

Inhalt

Vorwort zur zweiten Auflage	XI
Vorwort zur ersten Auflage	XIII
1 Globale Umwelt. Klima und Mikroorganismen	1
1.1 Klimasystem	1
1.1.1 Komponenten des Klimasystems	1
1.1.2 Wechselwirkungen zwischen den Komponenten	6
1.1.3 Energiebilanz der Erde	6
1.1.4 Klimaänderungen und ihre Auswirkungen	8
1.1.5 Welche Stoffe haben welchen Effekt auf das Klima	12
1.1.6 Projektionen	12
1.2 Globale Kreisläufe mit Reservoirs und Stoffflüssen	14
1.2.1 Globaler Kohlenstoffkreislauf	14
1.2.2 Globaler Stickstoffkreislauf	16
1.2.3 Globaler Schwefelkreislauf	21
1.2.4 Globaler Phosphorkreislauf	23
1.2.5 Zusammenfassung globale Kreisläufe	24
2 Mikroorganismen, Akteure in der Umwelt	27
2.1 Mikroorganismen, Zuordnung zu Gruppen	27
2.2 Mikroorganismen, der Vorteil einer geringen Größe	28
2.3 Mikroorganismen, klein aber viele	32
2.4 Mikroorganismen, leben nicht alleine	33
3 Zusammenhang von mikrobieller Energiegewinnung und Stoffkreisläufen	45
3.1 Prinzipien der Energiegewinnung	45
3.1.1 Atmungsketten und ATP-Synthase	48
3.2 Haupttypen des mikrobiellen Stoffwechsels	52
3.2.1 Phototrophie	52
3.2.2 Chemotrophie	54
3.2.3 Kohlenstoffquelle: Hetero- und Autotrophie	57
4 Kohlenstoffkreislauf	59
4.1 Entstehung der Erdatmosphäre und der fossilen Rohstoffe	59
4.2 Stoffflüsse im Kohlenstoffkreislauf	60

4.3	Autotrophe CO ₂ -Fixierung	62
4.3.1	Calvin-Zyklus	64
4.3.2	Reduktiver Citrat-Zyklus	67
4.3.3	Reduktiver Acetyl-CoA-Weg (Acetogenese)	67
4.3.4	CO ₂ -Fixierungszyklus in <i>Crenarchaeota</i>	68
4.3.5	3-Hydroxypropionat-Bi-Zyklus	71
4.3.6	Vergleich der Prozesse der CO ₂ -Fixierung	71
4.4	Abbau von Naturstoffen	73
4.4.1	Abbau von Kohlenhydraten	73
4.4.2	Abbau von Proteinen	81
4.4.3	Abbau von Fetten	82
4.4.4	Abbau von pflanzlichen Substanzen/Lignin und anderen Naturstoffen/Humusentstehung	83
4.5	Methankreislauf/methanogene Nahrungskette/Methanotrophie	93
4.5.1	Methanbildung	93
4.5.2	Methanabbau	101
5	Umweltchemikalien	109
5.1	Chemikalien in der Umwelt: Ausbreitung und Konzentration	109
5.1.1	Transportprozesse	110
5.1.2	Transferprozesse zwischen Umweltmedien oder Kompartimenten	111
5.1.3	Transformationsprozesse	114
5.2	Beurteilung von Chemikalien: Allgemeine Prinzipien und Konzepte	117
5.2.1	Abbaubarkeitstests	120
5.2.2	Toxizitäts- und Mutagenitätsprüfungen mit mikrobiellen Systemen	126
6	Mikrobieller Abbau von Schadstoffen	133
6.1	Abbau von Kohlenwasserstoffen	133
6.1.1	Erdöl: Zusammensetzung und Eigenschaften	134
6.1.2	Der Ablauf einer Verölung im Meer	135
6.1.3	Abbau von Alkanen, Alkenen und cyclischen Alkanen	137
6.1.4	Abbau von monoaromatischen Kohlenwasserstoffen	142
6.1.5	Abbau und Humifizierung von Mehrkern-Kohlenwasserstoffen	161
6.1.6	Abbau von Heterocyclen	167
6.1.7	Bildung von Biotensiden/Aufnahme von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen	172
6.2	Abbau chlorierter Schadstoffe	177
6.2.1	Abbau von Chloraromaten	177
6.2.2	Abbau von Hexachlorcyclohexan	188
6.2.3	Abbau von Triazininen	197
6.2.4	Abbau von Chloraliphatischen Verbindungen	198
6.3	Abbau und Humifizierung von Nitroaromaten	208
6.3.1	Umweltproblem durch Nitroaromaten	208
6.3.2	Möglichkeit des mikrobiellen Abbaus von Nitroaromaten	209
6.3.3	Eliminierung von Trinitrotoluol durch Sequestrierung an Boden	211
6.4	Abbau von aromatischen Sulfonsäuren und Azofarbstoffen	212
6.4.1	Aromatische Sulfonsäuren	212
6.4.2	Abbau von Azofarbstoffen	214
6.5	Kunststoffe, Biokunststoffe	217
6.5.1	Abbaubarkeit von Kunststoffen	220

6.5.2	Biokunststoff	221
6.5.3	Einschätzung zur ökologischen Bewertung von Kunststoffen und Biokunststoffen	224
6.6	Komplexbildner: Aminopolycarbonsäuren	226
6.7	Endokrin wirksame Verbindungen	228
6.7.1	Tributylzinnverbindungen	228
6.7.2	Alkylphenole	229
6.7.3	Bisphenol A	230
6.8	Methyl- <i>tert</i> -butylether	230
7	Mikrobieller Stickstoffkreislauf	239
7.1	Stickstofffixierung	239
7.2	Ammonifikation	240
7.3	Nitrifikation	243
7.4	ANAMMOX	245
7.5	Nitratreduktion	246
7.5.1	Denitrifikation	246
7.5.2	Dissimilatorische Nitratreduktion zu Ammonium	247
8	Kreisläufe von Schwefel, Eisen und Mangan	251
8.1	Schwefelkreislauf	251
8.1.1	Sulfatreduktion	251
8.1.2	Reduktion von Elementarschwefel	254
8.1.3	Schwefeldisproportionierung	254
8.1.4	Oxidation von Sulfid und Elementarschwefel	255
8.1.5	Organische Schwefelverbindungen	255
8.2	Eisenkreislauf	261
8.2.1	Oxidation von zweiwertigem Eisen	262
8.2.2	Reduktion von dreiwertigem Eisen	267
8.3	Mangankreislauf	268
8.3.1	Oxidation von zweiwertigem Mangan	268
8.3.2	Reduktion von vierwertigem Mangan (Mn^{4+}): anaerobe Atmung	268
9	Schwermetalle und andere toxische anorganische Ionen	271
9.1	Toxizität	271
9.2	Umweltqualitätsnormen	272
9.3	Natürliche und anthropogene Vorkommen	272
9.4	Resistenz von Mikroorganismen	273
9.5	Quecksilber	277
9.6	Arsen	279
9.6.1	Arsenitoxidation	280
9.6.2	Arsenatreduktion	280
9.6.3	Arsenatmethylierung	281
9.7	Selen	281
9.8	Uran	282
10	Mikroorganismen an unterschiedlichen Standorten: Lebensbedingungen und Anpassungsstrategien	287
10.1	Mikrobielle Konkurrenz und Kooperation	287
10.1.1	Wachstumsraten und Nährstoffkonzentrationen	289

10.1.2	Adaptation	291
10.1.3	Mischsubstrate	300
10.1.4	Grenzkonzentrationen	300
10.1.5	Mikrobielle Kooperation	301
10.2	Anheftung an Oberflächen und Biofilme	301
10.2.1	Oberflächen	301
10.2.2	Biofilme	303
10.3	Boden als mikrobielles Habitat	304
10.4	Aquatische Biotope	311
10.4.1	Süßwasser Umgebung	311
10.4.2	Marine Umgebungen	313
11	Lebensgemeinschaften. Strukturelle und funktionelle Analysen mit klassischer Vorgehensweise	331
11.1	Summarische Methoden	331
11.1.1	Bestimmung von Keimzahlen und Biomassen	331
11.1.2	Bestimmung von Aktivitäten	335
11.2	Nachweis bestimmter Mikroorganismen	339
11.3	Mikroorganismen, aus der Natur ins Labor, die Isolierung von Reinkulturen	342
11.3.1	Organismen nicht kultivierbar?	342
11.3.2	Isolierung und Probleme	342
11.3.3	Anreicherungs-system	343
11.3.4	Analoganreicherung: Sinn oder Unsinn?	344
11.3.5	Impfmaterial für eine Anreicherungskultur	348
12	Mikrobielle Lebensgemeinschaften. Strukturelle und funktionelle Analysen mit molekularbiologischer Vorgehensweise	349
12.1	Grundlegende molekulargenetische Methoden zur Klassifizierung und Identifizierung von Reinkulturen	350
12.2	Molekulargenetische Methoden zur Charakterisierung von Lebensgemeinschaften	360
12.3	Metagenomik	372
12.3.1	Gemeinschaft eines sauren Minenwassers	373
12.3.2	Gemeinschaft der Sargasso See	375
12.3.3	Die Global Ocean Sampling Expedition	377
12.3.4	Sequenzdaten und Funktionalität – eine kritische Sicht	381
13	Schäden an anorganischen Materialien durch mikrobielle Aktivitäten, Biokorrosion	385
13.1	Eisenkorrosion	385
13.2	Betonkorrosion	385
13.3	Gebäudekorrosion/Schädigung von Stein	387
14	Biologische Abwasserreinigung	389
14.1	Entstehung und Zusammensetzung von Abwässern	389
14.2	Abwasserreinigung in mechanisch-biologischen Kläranlagen mit aerober Stufe	392
14.3	Biologische Phosphatelimination	397
14.4	Stickstoffelimination bei der Abwasserreinigung	400
14.5	Anaerobe Schlammbehandlung, direkte anaerobe Abwasserreinigung und Biogasgewinnung	404

14.6	Reinigung von Industrieabwässern	407
14.7	Naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren	408
15	Biologische Abluftreinigung	411
16	Biologische Bodensanierung	415
16.1	Altlasten-Problematik	415
16.2	Verfahren der biologischen Bodensanierung	416
16.2.1	<i>Ex situ</i> -Verfahren	419
16.2.2	<i>In situ</i> -Bodensanierung	425
17	Biologische Abfallbehandlung	433
17.1	Abfall-Problematik	433
17.2	Verfahren der biologischen Abfallverwertung	434
17.2.1	Kompostierungsprozess	435
17.2.2	Kompostierungsverfahren	436
17.2.3	Anaerobe Abfallbehandlung durch Vergärung	437
18	Biotechnologie und Umweltschutz	439
18.1	Biologische Schädlingsbekämpfung	439
18.1.1	Bioinsektizide	439
18.1.2	Biofungizide und -herbizide	446
18.2	Design neuer Chemikalien	446
18.2.1	Struktur-Wirkungs-Beziehung/Vorhersage der Abbaubarkeit	446
18.2.2	Abbaubare Alternativen zu heutigen Chemikalien	448
18.3	Produktintegrierter Umweltschutz durch Biotechnologie	453
18.3.1	Verfahrensvergleich: Biotechnische und chemisch-technische Prozesse	455
18.3.2	Umweltentlastungseffekte durch Produktsubstitution	460
18.3.3	Zusammenfassung PIUS	461
18.4	Biokraftstoffe	462
18.4.1	Bioethanol	462
18.4.2	Biodiesel	465
18.4.3	Biomass-to-Liquid-Kraftstoff	465
18.5	Strom aus Mikroorganismen	466
18.5.1	Wasserstoff-Produktion in Bioreaktoren für konventionelle Brennstoffzellen	466
18.5.2	Mikrobielle Herstellung von Brennstoff im Anodenraum der Brennstoffzelle	467
18.5.3	Direkter Elektronentransport von der Zelle zur Elektrode.	467
18.5.4	Mediatoren zum Elektronentransport	467
19	Denkanstöße	471
19.1	Nachhaltigkeit, der Begriff	471
19.2	Nachhaltigkeit, Umweltmikrobiologie ein Beitrag	471
19.3	Umwelt und Umweltmikrobiologie, Nachdenken	472
Index	483