

---

Johannes C.G. Ottow

# Mikrobiologie von Böden

Biodiversität, Ökophysiologie  
und Metagenomik

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Böden als Lebensräume</b>	<b>1</b>
1.1	Faktoren der Besiedlungsdichte des Edaphons	1
1.2	Porosphäre: bevorzugter Lebensraum von Mikroorganismen	9
1.3	Protozoen und Nematoden: Jäger von Prokaryoten und Pilzen im Porenraum	13
1.4	Bedeutung der organischen Substanz für Porung und Wasserkapazität	17
1.5	Dynamik im Jahresverlauf	18
1.6	Verteilung und Dichte der mikrobiellen Biomasse im Bodenprofil	19
1.7	Bodenleben ist ein Hungerleben	23
1.8	Autochthone und zymogene Mikroorganismen	25
	Literatur	27
<b>2</b>	<b>Funktionen und Quantifizierung der mikrobiellen Biomasse in Böden</b>	<b>29</b>
2.1	Funktionen der mikrobiellen Biomasse	29
2.2	Methoden zur quantitativen Erfassung der mikrobiellen Biomasse	32
2.2.1	Direkte Quantifizierungen	32
2.2.2	Indirekte Quantifizierung	34
2.2.3	Bewährte indirekte Routinemethoden	35
2.3	Indikatorfunktionen von $C_{mic}/C_{org}$ und metabolischem Quotient	41
2.4	Umfang der mikrobiellen Biomasse in Böden	43
2.5	Umsatzrate und -zeit der mikrobiellen Biomasse	46
2.6	Jährlicher Nährstofffluss durch die mikrobielle Biomasse	47
2.7	Einfluss der Bodenbewirtschaftung auf den C/N-Quotient der MB	48
2.8	Bedeutung des C/N-Quotienten der MB für Stickstoffbedarf und -mineralisierung	49
	Literatur	51
<b>3</b>	<b>Ökophysiologie der Bodenbakterien und -pilze</b>	<b>55</b>
3.1	Wege der Energiekonservierung	55
3.2	Anaerobe Atmungen, bewährte Strategien ökophysiologischer Flexibilität	59
3.3	Voraussetzungen und Folgen anaerober Atmungen	62
3.4	Oxygenasen, Schlüssel zur Mineralisation relativ persistenter Verbindungen	63

3.5	Monooxygenasen . . . . .	66
3.6	Aren-Dioxygenasen . . . . .	67
3.7	Konvergente Abbauewege über Brenzcatechin oder Protocatechuat . . .	69
3.8	Humuszehrung, Hypothese der aeroben Mineralisation von Huminstoffen . . . . .	72
3.9	Mineralisation von Aromaten mit anorganischen Elektronen-Akzeptoren . . . . .	74
3.10	Ökophysiologie des Benzolabbaus mit Nitrat als Elektronen-Akzeptor	76
	Literatur . . . . .	78
<b>4</b>	<b>Die genetische und funktionelle Diversität von Böden . . . . .</b>	<b>81</b>
4.1	Böden, Mosaik von Mikronischen hoher genetischer Diversität . . .	81
4.2	Biodiversität und funktionelle Diversität . . . . .	82
4.3	Belastbarkeit, Elastizität und multiple Funktionalität von Böden . . . .	85
4.4	Methodische Charakterisierung der mikrobiellen Diversität . . . . .	86
4.4.1	Diversitätsindex und <i>Ribotyping</i> . . . . .	86
4.4.2	Phospholipidfettsäure-(PLFA-) oder Fettsäuremethylester-(FAME-)Profile . . . . .	88
4.5	Charakterisierung der funktionellen Diversität von Böden . . . . .	91
4.5.1	Substratverwertungsspektren (SVS) . . . . .	91
4.5.2	Substrat-Verwertungs-Diversitäts-Index . . . . .	92
4.5.3	Populations- und Aktivitätsbestimmungen . . . . .	93
4.5.4	mRNA als Parameter für die aktuelle funktionelle Aktivität . . . . .	93
4.6	Die unbekannte nichtkultivierbare Mehrheit an Bakterien . . . . .	94
4.7	Die kultivierbare Minderheit an Bodenbakterien oder die Spitze des Eisberges . . . . .	96
4.8	Metagenomik der mikrobiellen Diversität . . . . .	101
4.8.1	Prinzip der DNA-Extraktions- und Reinigungsmethoden . . . . .	102
4.8.2	Effizienz der Extraktions- und Reinigungsverfahren . . . . .	102
4.9	Parameter zur Charakterisierung der genetischen Diversität . . . . .	104
4.9.1	Guanin- plus Cytosingehalt . . . . .	104
4.9.2	Renaturierungskinetik zur Charakterisierung der Genomdiversität . . .	107
4.10	Abschätzung der globalen Artenvielfalt an Bakterien . . . . .	108
4.11	Metagenomische Analysen extrahierter DNA: <i>Community fingerprinting</i> . . . . .	109
4.12	Herstellung von DNA-Banken durch Klonierung von DNA-Extrakten	113
4.13	Fluoreszenz- <i>in-situ</i> -Hybridisierung: FISHen nach unbekannten Bakterien . . . . .	115
	Literatur . . . . .	118
<b>5</b>	<b>Horizontaler Gentransfer: Sex in Böden? . . . . .</b>	<b>123</b>
5.1	Die Stabilität von Prokaryotenarten . . . . .	123
5.2	Bedeutung und Mechanismen des horizontalen Gentransfers . . . . .	125
5.3	Natürliche Transformation . . . . .	126
5.3.1	Transformationsarten . . . . .	126
5.3.2	Die Entwicklungsphasen der Transformation . . . . .	126
5.3.3	Ökologische Bedingungen in Böden . . . . .	128
5.4	Künstliche Herstellung transgener Zellen . . . . .	129
5.5	Konjugation . . . . .	129

5.5.1	Funktionen der Plasmide . . . . .	131
5.5.2	Bedeutung in Böden . . . . .	133
5.5.3	Ökologische Bedingungen der Konjugation . . . . .	135
5.6	Transduktion . . . . .	137
5.6.1	Bedeutung in Böden . . . . .	138
5.7	Freisetzung und Risiken gentechnisch veränderter Organismen . . . . .	139
5.7.1	Was sind gentechnisch veränderte Organismen? . . . . .	139
5.7.2	Gesetzliche Regelung zur Freisetzung genetisch veränderter (Mikro-)Organismen . . . . .	140
5.8	Schicksal der GVM in Böden und Rhizosphären . . . . .	141
5.8.1	Überleben und Verbreitung . . . . .	141
5.8.2	Vermehrung und Verteilung . . . . .	144
5.8.3	Wahrscheinlichkeit des Gentransfers . . . . .	145
5.9	Risiken transgener Kulturpflanzen . . . . .	145
5.9.1	HGT von transgenen Pflanzen auf Bodenorganismen . . . . .	146
5.9.2	Nebenwirkungen von transgenen Pflanzen auf Bodenorganismen . . . . .	148
5.9.3	Nebenwirkung von Gp- und Gf-resistenten Transformanten . . . . .	149
5.9.4	Einfluss von Bt-Mais und Bt-Baumwolle auf Bodenorganismen . . . . .	149
	Literatur . . . . .	153
<b>6</b>	<b>Diversität und Merkmale kultivierbarer Bakterien in Böden . . . . .</b>	<b>157</b>
6.1	Taxonomie und Eigenschaften der häufigsten Bodenbakterien . . . . .	157
6.2	Phylum <i>Actinobacteria</i> : coryneforme Bakterien und Aktinomyceten . . . . .	159
6.2.1	Die coryneformen Bakterien . . . . .	159
6.2.2	Die Aktinomyceten . . . . .	161
6.3	Phylum <i>Firmicutes</i> , r-Strategen unter den Bodenbakterien . . . . .	166
6.3.1	Klasse der Bacilli . . . . .	167
6.3.2	Klasse der <i>Clostridia</i> . . . . .	169
6.4	Phylum der gramnegativen <i>Proteobacteria</i> . . . . .	172
6.4.1	<i>Alphaproteobacteria</i> . . . . .	173
6.4.2	<i>Betaproteobacteria</i> . . . . .	176
6.4.3	<i>Gammaproteobacteria</i> . . . . .	179
6.4.4	<i>Deltaproteobacteria</i> . . . . .	184
6.4.5	<i>Epsilonproteobacteria</i> . . . . .	189
6.5	Phylum <i>Bacteroidetes</i> . . . . .	189
6.5.1	<i>Flavobacterium</i> spp. ( <i>Flavobacteriaceae</i> ) . . . . .	189
6.5.2	<i>Cytophaga</i> , <i>Sporocytophaga</i> , <i>Flexibacter</i> und <i>Flexithrix</i> ( <i>Sphingobacteriaceae</i> ) . . . . .	189
6.5.3	<i>Crenothrix</i> und <i>Toxothrix</i> : Vertreter klassischer Eisenbakterien . . . . .	190
	Literatur . . . . .	190
<b>7</b>	<b>Diversität der nichtkultivierbaren Mehrheit: neue Phyla von Prokaryoten in Böden . . . . .</b>	<b>193</b>
7.1	Die großen Unbekannten unter den <i>Bacteria</i> und <i>Archaea</i> . . . . .	193
7.2	Die taxonomische Zugehörigkeit der unbekanntten Mehrheit . . . . .	195
7.3	Phylum der <i>Acidobacteria</i> . . . . .	196
7.4	Phylum der <i>Verrucomicrobia</i> . . . . .	197
7.5	Phylum der <i>Planctomycetes</i> . . . . .	197

7.6	Nichtkultivierbare <i>Archaea</i> in Böden? . . . . .	198
	Literatur . . . . .	199
<b>8</b>	<b>Diversität und Funktionen von Pilzen in Böden</b> . . . . .	<b>201</b>
8.1	Bedeutung und Diversität von Pilzen . . . . .	201
8.2	Natürliche und künstliche Taxonomie . . . . .	203
8.3	Evolution . . . . .	204
8.4	Wie viele Pilzarten gibt es? . . . . .	207
8.5	Anreicherung, Isolierung und Quantifizierung . . . . .	208
8.6	Ökophysiologie von Bodenpilzen . . . . .	209
8.7	Ribosomale Gene als Marker . . . . .	210
8.8	Primer-Wahl . . . . .	211
8.9	Polyphasische Charakterisierung neuer Isolate . . . . .	212
8.10	Funktionen der Pilztaxa in Böden . . . . .	213
8.10.1	<i>Myxomycota</i> (Schleimpilze) . . . . .	213
8.10.2	<i>Chytridiomycota</i> (Töpfchen- oder Flagellatenpilze) . . . . .	214
8.10.3	<i>Mucoromycotina</i> (Joch- oder Zygosporienpilze) . . . . .	215
8.10.4	<i>Ascomycota</i> (Schlauchpilze, <i>sac fungi</i> ) . . . . .	216
8.11	<i>Basidiomycota</i> (Basidienpilze) . . . . .	223
8.11.1	Bedeutung als Saprophyten und Mykorrhizapilze . . . . .	223
8.11.2	Charakteristische Eigenschaften . . . . .	224
8.11.3	Künstliche und phylogenetische Taxonomie . . . . .	224
8.11.4	<i>Agaricomycotina</i> : Hauptersetzer von Lignocellulose . . . . .	225
8.11.5	Braun-, Weiß- und Moderfäule . . . . .	226
8.11.6	<i>Fungi Imperfecti</i> (Deuteromyceten) und <i>Mycelia sterilia</i> . . . . .	228
8.12	Sex, nein danke, wir Anamorphen machen es anders . . . . .	231
	Literatur . . . . .	233
<b>9</b>	<b><i>Quorum sensing</i>, die Koordinationssprache der Mikroorganismen in Böden</b> . . . . .	<b>237</b>
9.1	Die Kommunikation von Prokaryoten und Hefen mit Botenstoffen . . . . .	237
9.2	Botenstofffunktionen . . . . .	238
9.3	Chemie der Signalmoleküle . . . . .	239
9.4	<i>Global sensing</i> und AHL-induzierte Resistenz . . . . .	240
9.5	QS in der Rhizosphäre . . . . .	242
9.6	QS bei der Knöllchenbildung durch Rhizobien . . . . .	243
9.7	Mineralisation und Halbwertszeit von AHL . . . . .	244
	Literatur . . . . .	245
<b>10</b>	<b>Mikrobiologie und Biochemie des Kohlenstoffkreislaufes</b> . . . . .	<b>247</b>
10.1	Oxygene Photosynthese, Regulativ des globalen Kohlenstoffkreislaufes . . . . .	247
10.2	Klimawandel durch den atmosphärischen CO <sub>2</sub> -Anstieg? . . . . .	249
10.3	Vernachlässigte Wechselwirkungen und Rückkopplungseffekte . . . . .	251
10.4	Sequenz der Abbauprozesse . . . . .	252
10.5	Bodenatmung . . . . .	254
10.6	Basalatmung . . . . .	257
10.7	Wurzelatmung . . . . .	257
10.8	Quantifizierung des respiratorischen Quotienten . . . . .	258

10.9	Kinetik der Kohlenstoffmineralisation . . . . .	259
10.10	Mineralisationskinetik unterschiedlicher Stoffgruppen . . . . .	260
10.11	Abbau von Polyosen und Glucanen . . . . .	262
10.11.1	Hydrolyse von Hemicellulosen . . . . .	262
10.11.2	Aufbau und Funktionen der Cellulose . . . . .	263
10.11.3	Cellulasen und das Cellulosom . . . . .	264
10.11.4	Biochemie der Cellulolyse . . . . .	267
10.11.5	Cellulolytische Mikroorganismen . . . . .	268
10.12	Ligninabbau . . . . .	270
10.12.1	Aufbau und Eigenschaften von Lignin . . . . .	270
10.12.2	Ligninabbau, ein aerober unspezifischer Radikalmechanismus . . . . .	271
10.12.3	Huminstoffbildung, Nebenprodukt der Delignifizierung . . . . .	273
	Literatur . . . . .	275
<b>11</b>	<b>Biochemie, Eigenschaften und Funktionen des Humuskörpers . . . . .</b>	<b>277</b>
11.1	Humus und Humifizierung . . . . .	277
11.2	Hypothesen der Huminstoffsynthese . . . . .	278
11.3	Chemische und biochemische Grundmechanismen der Humifizierung . . . . .	279
11.4	Voraussetzungen und Bedingungen der nucleophilen Addition . . . . .	281
11.5	Voraussetzungen und Merkmale der Humifizierung . . . . .	282
11.6	Eigenschaften und funktionelle Gruppen von Huminsäuren . . . . .	283
11.7	Funktionen und Eigenschaften des Humuskörpers . . . . .	285
11.8	Chemischer und struktureller Aufbau von Huminsäuren . . . . .	288
11.9	Stickstoff-Bindungsformen in HS und ihre Mineralisierbarkeit . . . . .	290
11.10	Herkunft von D-Aminosäuren im Humuskörper . . . . .	291
11.11	Warum sind bestimmte Oberböden dunkelbraun bis schwarz gefärbt? . . . . .	292
	Literatur . . . . .	294
<b>12</b>	<b>Mikrobiologie und Ökophysiologie des Stickstoffkreislaufs . . . . .</b>	<b>297</b>
12.1	Der globale Stickstoffkreislauf . . . . .	297
12.2	Kinetik der N-Mineralisation . . . . .	298
12.3	Proteolyse und Ammonifikation . . . . .	300
12.3.1	Mikroorganismen und ökologische Bedingungen der Ammonifikation . . . . .	301
12.4	Nitrifikation . . . . .	301
12.4.1	Kinetik der Nitrifikation . . . . .	301
12.4.2	Biochemie der chemolithoautotrophen Ammoniumoxidation (Nitritation) . . . . .	302
12.4.3	Biochemie der chemolithoautotrophen Nitritoxidation (Nitratation) . . . . .	304
12.4.4	Ökophysiologie der Nitrifikation . . . . .	304
12.4.5	Nitrifikationsinhibitoren . . . . .	306
12.5	Nitrifizierende Organismen . . . . .	308
12.5.1	Die chemolithoautotrophen Nitrifikanten . . . . .	308
12.5.2	Chemolithoautotrophe Nitrifikanten der <i>Archaea</i> . . . . .	309
12.5.3	Heterotrophe Nitrifikation . . . . .	310
12.5.4	Methanotrophe Nitritation . . . . .	310
12.6	Nitratatmung (dissimilatorische Nitratreduktion) . . . . .	311
12.6.1	Denitrifikation . . . . .	311
12.7	Nitrifikations-Denitrifikation . . . . .	323
12.8	Nitratammonifikation . . . . .	324

12.9	Die anaerobe Ammoniumoxidation . . . . .	324
12.10	Quellen der N <sub>2</sub> O-Freisetzung aus Böden . . . . .	325
	Literatur . . . . .	327
<b>13</b>	<b>Die mikrobiologische N<sub>2</sub>-Fixierung (Diazotrophie) in Böden und Rhizosphäre . . . . .</b>	<b>333</b>
13.1	Ökophysiologie des Nitrogenase-Komplexes . . . . .	333
13.2	Formen der biologischen N <sub>2</sub> -Bindung in Böden . . . . .	335
13.3	Ausmaß der globalen N <sub>2</sub> -Bindung: Bedeutung der Rhizobien . . . . .	335
13.4	Ökophysiologie des Nitrogenase-Komplexes . . . . .	336
13.5	Autregulation des Nitrogenase-Komplexes . . . . .	337
13.6	Wie kann die N <sub>2</sub> -Bindung im Feld quantifiziert werden? . . . . .	339
13.7	Die N <sub>2</sub> -Bindung durch freilebende Bakterien . . . . .	341
13.8	Die assoziative N <sub>2</sub> -Bindung . . . . .	344
13.9	Symbiotische Stickstoffbindung bei Leguminosen . . . . .	346
13.9.1	Vielfalt und Bedeutung der Leguminosen . . . . .	346
13.9.2	Taxonomie und Wirtspflanzen der Rhizobien . . . . .	347
13.9.3	Genetik der Wurzelknöllchenbildung und N <sub>2</sub> -Bindung . . . . .	349
13.9.4	Infektionsvorgang, Nodulation und Wirtsspezifität . . . . .	351
13.9.5	Wann ist eine Saatgutimpfung notwendig? . . . . .	353
13.10	Gründüngung . . . . .	354
13.10.1	Gründüngung mit stängelknöllchenbildenden Leguminosen . . . . .	355
13.10.2	Gründüngung mit einer Symbiose aus <i>Azolla</i> und <i>Anabaena azollae</i> . . . . .	359
13.11	Aktinorhiza: Symbiosen zwischen Pionierpflanzen und <i>Frankia</i> . . . . .	361
	Literatur . . . . .	363
<b>14</b>	<b>Mikrobiologie und Ökophysiologie des Mangan- und Eisenkreislaufs . . . . .</b>	<b>367</b>
14.1	Kreislauf des Eisens und Mangans in Böden . . . . .	367
14.2	Eigenschaften amorpher und kristalliner Fe(III)-(Hydr)Oxide . . . . .	368
14.3	Fe(III)-Chelate . . . . .	369
14.4	Mikrobielle Reduktion von Fe(III)-(Hydr)Oxiden . . . . .	370
14.4.1	Eisenreduktion, ein chemischer Prozess? . . . . .	370
14.4.2	Bedeutung der mikrobiellen Eisenreduktion . . . . .	373
14.4.3	Ökophysiologische Sukzession der mikrobiellen Redoxprozesse . . . . .	374
14.4.4	Energiekonservierung mit Fe(III)-(Hydr)Oxiden als Elektronen-Akzeptor . . . . .	377
14.5	Phylogenetische Taxonomie eisenreduzierender Mikroorganismen . . . . .	379
14.6	Merkmale der bakteriellen Fe(III)-Reduktion in Böden . . . . .	385
14.6.1	Reduktion von amorphen und kristallinen Fe(III)-(Hydr)Oxiden . . . . .	385
14.6.2	Einfluss der Partikelgröße auf das Ausmaß der bakteriellen Eisenreduktion . . . . .	388
14.6.3	Vergleyung, Nassbleichung und Ferrolyse . . . . .	388
14.7	Hypothesen zum Mechanismus der bakteriellen Eisenreduktion . . . . .	390
14.7.1	Eisenreduktion mittels direkten Kontaktes . . . . .	391
14.7.2	Indirekte Fe(III)-Reduktion mittels extrazellulärer Elektronen-Mediatoren . . . . .	393
14.8	Eisen(II)-Oxidation und Eisenpräzipitation . . . . .	394
14.8.1	Acidophile, aerobe chemolithoautotrophe Eisenbakterien . . . . .	394

14.8.2	Fe(II)-Oxidation unter etwa pH-neutralen Bedingungen . . . . .	396
14.8.3	Verkrustung und Vererzung durch aerobe heterotrophe Eisenpräzipitation . . . . .	396
14.8.4	Anaerobe mikrobielle Fe(II)-Oxidation und Ferrihydritbildung . . . . .	397
	Literatur . . . . .	398
<b>15</b>	<b>Mikrobiologie und Ökophysiologie des Methan-Kreislaufs . . . . .</b>	<b>403</b>
15.1	Bedeutung des Methans . . . . .	403
15.2	Methanogenese . . . . .	404
15.3	Methanogenese, eine anaerobe Atmung? . . . . .	407
15.4	Methanotrophe Bakterien . . . . .	408
15.5	Dissimilation und Assimilation von Methan . . . . .	410
15.6	Beeinflussung der Methan-Senkenfunktion von Böden . . . . .	411
15.7	Die Reispflanze als „Conduit“ der Methanemissionen . . . . .	413
15.8	Faktoren der Methanbildung in Nassreisböden . . . . .	414
	Literatur . . . . .	415
<b>16</b>	<b>Bedeutung der Mikroorganismen und organischen Substanz für die Bodenfruchtbarkeit . . . . .</b>	<b>417</b>
16.1	Was ist Bodenfruchtbarkeit? . . . . .	417
16.2	Welche Bodeneigenschaften bestimmen die Bodenfruchtbarkeit? . . . . .	419
16.3	Indikatoren für Bodenqualität und Produktivität . . . . .	421
16.4	Auswahl und Bewertung biologischer Indikatoren . . . . .	422
16.5	Funktionen und Bedeutung der organischen Bodensubstanz . . . . .	425
	Literatur . . . . .	428
<b>17</b>	<b>Physiko-Chemie und Mikrobiologie der Rhizosphäre . . . . .</b>	<b>431</b>
17.1	Rhizosphäre und Rhizoplane . . . . .	431
17.2	Physikalische Wirkungen . . . . .	433
17.2.1	Wurzelwachstum und Interzeption . . . . .	433
17.2.2	P-Interzeption durch Emissionshyphen . . . . .	435
17.3	Chemische Wirkungen . . . . .	436
17.3.1	Rhizodeposition und Exsudation . . . . .	436
17.3.2	Anreicherung und Verarmung der Rhizosphäre an Nährstoffen . . . . .	439
17.3.3	Wurzelexsudate als Mediatoren der P-Aufnahme . . . . .	440
17.3.4	Einfluss von Kationen- und Anionenaufnahme auf Rhizosphären-pH und P-Mobilisierung . . . . .	441
17.4	Mikrobielle Wirkungen . . . . .	442
17.4.1	Spezifische Anreicherung durch Rhizosphären-Kompetenz . . . . .	442
17.4.2	Quantifizierung der mikrobiellen Anreicherung . . . . .	444
17.4.3	Qualitative Zusammensetzung der Rhizobakterien . . . . .	447
17.5	<i>Plant growth promoting rhizobacteria</i> (PGPR) . . . . .	448
17.5.1	Nachweis der Wirksamkeit als Antagonisten . . . . .	449
17.5.2	Direkte und indirekte Mechanismen . . . . .	450
	Literatur . . . . .	452
<b>18</b>	<b>Fußpilze der Pflanzen: Mykorrhizae . . . . .</b>	<b>455</b>
18.1	Mykorrhizae, die wichtigsten Symbiosen von Pilzen . . . . .	455
18.2	Mykorrhizaklassen . . . . .	456

---

18.3	Funktionen und Leistungen der Mykorrhizae . . . . .	457
18.3.1	Leistungen des Pilzes in der Symbiose . . . . .	458
18.3.2	Leistungen der Pflanze für den Mykorrhizapilz . . . . .	459
18.4	Verbreitung der Mykorrhizierung unter Gefäßpflanzen . . . . .	460
18.5	Ektomykorrhiza . . . . .	461
18.5.1	Merkmale der Ektomykorrhiza . . . . .	461
18.6	Ektendomykorrhiza . . . . .	463
18.7	Endomykorrhiza . . . . .	463
18.7.1	Merkmale der Endomykorrhiza . . . . .	463
18.7.2	Die AM-Pilze . . . . .	465
18.7.3	Dichte und Diversität an Sporen . . . . .	466
18.7.4	Sporenkeimung durch Strigolactone . . . . .	467
18.7.5	Ertragssteigerungen durch Bodeninokulation mit spezifischen AM-Pilzen? . . . . .	467
18.8	Orchideoide Mykorrhiza – verkehrte Welt . . . . .	469
18.9	Ericoide Mykorrhiza . . . . .	470
18.10	Arbutoide Mykorrhiza . . . . .	471
18.11	Monotropoide Mykorrhiza . . . . .	471
	Literatur . . . . .	472
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>475</b>