. Das ist noch kein Kipppunkt; es ist der Anfang eines Gefälles, das nach innen steiler wird. Der Ort, an dem Kontakt eine Gewohnheit wäre – Nachbarn in Lichtmonaten, Antworten zu Lebzeiten –, liegt ganz innen, in den letzten paar hundert Lichtjahren um das Zentrum. Und das ist genau der Ort, den die drei Gefälle als unbewohnbar ausweisen: zu viel Strahlung, zu viele Supernovae, zu viele Störungen. Die Galaxis hat die Nachbarschaft dort eingerichtet, wo niemand wohnen kann. Innerhalb der Kante wird Kontakt billiger, mit jedem Schritt nach innen; ausserhalb bleibt er ein Projekt. Wer drinnen steht, fährt Bus. Wer draussen steht, ist isoliert – nicht aus Mangel an Willen, sondern aus Mangel an Nachbarn.



OBERWELLE

Valerian, 2017. Alpha, die Stadt der tausend Planeten: Tausende Spezies in einer Station, jede mit eigener Luft und eigener Meinung zur Parkordnung. – Inserat: «Wohnung in Alpha, zentral, Nachbarn aus 3000 Welten, alle in Gehdistanz.» – Vermerk der Physik: Das Inserat ist echt, nur die Adresse fehlt. Die Stadt liegt zehntausend Lichtjahre weiter innen. Wir wohnen weit draussen in der Provinz, wo niemand klingelt.

Für den, der drinnen wohnt, ist die Kante unsichtbar. Er hat nie etwas anderes gekannt als Nachbarn in wenigen Lichtjahren, und die Frage, ob dort draussen jemand ist, stellt sich für ihn so wenig wie für einen Städter die Frage, ob es in den Bergen Menschen gibt – vermutlich schon, sie sind nur weit weg und melden sich nicht. Für uns ist die Kante der Grund der Stille. Wir hören nach innen und sehen nichts, weil das Innere nicht nach aussen ruft; es hat genug zu tun. Und wir hören um uns herum und hören nichts, weil die Nachbarn in der gleichen Kinderstube stecken: Wir sind jung und laut

auf kurze Distanz, aber leise bei allem, das für interstellare Kommunikation zählen würde.

Einen Fund gibt es in diesem Bild trotzdem, und er hat eine merkwürdige Adresse. Wir haben die Frage in einem Modell über die ganze Scheibe gerechnet: Wer ist, von der Erde aus gesehen, am ehesten zu hören – die vielen, routinierten Sender in der Stadt, oder die wenigen, ungeübten in der Nachbarschaft? Solange ein Signal nur mit dem Quadrat der Entfernung schwächer wird, halten sich die Proportionen in unserem Modell ungefähr die Waage: Weiter draussen stehen mehr Sender, näher dran sind sie lauter. Aber die Entfernung wiegt stärker. Weit entfernte Signale sind nicht nur schwächer, sie sind auch seltener auf uns gerichtet und noch seltener gerade jetzt unterwegs. Sobald man das einrechnet, gewinnt die Nachbarschaft mit grossem Abstand an Gewicht, obwohl dort fast niemand sendet. Das erste Signal, das wir finden, kommt nicht von der interessantesten Quelle, sondern von der nächsten, die überhaupt sendet. Wir nennen das das Nahfeld-Prinzip, und es hat eine Folge, die man festhalten muss: Was wir finden, wenn wir etwas finden, kommt aus einer Gegend, in der es nach unserer Karte nichts zu finden gibt. Es wird also entweder ein Irrtum sein – oder etwas, das nicht hierher gehört und trotzdem hier ist.

Zwei Lebensalter

Wenn Leben im Aussenbereich entsteht und Technik nach innen zieht, dann gibt es zu jeder Zeit zwei Sorten von Technosphären in der Galaxis, und sie unterscheiden sich nicht in der Chemie, sondern im Alter.

Die eine ist jung. Sie ist noch dort, wo sie entstanden ist, im Ring, bei ihrem Stern, mit ihrem Planeten, mit dem Körper, der sie gebaut hat, noch in Sichtweite. Sie ist laut, weil sie noch nicht gelernt hat, leise zu sein, und sie ist allein, weil im Ring alle allein sind. Wenn sie sendet, sendet sie wie jemand, der zum ersten Mal in ein Mikrofon spricht: zu laut, zu lange, in alle Richtungen, mit der Hoffnung, dass jemand zuhört, und ohne Übung darin, wie man sich

verständlich macht. Wir nennen sie Typ A, und wir werden die Bezeichnung nicht oft brauchen, weil im Verlauf klar wird, dass wir sie kennen.

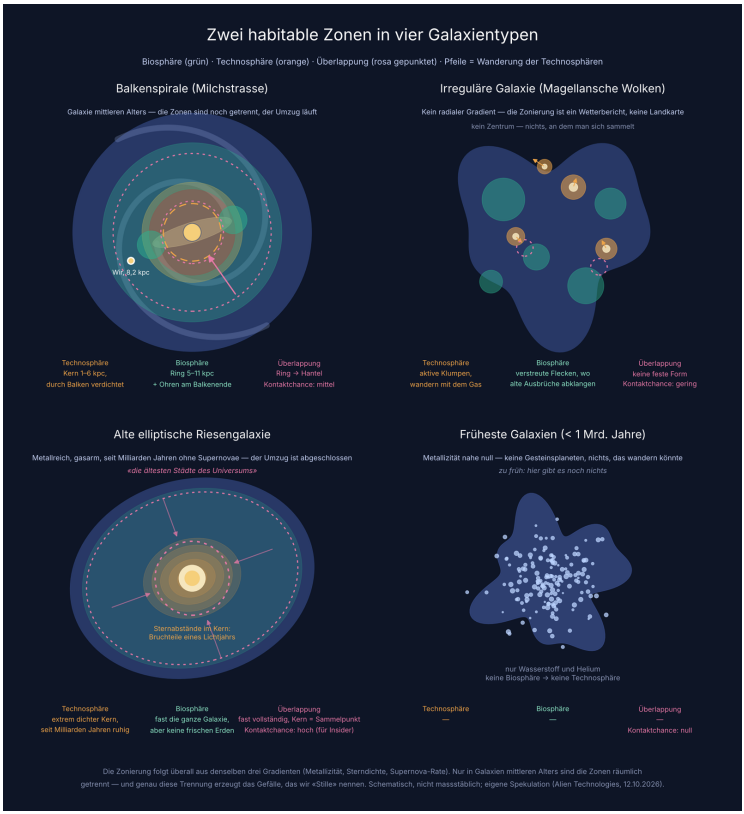
Die andere ist alt. Sie hat ihren Stern verlassen, oder sie ist dabei, und was sie zurückgelassen hat, ist die Kinderstube. Sie hat Nachbarn und Gewohnheiten, sie hat gelernt, dass Senden teuer ist und Zuhören billig, und sie ruft nicht nach draussen, weil draussen nichts ist, das ihr fehlt. Wenn sie überhaupt zu hören ist, dann nicht in einem Signal an uns, sondern in dem, was sie nicht verbergen kann: in Abwärme, in der Form ihrer Umgebung, in Dingen, die kein Stern von selbst tut. Typ B. Das wahrscheinlichste Gegenüber für ein Gespräch ist sie nicht, denn sie führt keine Gespräche mit der Vorstadt. Das wahrscheinlichste Gegenüber für einen Fund ist sie, denn sie ist das, was es lange gibt.

Der Unterschied zwischen A und B ist derselbe wie zwischen einem Dorf und einer Stadt, und er hat dieselbe Richtung: Aus Dörfern werden keine Städte, aber aus Dörfern ziehen Leute in die Stadt, und das Dorf bleibt, wie es ist, und wird von Zeit zu Zeit wieder jung. Was das für das Aussehen der beiden bedeutet, lässt dieses Kapitel offen. Es sagt nur, wo sie sind.

Andere Galaxien

Die drei Gefälle sind keine Eigenheit der Milchstrasse. Dichte, Chemie und Gefahr verlaufen in jeder Galaxie irgendwie, also hat jede Galaxie eine Zonierung; die Frage ist nur, welche Form sie hat, und die Antwort hängt vom Typ ab.

In einer Spiralgalaxie wie unserer, wie Andromeda, wie der Dreiecksgalaxie, wie allem, was in Reichweite steht, liegen die beiden Zonen getrennt: Ring aussen, Kern innen, und der Balken verdichtet den Kern noch einmal. Der Balken ist kein Objekt, sondern eine Welle, ein Stau. Die Sterne laufen auf länglichen Bahnen, die sich gegenseitig in dieselbe Richtung kippen, und das Muster verstärkt sich selbst – wie ein Stau auf der Autobahn, der auf einigen Spuren stockt, während auf anderen Spuren Autos noch fahren. An seinen Enden sammelt sich Gas und entstehen Sterne, dort ist es laut. Quer zum



Grafik 8 · Vier Galaxientypen, Quadrichon. Balkenspirale, Irreguläre, alte Elliptische, früheste Galaxie; jeweils Biosphärenzone, Technosphärenzone, Überlappung.

Balken, auf der Bahn, auf der Sterne und Balken gleich schnell laufen, gibt es zwei ruhige Taschen, in denen sich nichts staut. Die Sonne läuft nahe dieser Bahn, etwas weiter aussen – und im falschen Winkel. Richtige Umlaufbahn, falsche Ecke. Spiralgalaxien sind, nach diesem Modell, die wahrscheinlichsten Orte für Kontakt, weil beide Zonen gleichzeitig existieren – und zugleich die, in denen Kontakt am schwersten ist, weil die Umbildung noch läuft.

Irreguläre Galaxien wie die Magellanschen Wolken sind klein, gasreich und nie gross genug geworden, um sich zu ordnen. Sie haben kein Zentrum, das Technik anziehen könnte, und zu wenig schwere Elemente für viel von

beidem. Ihre Zonen sind Flecken, die mit dem Gas wandern: kein Plan, sondern eher ein Wetterbericht.

Alte elliptische Galaxien, die riesigen, rötlichen, in denen seit Milliarden Jahren keine neuen Sterne mehr entstehen, sind das Gegenteil. Ihre Biosphärenzone ist beinahe die ganze Galaxie, aber es gibt keine frischen Erden mehr, und ihre Vergangenheit – Verschmelzungen, ein lange aktives Schwarzes Loch im Zentrum – könnte das frühe Leben ausgelöscht haben, bevor es zu etwas kam. Ihr Kern dagegen ist dichter als alles in einer Spirale und seit Milliarden Jahren ruhig. Wenn es irgendwo im Universum sehr alte Technosphären gibt, dann dort: die ältesten Städte, in Galaxien ohne Kinderstube.

Und die frühesten Galaxien, die das James-Webb-Teleskop seit 2022 in den ersten dreihundert Millionen Jahren sieht, haben von allem zu wenig. Ihre Chemie ist ein Hundertstel bis ein Zehntel der unseren; es gab noch nicht genug tote Sterne. Keine Zone, nichts, das wandern könnte. Die Zonierung ist universell, aber nur in Galaxien mittleren Alters sind die beiden Zonen räumlich getrennt, und genau diese Trennung erzeugt das Gefälle, das wir Stille nennen.

Es gibt einen Roman, der diese Idee vor gut dreissig Jahren hatte, in anderer Form: Vernor Vinges *Ein Feuer auf der Tiefe* von 1992 teilt die Galaxis in Zonen, in denen verschiedene Technik möglich ist, langsam im Kern, schnell am Rand. Die Richtung ist umgekehrt und die Begründung ist erfunden, aber der Gedanke, dass die Galaxis kein gleichmässiges Feld ist, sondern Viertel hat, steht dort, bevor ihn jemand gerechnet hat. Er hat es erfunden; hier wird es begründet. Das ist die Arbeitsteilung zwischen Fantasie und Physik, die dieses Buch durchgehend betreibt, und sie ist selten so sauber.

Spuren und Signale

Wenn die Vorstadt-These stimmt, dann sind wir hier nicht allein, nur unter Nachbarn einer bestimmten Art. Die Lebenskurve ist hier hoch; in der ruhigen Gegend um uns herum fängt, nach dem Modell, mehr Leben an als irgendwo

sonst in der Galaxis. Aber was hier anfängt, sind Biosphären: Ozeane mit Chemie, Atmosphären, in denen Sauerstoff neben Methan steht, weil etwas beides hineinatmet. Das ist, was man in hundert Lichtjahren erwarten darf, und es ist nicht wenig. Was man hier nicht erwarten darf, ist, dass jemand spricht.

Spuren und Signale sind zwei verschiedene Dinge. Eine Spur hinterlässt etwas, das nicht gesehen werden will, einfach weil es da ist: ein Atem, eine Wärme, ein Schatten. Ein Signal macht etwas, das gehört werden will. Die Vorstadt ist voller Spuren und arm an Signalen. Der erste Beweis, dass wir nicht allein sind, wird deshalb mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Spektrallinie im Licht eines fremden Planeten sein, keine Botschaft. Wir werden Biosphären sehen, lange bevor wir Technosphären hören.

Die Karte

Die Stille hat damit einen anderen Klang. Sie ist nicht die Stille eines leeren Hauses, sondern die einer Vorstadt am Sonntagmorgen: Die Nachbarn sind da, aber jeder in seinem Garten; die Stadt ist zwanzig Kilometer entfernt und hat ihren eigenen Lärm, und von hier aus hört man ihn nicht. Dass die Suche seit sechzig Jahren nichts gefunden hat, sagt über die Galaxis ungefähr so viel wie ein stiller Sonntag in Zürich-Witikon über Europa.

Was folgt daraus für jemanden, der horchen will? Eine Karte, in vier Zeilen.

Horchen nach innen. Die Signale, wenn es sie gibt, kommen aus der Stadt, nicht aus der Nachbarschaft; von Orten, die zehn- oder zwanzigtausend Lichtjahre entfernt sind, nicht hundert.

Horchen nach Schwachem. Was über zwanzigtausend Lichtjahre ankommt, ist schwach, selbst wenn es stark gesendet wurde, und ein Sender, der nicht weiss, wer hört, sendet ohnehin nicht stark, sondern lang.

Horchen nach Langsamem. Wer in Jahrhunderten plant, spricht nicht in Sekunden.

Und in der Nachbarschaft: nicht horchen, sondern schauen. Spektren, Atmosphären, Spuren. Dort ist etwas, aber es sendet nicht.

Das ist die Karte. Sie ist eine Vermutung mit Zahlen, und es ist gesagt, was hineingesteckt wurde. Man kann sie an die Wand hängen, und man kann sie wieder abnehmen, wenn man anders suchen will als dort, wo jemand sein sollte. Wer in der Vorstadt ein Signal findet, hat etwas gefunden, das nach dieser Karte nicht hier sein sollte.

Das bleibt so stehen. Denn in einem Archiv liegt seit Jahren eine Durchmusterung des Südhimmels, die niemand auf diese Frage hin angeschaut hat. Jetzt schaut sie jemand an – jemand, der mit der Karte nicht einverstanden sein wird.

. . .

Was bleibt. Die Galaxis hat drei Gefälle – Dichte, Chemie, Gefahr – und darum Zonen. Leben braucht Ruhe und entsteht in einem Ring auf halbem Weg nach draussen, dort, wo wir wohnen: in der Vorstadt. Technik braucht Nachbarn, Rohstoffe und Energie, und die liegen innen, in der Stadt. Innerhalb einer Kante bei elftausend Lichtjahren halbieren sich die Abstände, und Kontakt wird mit jedem Schritt nach innen billiger. Weit ausserhalb bleibt er ein Projekt – und ganz innen, wo Kontakte Gewohnheit wären, kann niemand so einfach wohnen. Daraus folgen zwei Lebensalter von Technosphären – jung, laut und allein im Ring; alt, leise und unter Nachbarn im Kern – und eine Karte: nach innen horchen, in der Nachbarschaft schauen. Wer hier draussen trotzdem ein Signal findet, hat etwas gefunden, das nicht hierher gehört.

VERLAG VON BEDEUTUNG

Das war die Leseprobe.

Auszug aus Teil 1 · Sammeln und messen

Alien Technologies. Ausserirdisches Leben, Exoplaneten und fremde Technologien. Was wäre, wenn die erste extraterrestrische Begegnung mit einem Signal beginnt?

Erhältlich als Print und E-Book bei tredition und im Buchhandel, englische E-Books über Books2Read:

books2read.com/u/mBjK6p
symbiontart.github.io/verlag-von-bedeutung

Karlo Beyer & Cosmo Claude