

G711.78

Walter Reineke, Michael Schlömann

Umweltmikrobiologie

Universitäts- und Landes-
bibliothek Darmstadt
Bibliothek Biologie

16138



Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

Inhalt

Prolog	1
1 Mikroorganismen und Umwelt	3
1.1 Das Klimasystem	3
1.1.1 Seine Komponenten	3
1.1.2 Wechselwirkungen zwischen den Komponenten	8
1.1.3 Energiebilanz der Erde	8
1.1.4 Klimaänderungen und Auswirkungen	10
1.1.5 Welche Stoffe haben welchen Effekt auf das Klima?	11
1.2 Globale Kreisläufe von Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor mit Reservoirs und Stoffflüssen	12
1.2.1 Globaler Kohlenstoffkreislauf	13
1.2.2 Globaler Stickstoffkreislauf	18
1.2.3 Globaler Schwefelkreislauf	23
1.2.4 Globaler Phosphorkreislauf	24
1.2.5 Zusammenfassung globale Kreisläufe	25
2 Besonderheiten und unterschiedliche Gruppen von Mikroorganismen ..	29
3 Zusammenhang von mikrobieller Energiegewinnung und Stoffkreisläufen	33
3.1 Prinzipien der Energiegewinnung	33
3.1.1 Atmungsketten und ATP-Synthase	37
3.2 Haupttypen des mikrobiellen Stoffwechsels	40
4 Kohlenstoffkreislauf	45
4.1 Entstehung der Erdatmosphäre und der fossilen Rohstoffe	45
4.2 Stoffflüsse im Kohlenstoffkreislauf	46
4.3 Autotrophe CO ₂ -Fixierung	48
4.3.1 Der Calvin-Cyclus	49
4.3.2 Der umgekehrte Citrat-Cyclus (reduktiver TCC-Cyclus)	51
4.3.3 Reduktiver Acetyl-CoA-Weg (Acetogenese)	51
4.3.4 Der Hydroxypropionat-Cyclus	53
4.3.5 Vergleich der Prozesse der CO ₂ -Fixierung	53
4.4 Abbau von Naturstoffen	53
4.4.1 Abbau von Kohlenhydraten	56
4.4.2 Abbau von Proteinen	62
4.4.3 Abbau von Fetten	64
4.4.4 Abbau von pflanzlichen Substanzen/Lignin und anderen Naturstoffen/ Humusentstehung	65

4.5	Methankreislauf	76
4.5.1	Methanbildung	76
4.5.2	Methanabbau	83
5	Abbau organischer Schadstoffe	91
5.1	Umweltchemikalien	91
5.1.1	Chemikalien in der Umwelt: Ausbreitung und Konzentration	91
5.1.2	Beurteilung von Chemikalien: Allgemeine Prinzipien und Konzepte	99
5.2	Abbau von Kohlenwasserstoffen	114
5.2.1	Erdöl: Zusammensetzung und Eigenschaften	115
5.2.2	Der Ablauf einer Verölung im Meer	116
5.2.1	Abbau von Alkanen, Alkenen und cyclischen Alkanen	119
5.2.2	Abbau von monoaromatischen Kohlenwasserstoffen	124
5.2.3	Abbau von Mehrkern-Kohlenwasserstoffen und Humifizierung von PAK	140
5.2.4	Abbau von Heterocyclen	146
5.2.5	Bildung von Biotensiden/Aufnahme von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen	152
5.3	Abbau chlorierter Schadstoffe	156
5.3.1	Abbau von Chloraromaten	156
5.3.2	Abbau von Hexachlorcyclohexan	176
5.3.3	Abbau von Triazinen	178
5.3.4	Abbau von chloraliphatischen Verbindungen	180
5.4	Abbau und Humifizierung von Nitroaromaten	189
5.4.1	Umweltproblem durch Nitroaromaten	189
5.4.2	Möglichkeit des mikrobiellen Abbaus von Nitroaromaten	190
5.4.3	TNT-Eliminierung durch Sequestrierung an Boden	193
5.5	Abbau von aromatischen Sulfonsäuren und Azofarbstoffen	193
5.5.1	Aromatische Sulfonsäuren	193
5.5.2	Abbau von Azofarbstoffen	197
5.6	Persistenz von Kunststoffen, abbaubare Biopolymere	199
5.6.1	Biopol – ein biologisch vollständig abbaubarer thermoplastischer Kunststoff	201
5.6.2	Biologisch abbaubare Kunststoffe – nicht nur aus nachwachsenden Rohstoffen	202
5.7	Komplexbildner: Aminopolycarbonsäuren	203
5.8	Endokrin wirksame Verbindungen	205
5.8.1	Tributylzinnverbindungen	205
5.8.2	Alkylphenole	206
5.8.3	Bisphenol A	208
5.9	Methyl- <i>tert</i> -butylether	209
6	Der mikrobielle Stickstoffkreislauf	215
6.1	Stickstofffixierung	215
6.2	Ammonifikation	216
6.3	Nitrifikation	219
6.4	Anammox	222
6.5	Nitratreduktion	222
6.5.1	Denitrifikation	223
6.5.2	Dissimilatorische Nitratreduktion zu Ammonium	223
7	Kreisläufe von Schwefel, Eisen und Mangan	227
7.1	Schwefelkreislauf	227
7.1.1	Sulfatreduktion	228
7.1.2	Reduktion von Elementarschwefel	229

7.1.3	Schwefeldisproportionierung	230
7.1.4	Oxidation von Sulfid und Elementarschwefel	230
7.1.5	Organische Schwefelverbindungen	230
7.2	Der Eisenkreislauf	236
7.2.1	Oxidation von zweiwertigem Eisen	237
7.2.2	Reduktion von dreiwertigem Eisen	241
7.3	Der Mangankreislauf	243
7.3.1	Oxidation von zweiwertigem Mangan	243
7.3.2	Reduktion von vierwertigem Mangan: anaerobe Atmung	243
8	Schwermetalle	245
8.1	Quecksilberkreislauf	246
8.2	Arsen	248
8.2.1	Arsenitoxidation	248
8.2.2	Arsenatreduktion	249
8.2.3	Arsenatmethylierung	250
8.3	Selen	250
9	Anpassungsstrategien von Mikroorganismen an unterschiedliche Lebensbedingungen	253
9.1	Mikrobielle Konkurrenz und Kooperation	255
9.1.1	Wachstumsraten und Nährstoffkonzentrationen	256
9.1.2	Adaptation	257
9.1.3	Mischsubstrate	262
9.1.4	Grenzkonzentrationen	262
9.1.5	Mikrobielle Kooperation	263
9.2	Anheftung an Oberflächen und Biofilme	263
9.2.1	Oberflächen	263
9.2.2	Biofilme	264
9.3	Der Boden als mikrobielles Habitat	266
9.4	Aquatische Biotope	270
9.4.1	Süßwasserumgebung	270
9.4.2	Marine Umgebungen	275
10	Charakterisierung mikrobieller Lebensgemeinschaften	281
10.1	Summarische Methoden	281
10.1.1	Methoden zur Bestimmung von Keimzahlen und Biomassen	281
10.1.2	Methoden zur Bestimmung von Aktivitäten	284
10.2	Klassische Verfahren mit dem Ziel des Nachweises bestimmter Mikroorganismen	286
10.3	Nachweis mikrobieller Aktivitäten über Isotopenfraktionierung	290
10.4	Methoden der molekularen Ökologie von Mikroorganismen	290
10.4.1	Grundlegende molekulare Methoden zur Klassifizierung und Identifizierung von Reinkulturen	291
10.4.2	Molekulargenetische Methoden zur Charakterisierung von Lebensgemeinschaften	299
11	Biologische Abwasserreinigung	309
11.1	Entstehung und Zusammensetzung von Abwässern	309
11.2	Abwasserreinigung in mechanisch-biologischen Kläranlagen mit aerober Stufe	312
11.3	Biologische Phosphatelimination	317
11.4	Stickstoffelimination bei der Abwasserreinigung	321

11.5	Anaerobe Schlammbehandlung, direkte anaerobe Abwasserreinigung und Biogasgewinnung	324
11.6	Reinigung von Industrieabwässern	328
11.7	Naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren	329
12	Biologische Abluftreinigung	331
13	Biologische Bodensanierung	335
13.1	Altlasten-Problematik	335
13.2	Verfahren der biologischen Bodensanierung	336
13.2.1	<i>Ex situ</i> -Verfahren	339
13.2.2	<i>In situ</i> -Bodensanierung	345
14	Abfallbehandlung	353
14.1	Die Abfall-Problematik	353
14.2	Biologische Abfallverwertung	354
14.2.1	Der Kompostierungsprozess	355
14.2.2	Kompostierungsverfahren	356
14.2.3	Anaerobe Abfallbehandlung durch Vergärung	357
15	Biotechnologie und Umweltschutz	359
15.1	Biologische Schädlingsbekämpfung	359
15.1.1	Bioinsektizide	359
15.1.2	Biofungizide und Bioherbizide	366
15.2	Design neuer Chemikalien	367
15.2.1	Struktur-Wirkungs-Beziehung/Vorhersage der Abbaubarkeit	367
15.2.2	Abbaubare Alternativen zu heutigen Chemikalien	371
15.3	Produktintegrierter Umweltschutz durch Biotechnologie	373
15.3.1	Verfahrensvergleich: Biotechnische und chemisch-technische Prozesse	374
15.3.2	Umweltentlastungseffekte durch Produktsubstitution	378
15.3.3	Zusammenfassung PIUS	379
15.4	Biokraftstoffe	379
15.4.1	Bioethanol	381
15.4.2	Biodiesel	382
15.4.3	Biomass-to-Liquid-Kraftstoff	382
15.5	Strom aus Mikroorganismen	382
15.5.1	Produktion von H ₂ in Bioreaktoren für konventionelle Brennstoffzellen	383
15.5.2	Integrierung der mikrobiellen Brennstoffherstellung in den Anodenraum der Brennstoffzelle	383
15.5.3	Direkter Elektronentransport von der Zelle zur Elektrode: Die Electricigenen	384
15.5.4	Mediatoren zum Elektronentransport	384
16	Denkanstöße	387
16.1	Umweltmikrobiologie ist ein Beitrag zur umweltverträglichen nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development)	387
16.2	Grundlagen und Praxis der Umweltmikrobiologie	387
16.3	Nachdenken über Umweltmikrobiologie	388
Index		393