
Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG: DIE REVOLUTION DER ASTROBIOLOGIE UND DIE HYPOTHESE DER EINSAMEN ERDE	
1.1	Ein einsamer Planet?	10
1.2	Die toten Zonen des Universums	13
1.3	Bedingungen der einsamen Erde	15
2	WARUM LEBEN IM UNIVERSUM WEIT VERBREITET SEIN KANN	
2.1	Spezialisten der Extreme	20
2.2	Die Archaea	24
2.3	Verbindung zum Mars	30
2.4	Bedeutung der Entdeckung der Extremophilen für die bewohnbare Zone	31
3	BEWOHNBARE ZONEN DES UNIVERSUMS	
3.1	Aus bewohnbaren Zonen ausgestoßene Planeten	39
3.2	Bewohnbare Zonen in anderen Sternensystemen	41
3.3	Bewohnbare Zonen in der Galaxis	47
3.4	Bewohnbare Zonen und Zeiten im Universum	49
3.5	Ende der planetarischen Bewohnbarkeit	52
3.6	Zusammenfassung	53

4	DER BAU EINER BEWOHNBAREN ERDE	
4.1	Bildung der Elemente	57
4.2	Zusammenbau des Planeten Erde	64
4.3	Der letzte Schliff	73
5	DAS ERSTE AUFTRETEN DES LEBENS AUF DER ERDE	
5.1	Wie begann das Leben?	77
5.2	Ein Rezept für das Leben	82
5.3	Entstehung des genetischen Kodes	85
5.4	Wie lange hat es gedauert?	89
5.5	Wo passierte es?	90
5.6	Ein planetarisches Wortgefecht	94
5.7	Stammbaum des Lebens und Ursprung der Extremophilen	97
6	WIE TIERE ENTSTEHEN	
6.1	Eine uralte Zweiteilung	107
6.2	Familie der Kerne	114
6.3	Umweltbedingungen bei der Entstehung der Eukaryonten ..	119
6.4	Sauerstoffrevolution	121
6.5	Evolution der eukaryontischen Form und Funktion	125
6.6	Die beiden Aufteilungen der Tierstämme	128
6.7	Evolution der Tiere: biologischer Durchbruch oder Umweltstimulation?	133
7	SCHNEEBALL ERDE	
7.1	Gefangen im Eis	140
7.2	Entkommen	142
7.3	Die zweite globale Vereisung	146

74	Planetarische Oberflächentemperaturen und der Ursprung des Lebens	148
----	--	-----

8

RÄTSEL DER KAMBRISCHEN EXPLOSION

8.1	Wann hat sich die kambrische Explosion ereignet?	152
8.2	Welche Tiere hatten Anteil an der kambrischen Explosion?	157
8.2.1	1. Akt: Ediacara fauna	158
8.2.2	2. und 3. Akt: Spurenfossilien und kleine Schalentiere	163
8.2.3	4. Akt: Trilobiten fauna	164
8.3	War die Explosion des Lebens im Kambrium unausweichlich?	165
8.4	Was – wenn überhaupt – löste die kambrische Explosion aus?	170
8.5	Umweltbedingungen	170
8.5.1	Der Sauerstoffgehalt überstieg eine entscheidende Grenze	170
8.5.2	Nährstoffe wurden in größerer Menge verfügbar	171
8.5.3	Günstige Temperaturbedingungen nach den Schneeballepisoden des späten Präkambriums	172
8.5.4	Der Wechsel der Erdachse	172
8.6	Biologische Ursachen	175
8.6.1	Entwicklung der harten Skelette	175
8.6.2	Die Überschreitung bestimmter evolutionärer Schwellen ermöglichte eine Zunahme der Körpergröße	176
8.6.3	Raubtierhypothese	177
8.7	Wird die kambrische Explosion durch Fossilienfunde nur vorgetäuscht?	177
8.8	Explosion im Kambrium und ihr Ende	179
8.9	Diversität und Disparität	181
8.10	Nach der kambrischen Explosion: die Evolution der Diversität	184
8.11	Bedeutung für höheres Leben auf anderen Planeten	185

9

MASSENSTERBEN UND DIE HYPOTHESE DER EINSAMEN ERDE

9.1	Bedeutung globaler Auslöschungen	190
9.2	Möglichkeiten planetarischer Katastrophen	192
9.2.1	Änderung der planetaren Drehgeschwindigkeit	193
9.2.2	Planeten verlassen die bewohnbare Zone	193
9.2.3	Sterne ändern ihren Energieausstoß	194
9.2.4	Einschlag eines Kometen oder Asteroiden	194
9.2.5	Nahe gelegene Supernovaexplosion	197
9.2.6	Quellen von Gammastrahlung	198
9.2.7	Kosmische Strahlenjets und Gammastrahlenexplosion	198
9.2.8	Katastrophale Klimaänderung: Eiskeller und ausufernder Treibhauseffekt	199
9.2.9	Entstehung intelligenter Lebewesen	199
9.3	Häufigkeit von Massensterben	200
9.4	Folgen von Massensterben	202
9.5	Risiko und Komplexität	205
9.6	Massenhaftes Artensterben auf der Erde: Zehn Ereignisse ..	207
9.6.1	Auslöschungen durch Einschläge vor 4,6–3,8 Mrd. Jahren ..	208
9.6.2	Auftauchen des Sauerstoffs in der Atmosphäre – Schneeball Erde vor 2,5–2,2 Mrd. Jahren	208
9.6.3	Schneeballperioden vor 750–600 Mio. Jahren	209
9.6.4	Perioden des Massensterbens im Kambrium vor 560–500 Mio. Jahren	209
9.6.5	Perioden mit Massensterben im Ordovizium und im Devon vor 440–370 Mio. Jahren	210
9.6.6	Perm-Trias-Ereignis vor 250 Mio. Jahren	211
9.6.7	Perioden mit Massensterben am Ende der Trias vor 250 Mio. Jahren	211
9.6.8	Massensterben am Übergang von der Kreidezeit zum Tertiär (K/T-Ereignis) vor 65 Mio. Jahren	212
9.6.9	Gegenwärtiges Artensterben	214
9.7	Vergleich der Auswirkungen von Aussterbeereignissen	215

9.8	Zeitliches Risiko des Aussterbens	216
9.9	Verlust an Komplexität: Risiko und Vielfalt	217
9.10	Ein Planet am Rande	219
9.11	Modell für planetarisches Aussterben	220
10	Überraschende Bedeutung der Plattentektonik	
10.1	Wie funktioniert die Plattentektonik?	227
10.2	Warum ist die Plattentektonik für das Leben so wichtig?	234
10.3	Was passiert, wenn die Plattentektonik ausbleibt?	237
10.3.1	Ein Ende durch Ausbleiben des Vulkanismus	237
10.3.2	Verlust der planetaren Temperaturkontrolle	239
10.4	Plattentektonik als globaler Thermostat	241
10.5	Die Plattentektonik und das Magnetfeld	245
10.6	Warum verfügt die Erde – anders als Mars und Venus – über Plattentektonik?	246
10.7	Wie und wann begann die Plattentektonik auf der Erde? ..	249
10.8	Könnte Plattentektonik die Entwicklung des höheren Lebens auf der Erde auch <i>behindert</i> haben?	250
10.9	Plattentektonik: Der wichtigste Bestandteil der Hypothese von der Einsamen Erde?	253
11	DER MOND, DER JUPITER UND DAS LEBEN AUF DER ERDE	
11.1	Der Mond	255
11.1.1	Neigung der Erdachse	256
11.1.2	Gezeiten	261
11.1.3	Eine neue Erklärung für die Entstehung des Mondes	263
11.2	Der Jupiter	270
11.2.1	Einfluss des Giganten zur Zeit der Planetenentstehung	271
11.2.2	Ein weit entfernter Wachposten	274
11.2.3	Ursprung und zufällige Stabilität von Jupiter	275

12	ÜBERPRÜFUNG DER HYPOTHESE VON DER EINSAMEN ERDE	
12.1	Fortgeschrittenes Leben	283
12.2	Spektrum eines Planeten mit Leben	283
12.3	Suche nach der spektralen Signatur des Lebens	286
12.4	Suche nach intelligentem Leben	289
12.5	Mikrobielles Leben im Sonnensystem	290
13	ABSCHÄTZUNG DER GEWINNQUOTE	
13.1	Ein Gedankenexperiment	298
13.2	Der Zeitfaktor: Fortbestand des Ozeans und eine gemässigte Temperatur	301
13.3	Die Bedeutung – und die zufällige Anwesenheit – unseres großen Mondes	306
13.4	Wahrscheinlichkeit von ausserirdischem Leben und von Intelligenz	308
13.5	Sind Sterne mit Planeten ungewöhnlich?	309
13.6	Häufigkeit der Planeten und die Drake-Gleichung	311
14	BOTEN DER STERNE	
14.1	Anblick des Universums	319
14.2	Ansichten über die Erde in der Geschichte der Menschheit ..	321
14.3	Unsere einsame Erde	325
	LITERATURVERZEICHNIS	331
	NAMENSVERZEICHNIS	359
	SACHVERZEICHNIS	363