

Christa Knorr
Thomas von Schell (Hrsg.)

Mikrobieller Schadstoffabbau

Ein interdisziplinärer Ansatz



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Umweltbiotechnologie als Gegenstand interdisziplinärer Begleitforschung <i>Dipl. Biol. C. Knorr, Dr. T. von Schell</i>	1
1.1.1 Biotechnologie zur Verringerung von Umweltbelastungen	1
1.1.2 Ausgangspunkte für die Begleitforschung zum mikrobiellen Schadstoffabbau am Zentrum für Ethik in den Wissenschaften	3
1.1.3 Expertenkolloquium zum mikrobiellen Schadstoffabbau	5
1.1.4 Konzeption und Ziele des Publikationsprojektes	8
1.1.5 Aufbau der Publikation	9
1.1.6 Ausblick	10
1.1.7 Anmerkungen	11
1.1.8 Literatur	11
2 Modelle für das Verhalten organischer Schadstoffe im Untergrund	13
2.1 Beispiele für die Untersuchung und Beschreibung komplexer Prozesse in Umweltsystemen <i>Dipl. Biol. C. Knorr</i>	13
2.2 Auswirkung der Lösungs- und Desorptionskinetik auf die Bioverfügbarkeit organischer Schadstoffe <i>Dr. P. Grathwohl</i>	15
2.2.1 Bioverfügbarkeit	17
2.2.2 Nicht-Gleichgewichtstransport	18
2.2.3 Sorption hydrophober organischer Schadstoffe in Böden und Sedimenten	19
2.2.4 Desorptions- und Lösungskinetik von Schadstoffen	22
2.2.5 Zusammenfassung	29
2.2.6 Literatur	31
2.3 Strömungs- und Transporteigenschaften des Untergrundes und ihre Bedeutung für den mikrobiellen Schadstoffabbau <i>Dipl. Geoökol. O. Cirpka</i>	34
2.3.1 Maßgebliche Gleichungen für den Stofftransport im Grundwasser	35

2.3.2	Die Wirkung der Dispersion.....	37
2.3.3	Die Wirkung der räumlich variablen Durchlässigkeit.....	42
2.3.4	Strömung und Transport in Systemen mit mehreren mobilen Phasen...	47
2.3.5	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen.....	49
2.3.6	Notation.....	50
2.3.7	Zitate und Hinweise zu einführender Literatur.....	51
2.4	Chemische Reaktionen organischer Schadstoffe in der Umwelt <i>Dr. A. Tschsch, Prof. Dr. R. Schwarzenbach</i>	52
2.4.1	Reaktionen mit nukleophilen Spezies.....	55
2.4.2	Oxidations- und Reduktionsreaktionen.....	65
2.4.3	Schlußbemerkungen.....	75
2.4.4	Begriffe und Definitionen.....	76
2.4.5	Literatur.....	77
3	Die mikrobielle Umsetzung von Schadstoffen	79
3.1	Forschungsansätze und Methoden der Mikrobiologie <i>Dipl. Biol. C. Knorr</i>	79
3.2	Anaerober Abbau organischer Schadstoffe <i>Dr. C. Holliger, Prof. Dr. B. Schink</i>	83
3.2.1	Prinzipien des anaeroben Abbaus.....	83
3.2.2	Aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe.....	84
3.2.3	Aliphatische und aromatische halogenierte Verbindungen.....	85
3.2.4	Abbau von Ether-Verbindungen.....	87
3.2.5	Abbau von Stickstoff-Alkyl-Verbindungen.....	88
3.2.6	Schlußbemerkungen.....	89
3.2.7	Definitionen.....	89
3.2.8	Literatur.....	90
3.3	Grundlegende Aspekte des bakteriellen Abbaus von Chloraromaten <i>Prof. Dr. W. Reineke, Priv.-Doz. Dr. M. Schlömann</i>	91
3.3.1	Was kann Abbau bedeuten?.....	92
3.3.2	Wie kommt man zu den Verwertern?.....	96
3.3.3	Die Abbauwege.....	100
3.3.4	Vergleich zwischen Enzymen und Genen des Catechol- und des Chlorcatecholabbaus.....	107
3.3.5	Literatur.....	115
3.4	PAK-Abbau und Freisetzung von Metaboliten <i>Dr. D. Bryniok</i>	118
3.4.1	Abbauwege.....	119
3.4.2	Bildung und Freisetzung von Metaboliten.....	126
3.4.3	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen.....	129
3.4.4	Literatur.....	129

3.5	Plasmide für die Resistenz gegen Schwermetalle in <i>Alcaligenes eutrophus</i> <i>Dr. P. Corbisier, Dr. Q. Dong, Prof. Dr. M. Mergeay, Dr. S. Taghavi,</i> <i>Dr. D. van der Lelie</i>	131
3.5.1	Zur Biologie schwermetallresistenter Bakterien der Gattung <i>Alcaligenes</i>	131
3.5.2	Die Organisation der plasmidcodierten Schwermetallresistenz bei <i>Alcaligenes eutrophus CH34</i>	133
3.5.3	Kationenefflux und die Fällung von Schwermetallen.....	136
3.5.4	Anwendungsperspektiven für Schwermetall-Biosensoren.....	137
3.5.5	Zusammenfassung.....	138
3.5.6	Anmerkungen.....	139
3.5.7	Literatur.....	140
3.6	Notwendigkeit und Praxisrelevanz der physiologischen Charakterisierung von Biozönosen kontaminierter Standorte <i>Prof. Dr.-Ing. Dr. P. Kämpfer, Prof. Dr. W. Dott, Dr.-Ing. M. Steiof</i>	142
3.6.1	Begriffe und Konzepte der mikrobiellen Ökologie.....	142
3.6.2	Struktur und Funktion mikrobieller Lebensgemeinschaften.....	143
3.6.3	Notwendigkeit der physiologischen Charakterisierung von Standortpopulationen.....	144
3.6.4	Praxisrelevanz der physiologischen Charakterisierung von Standortpopulationen.....	146
3.6.5	Grenzen und Möglichkeiten bei der Erfassung mikrobieller Lebensgemeinschaften.....	157
3.6.6	Schlußfolgerungen.....	162
3.6.7	Literatur.....	163
3.7	Kommentar zu limitierenden Faktoren des PAK-Abbaus <i>Dr. D. Bryniok</i>	166
3.7.1	Limitierte biotische Faktoren.....	166
3.7.2	Chemische und physikalische Faktoren.....	168
3.7.3	Schlußfolgerungen.....	170
3.7.4	Literatur.....	170
3.8	Mobilität von Genen für den Abbau halogenierter Aromaten in Klärfloren <i>Dr. H.G. Rast, Dr. W. Springer</i>	171
3.8.1	Problemstellung.....	171
3.8.2	Konstruktion einer spezifischen Genprobe für die Halogenbenzol- Dioxygenase.....	173
3.8.3	Untersuchung des Gentransfers in Mischkulturen.....	174
3.8.4	Verhalten der Teststämme im Abwasser.....	178
3.8.5	Anforderungen an spezifische Gensonden.....	180
3.8.6	Zusammenfassende Diskussion des Gentransfers.....	181
3.8.7	Zusammenfassende Bewertung.....	182
3.8.8	Literatur.....	183

3.9	Die durch Plasmide vermittelte Ausbreitung von Genen aus der Perspektive der biotechnischen Sanierung <i>Prof. Dr. Max Mergeay, Dr. Eva Top, Dr. Helene de Rore, Dr. Dirk Springael, Dr. Annick Wilmotte, Dr. Roger Dijkmans, Dr. Qinghan Dong.</i>	185
3.9.1	Plasmide: allgemeine Merkmale und Klassifikation	186
3.9.2	Plasmidvermittelter Gentransfer im Überblick	188
3.9.3	Die plasmidvermittelte Ausbreitung von Genen: spezifische Eigenschaften von Plasmiden mit breitem Wirtsspektrum	189
3.9.3	Test für das Entweichen von Genen	191
3.9.4	Isolierung neuer Plasmide mit breitem Wirtsbereich	194
3.9.5	Die Ausbreitung von Genen im Zusammenhang mit der biologischen Umweltsanierung (Genaufnahmetest)	195
3.9.6	Zusammenfassung	196
3.9.7	Anmerkungen	197
3.9.8	Literatur	198
4	Rahmenbedingungen für den Einsatz umweltbiotechnischer Verfahren	199
4.1	Orientierungen durch und für interdisziplinäre und gesellschaftliche Diskussionsprozesse <i>Dipl. Biol. C. Knorr.</i>	199
4.2	Umweltbiotechnologie und Ethik? Über den Umgang mit Risiken, Verantwortung und Entscheidungsfindung <i>Dr. B. Skorupinski.</i>	201
4.2.1	Die ambivalenten Folgen des wissenschaftlich-technischen Fortschrittes als Verantwortungsproblem	201
4.2.2	Verantwortung für die bzw. in Institutionen von Wissenschaft und Technik	202
4.2.3	Die gesellschaftliche Diskussion um (technikinduzierte) Risiken	203
4.2.4	Technikfolgenabschätzung als Möglichkeit der Verantwortungswahrnehmung	206
4.2.5	Kriterien und Vorzugsregeln für eine ethisch begründete Urteilsbildung	207
4.2.6	Schlußfolgerungen	208
4.2.7	Anmerkungen	210
4.2.8	Literatur	211
4.3	Altlastensanierung, Bodenschutz und intergenerationelle Gerechtigkeit - grundsätzliche Überlegungen zur Begründung und Abwägung von Sanierungszielen <i>Rechtsref Herwig Unnerstall, M.A.</i>	213
4.3.1	Definitionen für wichtige Funktionen der Umwelt	213
4.3.2	Sanierung zum Schutz der Umwelt von Altlasten	214
4.3.3	Altlastensanierung als Flächenrecycling	216

4.3.4	Bodenschutz, intergenerationelle Gerechtigkeit und die Abwägung von Sanierungszielen.....	218
4.3.5	Exkurs: Die Definition schädlicher Bodenveränderung im Entwurf des Bundesbodenschutzgesetzes vom 18.8.1995.....	223
4.3.6	Schlußfolgerungen.....	224
4.3.7	Anmerkungen.....	225
4.3.8	Literatur.....	225
4.4	Zur Integration des mikrobiellen Schadstoffabbaus in Konzepte und Praxis der Bodensanierung <i>Dr. T. von Schell, Dipl. Biol. C. Knorr</i>	227
4.4.1	Defizite bei Standards und Qualitätssicherung für die Altlastensanierung?.....	227
4.4.2	Ansätze für ein einheitliches Vorgehen.....	229
4.4.3	Bewertungsprobleme: humantoxikologische Kriterien.....	232
4.4.4	Bewertungsprobleme: ökotoxikologische Kriterien.....	233
4.4.5	Qualitätssicherung in der Analytik.....	235
4.4.6	Auswahl von Sanierungsverfahren.....	237
4.4.7	Einsatz biotechnischer Sanierungsverfahren.....	239
4.4.8	Integration von Sanierungszielen und -maßnahmen.....	242
4.4.9	Schlußfolgerungen.....	247
4.4.10	Anmerkungen.....	249
4.4.11	Literatur.....	249
5	Erfahrungen mit Anwendungsbeispielen und Modell vor haben	255
5.1	Trends für den Einsatz von Bioreaktoren in der Umwelttechnik <i>Dr. D. Bryniok</i>	255
5.1.1	Einleitung.....	255
5.1.2	Rahmenbedingungen der biologischen Bodensanierung.....	256
5.1.3	Bodensanierung in Bioreaktoren.....	257
5.1.4	Schlußbemerkung.....	260
5.1.5	Literatur.....	260
5.2	Bioprozesse zur Entfernung von Schwermetallen aus Wasser und Boden <i>L. Diels, S. Wuertz, S. Van Roy, M. Carpels, L. Hooyberghs, D. Springael, S. Kreps, A. Ryngaert, M. Mergeay</i>	261
5.2.1	Solubilisierung von Schwermetallen.....	263
5.2.2	Desolubilisierung von Schwermetallen.....	270
5.2.3	Schwermetallresistenz und der Abbau organischer Verbindungen.....	280
5.2.4	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen.....	286
5.2.5	Literatur.....	287

5.3	Möglichkeiten und Grenzen der Mietentechnik sowie deren Einsatzmöglichkeiten in kombinierten Verfahren <i>Dr. D. Witt, Dr. G. Nagel</i>	290
5.3.1	Einleitung.....	290
5.3.2	Einsatzmöglichkeiten biologischer Sanierungsverfahren.....	291
5.3.3	Mikrobiologische Abbaustudien.....	291
5.3.4	Verwertungsmöglichkeiten des gereinigten Bodenmaterials.....	292
5.3.5	Verfahrenstechnik.....	292
5.3.6	Hinweise auf verwendete und weiterführende Literatur.....	296
5.4	Sanierungsverfahren am Modellstandort Eppelheim: Biologischer Abbau von leichtflüchtigen Schadstoffen in Wasser, Boden und Luft <i>Prof. Dr. O. Meyer, Dr. R. I. Refae, Dipl. Biol. J. Baumann, Dipl. Geol. H. von Reis, Dipl. Min. M. Langenbach, Dipl. Soz. St. Abu-Issa, Dr. J. Warreimann, Dr.-Ing. W. Kohler</i>	297
5.4.1	Einleitung.....	297
5.4.2	Ziele des Entwicklungsvorhabens.....	299
5.4.3	Verfahrensbeschreibung.....	300
5.4.4	Mikrobiologie.....	308
5.4.5	Beispiele einer Bilanzierung.....	323
5.4.6	Aussichten zu den angewandten Verfahren.....	329
5.4.7	Zusammenfassung.....	331
5.4.8	Literatur.....	333
5.5	Modellstandort Povel: Strategien zur Sanierung von Altstandorten <i>Prof. Dr. D. Schuller, Dr. H. Ludewig, Dipl. Geol. P. Rongen, Dipl. Chem. S. Berek, Dr. H. Straßer</i>	334
5.5.1	Anhang.....	350
5.6	Altlastenprobleme der Carbochemie in Nordwestsachsen: Entstehung, Ausmaß und erste Sanierungskonzepte <i>Prof. Dr. U. Stottmeister, Dr. P. Kusch, Dr.-Ing. A. Wießner, Dipl. Ing. E. Weißbrodt, Dr. G. Martius, Dr.-Ing. P. M. Becker, Dipl. Ing. F. Eismann, Dipl. Chem. H. Kotte</i>	357
5.6.1	Einleitung.....	357
5.6.2	Die Geologie des mitteldeutschen Raumes.....	358
5.6.3	Industrie im mitteldeutschen „Industriedreieck“.....	359
5.6.4	Altlasten der Carbochemie.....	359
5.6.5	Grundlegende Sanierungsstrategien.....	362
5.6.6	Fallbeispiel: Schwelwasserdeponie.....	364
5.6.7	Abschließende Bemerkungen.....	374
5.6.8	Literatur.....	374

6	Beiträge zur Diskussion sanierungsrelevanter Standardisierungen.....	376
6.1	Bestimmung des Gesamtkohlenwasserstoffgehaltes von Bodenproben: Kritische Interpretation der Analysenresultate im Hinblick auf die Altlastenbewertung und -Sanierung <i>Dr. R. Scholtz, Dr. R. Gälli, Dr. F. Bühler und Dr. U. Erler.....</i>	376
6.1.1	Richtlinien und Normen für die Analyse von Mineralölverunreinigungen.....	376
6.1.2	Material und Methoden.....	377
6.1.3	Ergebnisse vergleichender Kohlenwasserstoffbestimmungen.....	378
6.1.4	Probleme der Anwendung verschiedener Extraktions- und Analysenmethoden.....	381
6.1.5	Empfehlungen zur Standardisierung.....	383
6.1.6	Literatur.....	384
6.2	Biotoxizitätstests - Kommentar zur Anwendung in der Altlastenerkundung <i>Dr. B. Eichler.....</i>	385
6.2.1	Anwendungsbereiche.....	385
6.2.2	Fallbeispiele.....	386
6.2.3	Zusammenfassung.....	388
6.3	Einfache ökotoxikologische Untersuchungen zur Charakterisierung der Umweltbelastung - Annäherungen an eine In-situ-Umweltmeßtechnik <i>Dr. rer. nat. D. Frahne, Dipl.-Ing. (FH) Th. Blum, Dr. rer. nat. D. Fischer, Dipl.-Ing. (FH) Ch. Huege, Dr. rer. nat. B. Kuttler, Dipl.-Ing. (FH) Th. Schlegel und Dipl.-Ing (FH) C. Schmidt.....</i>	389
6.3.1	Vorüberlegungen zur Erprobung biologischer Testverfahren.....	389
6.3.2	Vergleichende Ergebnisübersicht.....	390
6.3.3	Bewertung des Kressewurzeltestes [Lüssem und Rahmann, 1980].....	393
6.3.4	Bewertung des Biolumineszenztestes [Normenausschuß Wasserwesen, 1991].....	393
6.3.5	Bewertung des Daphnientestes [OECD, 1992].....	396
6.3.6	Die ökotoxikologischen Tests im Vergleich.....	399
6.3.7	Ermutigende Perspektiven für die Vor-Ort-Analytik.....	399
6.3.8	Literatur.....	400
6.4	Die Niederländische Liste <i>Prof. Dr. D. Schuller.....</i>	401
6.4.1	Zur Beurteilung von Belastungssituationen anhand von Richtwerten und Listen.....	401
6.4.2	Literatur.....	408
6.5	Arbeitsschutzaspekte der Altlastensanierung und der Umwelt- biotechnologie <i>Dipl. Biol. C. Knorr.....</i>	409
6.5.1	Gefährdungspotentiale im Überblick.....	410

6.5.2	Beispiele für Regelungen und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen.....	411
6.5.3	Relevante biologische Arbeitsstoffe.....	414
6.5.4	Generelle Kontaktmöglichkeiten mit biologischen Agentien bei Sanierungsarbeiten.....	418
6.5.5	Expositionspotentiale am Beispiel einer mobilen Bodenwaschanlage.....	419
6.5.6	Beispiele für erhöhte Konzentrationen biologischer Arbeitsstoffe bei biotechnischen Reinigungsverfahren.....	422
6.5.7	Einsatz von Spezialkulturen in der Umweltbiotechnologie.....	427
6.5.8	Schlußbewertung.....	430
6.5.9	Anmerkungen.....	432
6.5.10	Literatur.....	433
7	Anhang.....	435
7.1	Beispiele für Organisationsstruktur und Ausrichtung bei Modellvorhaben und Forschungsinstitutionen.....	435
7.1.1	Organisation der Sanierung Povel/Nordhorn [1].....	435
7.1.2	Altlastenerhebung und Modellstandortprogramm in Baden-Württemberg [2].....	437
7.1.3	Das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ) [3].....	440
7.1.4	Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung VEGAS, Stuttgart [4].....	441
7.1.5	Anmerkungen.....	443
	Selbstdarstellung der Autorinnen und Autoren sowie einzelner Institutionen.....	444
	Index.....	454