

Inhaltsverzeichnis

1	Wirkungen von Immissionen auf Pflanzen und Biozönosen	1
1.1	Stickstoffoxide	1
	(R. GUDERIAN und R. MANDERSCHIED)	
1.1.1	Einleitung	1
1.1.2	Wirkungsmechanismen	3
1.1.2.1	Aufnahme der Stickstoffoxide durch die Pflanzen . .	3
1.1.2.2	Metabolisierung der Stickstoffoxide in der Pflanze .	5
1.1.2.3	Phytotoxische Wirkungen	9
1.1.2.3.1	NO _x -Toxizitätsmechanismen in der Pflanze	9
1.1.2.3.2	Ursachen der inter- und intraspezifischen NO _x -Resistenz	10
1.1.2.4	Auswirkungen von Stickstoffoxiden auf Physiologie und Biochemie der Pflanze	12
1.1.2.5	NO als stoffwechselregulatorischer Metabolit	13
1.1.3	Dosis-Wirkung-Beziehungen und Richtwerte	13
1.1.4	Ökotoxikologische Relevanz von NO _x -Immissionen .	21
1.1.5	Literatur	23
1.2	Ammoniak	27
	(A. FANGMEIER und H.-J. JÄGER)	
1.2.1	Einleitung	27
1.2.2	Aufnahme und Abgabe von Ammoniak	27
1.2.3	Assimilation von Ammoniak	31
1.2.4	Toxizität von Ammoniak	32
1.2.5	Düngender Effekt von Ammoniak	34
1.2.6	Sekundäre Effekte	35
1.2.7	Interaktion mit anderen Spurengasen	36
1.2.8	„Critical levels“ für NH ₃	37
1.2.9	Literatur	38

1.3	Wirkungen von Stickstoffdepositionen auf terrestrische Ökosysteme	40
	(L.J.M. VAN DER EERDEN, H.-J. JÄGER und A. FANGMEIER)	
1.3.1	Einleitung	40
1.3.2	Wirkungen auf Böden, Vegetation und Fauna	43
1.3.2.1	Wirkungen auf Böden	43
1.3.2.2	Wirkungen auf die Vegetation	44
1.3.2.3	Wirkungen auf die Fauna	46
1.3.2.4	Stickstoffsättigung	47
1.3.3	Fallbeispiele: Wirkungen von Stickstoffdepositionen auf Wälder, Heiden und Halbtrockenrasen	49
1.3.3.1	Wälder	49
1.3.3.2	Heiden	53
1.3.3.3	Halbtrockenrasen	54
1.3.4	„Critical levels“ und „critical loads“	55
1.3.5	Diskussion und Folgerungen	57
1.3.6	Literatur	61
1.4	Fluoride	63
	(G. HALBWACHS, C. NEMETZ und W. KRONBERGER)	
1.4.1	Vorkommen	63
1.4.2	Aufnahme, Translokation, Abgabe	64
1.4.3	Wirkungen	67
1.4.3.1	Auswirkungen auf Anatomie, Histologie und Struktur	68
1.4.3.2	Auswirkungen auf Biochemie und Physiologie	69
1.4.3.3	Auswirkungen auf Organ- und Organismusebene	71
1.4.3.4	Auswirkungen auf Ertrag und Qualität	72
1.4.3.5	Auswirkungen auf ökosystemarer Ebene	74
1.4.4	Dosis-Wirkung-Beziehungen	76
1.4.5	Literatur	78
1.5	Belastungspfade der Vegetation durch polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und polychlorierte Dibenzofurane	82
	(M. McLACHLAN und G.H.M. KRAUSE)	
1.5.1	Einführung	82
1.5.2	Pfad Boden → Pflanze	86
1.5.2.1	Aufnahme von PCDD/F über die Wurzeln	86
1.5.2.2	Ausgasung aus dem Boden und anschließende gasförmige Deposition	88
1.5.2.3	Transport auf Bodenpartikeln	89
1.5.3	Pfad Luft → Pflanze	89

1.5.3.1	Gasförmige Deposition	90
1.5.3.2	Partikel-gebundene Deposition	93
1.5.4	Beziehungen zur Beschreibung der Pflanzenaufnahme	94
1.5.5	Toxikologische Relevanz der PCDD/F-Anreicherung in Pflanzen	96
1.5.6	Literatur	97
1.6	Schwermetalle	101
	(H.J. WEIGEL UND H.M. HELAL)	
1.6.1	Einführung	101
1.6.2	Eintragspfade und Aufnahme in die Pflanze	104
1.6.2.1	Quellen, Einträge und Belastungspfade	104
1.6.2.2	Schwermetallaufnahme in die Pflanze	108
1.6.3	Verlagerung und Bindung innerhalb der Pflanze	113
1.6.3.1	Transport und Transportformen innerhalb der Pflanze	113
1.6.3.2	Organspezifische Verteilung	114
1.6.3.3	Subzelluläre Verteilung und Bindungsformen	119
1.6.4	Schwermetallüberschußwirkungen auf Pflanzen	121
1.6.4.1	Wirkungskategorien und Konzentration-Effekt- Beziehungen	121
1.6.4.2	Beeinträchtigung des Stoffwechsels	124
1.6.4.3	Wirkungen auf Symptomatik, Nährstoffhaushalt und Wachstumsparameter	135
1.6.4.4	Kombinationswirkungen verschiedener Schwermetalle	138
1.6.4.5	Wechselwirkungen von Schwermetallen mit weiteren Schadstoffen	140
1.6.4.6	Zusammenfassende Wertung	141
1.6.5	Literatur	142
1.7	Konzentrationen und Wirkungen von Radionukliden in Böden und Pflanzen	149
	(H.G. PARETZKE)	
1.7.1	Eigenschaften und Ursprung der Radionuklide in Böden und Pflanzen	151
1.7.1.1	Radioaktivität	151
1.7.1.2	Ionisierende Strahlung	152
1.7.1.3	Primordiale Radionuklide	153
1.7.1.4	Kosmogene Radionuklide	153
1.7.1.5	Anthropogene Radionuklide	155
1.7.2	Konzentrationen von Radionukliden in Böden	156
1.7.2.1	Natürliche Radionuklide	158
1.7.2.2	Anthropogene Radionuklide	159
1.7.3	Konzentrationen von Radionukliden in Pflanzen	159

1.7.3.1	Natürliche Radionuklide	160
1.7.3.2	Anthropogene Radionuklide	160
1.7.4	Wirkung von Radionukliden in Böden	163
1.7.4.1	Radonemanation	163
1.7.4.2	Externe Strahlung	164
1.7.4.3	Radionuklide in Bodenschätzen	165
1.7.4.4	Erdwärme, Radiometrie und Datierung	166
1.7.5	Wirkungen von Radionukliden auf Pflanze, Mensch und Tier	167
1.7.5.1	Wirkungen auf Pflanzen	167
1.7.5.2	Wirkungen auf Mensch und Tier	170
1.7.6	Literatur	172
2	Änderungen in der Atmosphäre in ihren Auswirkungen auf die Vegetation	175
2.1	Auswirkungen klimatischer und luftchemischer Faktoren auf die Geschichte der Vegetation (B. FRENZEL)	175
2.1.1	Einführung	175
2.1.2	Methodologische Probleme	179
2.1.2.1	Die Datierung	179
2.1.2.2	Rekonstruktion der Ökosysteme	181
2.1.2.3	Rekonstruktion der ehemaligen Bioproduktion	183
2.1.2.4	Rekonstruktion des menschlichen Eingriffs	184
2.1.2.5	Bestimmung luftchemischer Veränderungen	185
2.1.2.6	Schlußfolgerungen	187
2.1.3	Wechselwirkungen klimatischer, luftchemischer und biotischer Prozesse während des letzten klimatischen Großzyklus	188
2.1.3.1	Grundzüge der globalen Vegetations- und Klimageschichte	188
2.1.3.2	Beziehungen zwischen Klima, Biosphäre und Atmosphärenchemie im Ablauf der Zeit	202
2.1.4	Zusammenfassende Bewertung	209
2.1.5	Literatur	210
2.2	Mögliche Auswirkungen eines vom Menschen beeinflussten Klimas auf terrestrische Ökosysteme (W. CRAMER)	224
2.2.1	Einführung	224
2.2.2	Klimawirkungen auf Wachstum und Produktivität von Pflanzen	227

2.2.2.1	Physiologische Mechanismen	227
2.2.2.2	Änderung der Produktivität von Kulturpflanzen . .	234
2.2.2.3	Änderung der Produktivität und Kohlenstoffspeicherung der Biosphäre	235
2.2.3	Änderungen von Vegetationsstruktur und Vegetationsverteilung durch Klimaänderungen . . .	236
2.2.3.1	Der Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und Vegetationsstruktur	236
2.2.3.2	Vegetationsdynamik auf der Landschaftsebene in Abhängigkeit vom Klima	237
2.2.3.3	Veränderungen der großräumigen Vegetationsverteilung durch Klimaänderungen . . .	241
2.2.4	Die Rolle der Landbiosphäre im Erdsystem	246
2.2.4.1	Globale Rückkopplungen	246
2.2.4.2	Wege zur tieferen Erforschung des Erdsystems . . .	247
2.2.5	Literatur	248
2.3	Wirkungen veränderter UV-B-Strahlung	251
	(M. TEVINI)	
2.3.1	Einführung	251
2.3.2	UV-Strahlung	252
2.3.2.1	Veränderung der UV-B-Strahlung	252
2.3.2.2	UV-Bestrahlung und Strahlungsmessung	254
2.3.3	UV-Wirkungen	255
2.3.3.1	Wirkungsziele auf molekularer und zellulärer Ebene	256
2.3.3.2	Wirkungsspektren und Wichtungsfunktionen	259
2.3.4	Wirkungen auf Pflanzen	262
2.3.4.1	Wachstum, Morphologie, Anatomie und Struktur . .	263
2.3.4.2	Phänologie	264
2.3.4.3	Photosynthese	265
2.3.4.4	Zusammensetzung und Qualität	266
2.3.4.5	Ertrag	267
2.3.4.6	UV-Schutzmechanismen	269
2.3.5	Wirkungen auf terrestrische Ökosysteme	272
2.3.6	Interaktionen mit biotischen Faktoren	274
2.3.6.1	Pathogene	274
2.3.6.2	Insekten	275
2.3.7	Interaktionen mit abiotischen Faktoren	276
2.3.7.1	UV-Wirkungen bei Mineral- und Wassermangel . .	276
2.3.7.2	Treibhausfaktoren	277
2.3.8	Ökologische und ökonomische Konsequenzen . . .	278
2.3.9	Literatur	280

3	Erkennung und Überwachung von Belastungen sowie Abhilfemaßnahmen	291
	(R. GUDERIAN)	
3.1	Bioindikation (U. ARNDT)	293
3.1.1	Einführung	293
3.1.2	Prinzipien und Grundlagen	295
3.1.3	Begriffsbestimmungen	296
3.1.4	Einsatz von Bioindikatoren – Bioindikation	300
3.1.4.1	Testorganismen und Testverfahren	304
3.1.4.2	Biomonitore und Wirkungskataster	309
3.1.4.3	Ökologische Indikatoren und Bioindikation mit synökologischem Aspekt	317
3.1.5	Perspektiven der Bioindikation	323
3.1.6	Literatur	325
3.2	Nachweis immissionsbedingter Pflanzenschäden . .	341
	(R. GUDERIAN)	
3.2.1	Einführung	341
3.2.2	Analyse der morphologischen, anatomischen und feinstrukturellen Veränderungen	344
3.2.3	Untersuchungen zum Resistenzverhalten von Pflanzen	346
3.2.4	Fernerkundung zur Ermittlung und Überwachung von Wald- und Baumschäden	348
3.2.5	Chemische, biochemische und physiologische Pflanzenanalysen	349
3.2.6	Bodenanalysen	354
3.2.7	Luftanalysen	355
3.2.8	Indikatorpflanzen als diagnostisches Hilfsmittel . .	356
3.2.9	Literatur	357
3.3	Fernerkundung zur Überwachung von Baumbeständen (H. KENNEWEG)	361
3.3.1	Begriffe, Anwendungsgebiet	361
3.3.2	Methodenentwicklung	364
3.3.2.1	Anfänge	364
3.3.2.2	Frühe Einsätze von Farb- und Infrarot-Farbfilmern .	365
3.3.2.3	Von isolierten Fallstudien zu Normvorschriften und Großrauminventuren	365
3.3.2.4	Rationalisierungsbestrebungen	367
3.3.3	Aktuelle Einsatzfelder der Fernerkundung für Wald- und Baumschäden	369
3.3.3.1	Ansprüche an Luftbilder	370

3.3.3.2	Interpretationsschlüssel	372
3.3.3.3	Großrauminventuren	379
3.3.3.4	Stadtbauminventuren	380
3.3.3.5	Verwendungsmöglichkeiten von Satellitenbildern . .	382
3.3.4	Ausblick	384
3.3.5	Literatur	386
3.4	Maßnahmen in der Forstwirtschaft	
	zur Verminderung von Immissionswirkungen . . .	389
	(B.v. LÜPKE)	
3.4.1	Einführung und ältere Erfahrungen	
	mit Immissionsschäden	389
3.4.2	Baumartenwahl	391
3.4.3	Waldökosysteme hoher Diversität	393
3.4.4	Minimierung nutzungsbedingter Belastungen	395
3.4.5	Vitalitätssteigerung durch waldbauliche Maßnahmen	398
3.4.6	Literatur	402
4	Schadstoffwirkungen auf Tiere	407
4.1	Wirkungen auf Nutztiere (H.-J. HAPKE)	407
4.1.1	Einleitung	407
4.1.1.1	Landwirtschaftliche Nutztiere	407
4.1.1.2	Problembeschreibung	408
4.1.1.3	Methoden zur Wirkungsfeststellung	409
4.1.2	Wirkungen von Immissionen	
	auf landwirtschaftliche Nutztiere	411
4.1.3	Gase	414
4.1.3.1	Kohlenmonoxid	415
4.1.3.2	Kohlendioxid	416
4.1.3.3	Schwefeldioxid	416
4.1.3.4	Ammoniak	417
4.1.3.5	Andere Gase	417
4.1.4	Schwermetalle	418
4.1.4.1	Blei	419
4.1.4.2	Cadmium	425
4.1.4.3	Quecksilber	428
4.1.4.4	Arsen	430
4.1.4.5	Thallium	431
4.1.4.6	Chrom	432
4.1.4.7	Zink	433
4.1.4.8	Nickel	434
4.1.4.9	Kupfer	435

4.1.4.10	Molybdän	436
4.1.4.11	Vanadium	436
4.1.4.12	Eisen	437
4.1.4.13	Andere Schwermetalle	437
4.1.5	Organochlorverbindungen	438
4.1.5.1	Pestizide	438
4.1.5.2	Polychlorierte Biphenyle	439
4.1.5.3	Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane	442
4.1.5.4	Andere Pestizide	443
4.1.6	Fluor(ide)	444
4.1.7	Nitrat, Nitrit	446
4.1.8	Nahrungsketten	447
4.1.8.1	Definitionen	447
4.1.8.2	Schwermetalle in der Nahrungskette	449
4.1.8.3	Organochlorverbindungen in der Nahrungskette . .	451
4.1.8.4	Frauenmilch als Endglied der Nahrungskette	452
4.1.9	Literaturverzeichnis	454
4.2	Wirkungen auf Wildtiere	458
	(U. KIERDORF, H. KIERDORF UND V. WOLTERS)	
4.2.1	Einleitung	458
4.2.2	Charakterisierung der Schadstoffbelastung von Wildtieren	458
4.2.3	Zielsetzungen bei der Analyse der Schadstoffbelastung von Wildtieren	463
4.2.3.1	Grundlegende Untersuchungsaspekte	463
4.2.3.2	Wildtiere als Akkumulationsindikatoren	464
4.2.3.3	Wildtiere als biologische Frühwarnsysteme	465
4.2.3.4	Wildtiere als Nahrung des Menschen	466
4.2.4	Wildtiertoxikologisch wichtige Schadstoffgruppen .	468
4.2.4.1	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	468
4.2.4.2	Organophosphate und Carbamate	470
4.2.4.3	Schwermetalle	471
4.2.4.4	Fluorid	474
4.2.4.5	Radionuklide	475
4.2.4.6	Rohöl und Ölprodukte	476
4.2.5	Literatur	477
Glossar	481
Index	539