

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Umweltschutztechnik	1
1.1	Entwicklung der Leitbilder und Strategien	1
1.1.1	Umweltprobleme und Umwelthandeln	4
1.1.2	Leitbild „Nachhaltigkeit“ von Holger Rogall	7
1.1.3	Umsetzung des Leitbildes „Nachhaltigkeit“	14
1.1.4	Strategische Handlungsfelder – Perspektiven 2020	18
1.1.5	Nachhaltigkeitsmodelle für Klimawandel und Energiewende	21
1.2	Ökologische Grundlagen	30
1.2.1	Struktur von Ökosystemen	30
1.2.2	Stabilität von Ökosystemen und technischen Systemen	31
1.3	Technologische Grundlagen	34
1.3.1	Risikoforschung	36
1.3.2	Umweltinformatik	40
1.3.3	Prozessleittechnik	42
1.3.4	Verfahrenstechnik	44
1.3.5	Biotechnologie	47
1.3.6	Nanotechnologie	51
1.3.7	Technische Geochemie	52
1.3.8	Ingenieurgeologie und Geotechnik	53
1.3.9	Schutzmaßnahmen im Wasserbau	54
1.3.10	Energiesparende Bautechnik	55
1.3.11	Umweltschutztechnik als Querschnittsdisziplin	56
1.4	Literatur	57
2	Umwelttechnik im Unternehmen	65
2.1	Umweltrecht und Umweltpolitik als Rahmen	65
2.1.1	Entwicklung des Umweltrechts in Deutschland (nach [2.7])	66
2.1.2	Maßnahmen zur Umsetzung von umweltpolitischen Zielen	67
2.2	Ökologische Ausrichtung der Betriebswirtschaft	71
2.2.1	Einflüsse des Umweltschutzes auf die Unternehmen	72
2.2.2	Einsatz ökologieorientierter Managementsysteme	76
2.2.3	Integrierter betrieblicher Umweltschutz	78
2.2.4	Instrumente ökologischer Industriepolitik	80
2.3	Technik im betrieblichen Umweltschutz	81
2.3.1	Materialwirtschaft und Logistik	81
2.3.2	Produktion- und Fertigungstechnik	83
2.3.3	Verfahrensinterner Umweltschutz	84
2.3.4	Green Chemistry – Katalyseforschung	87
2.3.5	Industrielle Symbiose – Ökopark	88

2.4	Umweltschutzwirtschaft	90
2.4.1	Marktperspektiven für Umweltschutztechnologien	91
2.4.2	Ressourceneffizienz und zukunftsfähige Rohstoffpolitik	93
2.4.3	Wie Nachhaltigkeit zum Unternehmenserfolg beiträgt: branchenspezifisch, heute und in der Zukunft von Alexander Holst [2.127]	101
2.5	Literatur	111
3	Schadstoffe	119
3.1	Gefahrstoffrecht, Schadwirkungen	119
3.1.1	Gefahrstoffrecht	122
3.1.2	Schadwirkungen	124
3.1.3	Umweltgefährliche Stoffeigenschaften	127
3.1.4	Umweltstandards	128
3.1.5	Zeitskalen der Schadstoffausbreitung	130
3.1.6	Parameter der Stoffdynamik in der Umwelt	131
3.2	Schwermetalle	133
3.2.1	Umwelttechnische Relevanz	133
3.2.2	Herkunft und Wirkung	134
3.3	Organische Schadstoffe	136
3.3.1	Umwelttechnische Relevanz	136
3.3.2	Herkunft und Wirkung	139
3.4	Strahlung	143
3.4.1	Natürliche Strahlenbelastung [3.46]	144
3.4.2	Künstliche Strahlenbelastung	145
3.4.3	Elektromog	146
3.5	Literatur	147
4	Klima und Energie	151
4.1	Grundlagen des Klimaschutzes	151
4.1.1	Wirkung und Herkunft der Treibhausgase	153
4.1.2	Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem	154
4.2	Rationelle Energieerzeugung	158
4.2.1	Umwandlung von Energieformen	158
4.2.2	Entkarbonisierung	159
4.2.3	Kraft-Wärme-Kopplung	160
4.2.4	Einsatz von Brennstoffzellen	164
4.2.5	Erhöhung der Wirkungsgrade von Kraftwerken	166
4.2.6	CO ₂ -Sequestrierung – Carbon Capture Storage Technologien	170
4.3	Einsparpotenziale	172
4.3.1	Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	172
4.3.2	Fahrzeugtechnik	174
4.3.3	Haushalte	175
4.4	Erneuerbare Energien	180
4.4.1	Nutzungsformen, Potenziale und Limitierungen	182

4.4.2	Geothermie	186
4.4.3	Solarthermische Wärmebereitstellung	187
4.4.4	Photovoltaik	188
4.4.5	Windenergie	190
4.4.6	Biomasse	192
4.5	Instrumente der Energiewende	198
4.5.1	Wasserstoff und Methan aus Erneuerbaren Energien	198
4.5.2	Stromspeicher [4.130]	200
4.5.3	Lastmanagement [4.130]	201
4.5.4	IKT-betriebene Energiesysteme	202
4.6	Literatur	204
5	Immissionsschutz	213
5.1	Ursachen und Wirkungen von Luftbelastungen	213
5.1.1	Luftschadstoffe in der Troposphäre [5.7]	215
5.1.2	Entstehung von Stickoxiden [5.9, 5.10]	215
5.1.3	Entstehung von Schwefeldioxid [5.9]	216
5.1.4	Ausbreitung von Luftschadstoffen	217
5.1.5	Wirkungen von Luftschadstoffen	219
5.2	Rechtsnormen und Ausbreitungsmodelle	222
5.2.1	Rechtsnormen	223
5.2.2	Feinstaub/Schwebstaub (PM)	226
5.2.3	Ausbreitungsmodelle	228
5.3	Luftreinhaltungstechniken	229
5.3.1	Staubemissionen	229
5.3.2	Verminderung gasförmiger Emissionen [5.29]	233
5.3.3	Entschwefelung in Kraftwerken	236
5.3.4	Minderung von Stickoxiden	237
5.3.5	Kosten der Stromerzeugung	241
5.3.6	Abgasreinigung bei Kraftfahrzeugen	242
5.4	Verkehrslärm	246
5.5	Literatur	249
6	Abwasser	255
6.1	Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit	255
6.1.1	EG-Wasserrahmenrichtlinie und Wasser-Agenda 21	258
6.1.2	Klassifizierung der Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit	259
6.2	Abwässer und ihre Bestandteile	260
6.2.1	Sammlung und Ableitung des Abwassers	260
6.2.2	Die kommunale Kläranlage	261
6.2.3	Schadstoffe im Abwasser	262
6.2.4	Gesetzliche Regelungen	264
6.3	Biologische Abwasserreinigung	266
6.3.1	Biologische Prinzipien und ihre technischen Anwendungen	266

6.3.2	Tropfkörperverfahren [6.36]	269
6.3.3	Belebungsverfahren	270
6.3.4	Biologische Phosphor- und Stickstoff-Eliminierung	272
6.4	Chemisch-Physikalische Abwasserreinigung	274
6.4.1	Fällung von Schwermetallen	275
6.4.2	Flockung und fest-/flüssig-Trennung [6.43]	278
6.4.3	Behandlung von Abwässern mit organischen Schadstoffen	281
6.5	Schlammbehandlung	283
6.5.1	Verfahrensstufen der Schlammbehandlung	284
6.5.2	Aerobe Schlammbehandlung – Hygienisierung	284
6.5.3	Anaerobe Abwasser- und Schlammbehandlung	285
6.5.4	Abtrennung des Schlammwassers	286
6.5.5	Schlamm-trocknung und Schlammverbrennung	287
6.5.6	Klärschlamm: Ressourcenschonung vs. Bodenschutz	290
6.6	Integrierte Wasserwirtschaft	291
6.6.1	Integration des Gesamtsystems Siedlungswasserwirtschaft	292
6.6.2	Integrierte dezentrale Abwasserentsorgungskonzepte	294
6.6.3	Flussgebietsmanagement mit kontaminierten Sedimenten	297
6.6.4	Ausblick: Energieeffizienz und demographischer Wandel	300
6.7	Literatur	303
7	Trinkwasser	311
7.1	Trinkwasserversorgung	311
7.1.1	Trinkwassernutzung und Einsparmöglichkeiten	317
7.1.2	Wasserbeschaffung	318
7.1.3	Werkstoffe in Leitungsnetzen [7.21]	320
7.1.4	Trinkwasserverordnung	322
7.2	Einflüsse auf die Wasserqualität	325
7.2.1	Chemische Reaktionen im Untergrund	326
7.2.2	Biologische Vorgänge im Untergrund	328
7.3	Methoden der Trinkwasseraufbereitung	330
7.3.1	Künstliche Grundwasseranreicherung und Uferfiltration	332
7.3.2	Physikalisch-Chemische Behandlungsverfahren	334
7.3.3	Biologische Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung [7.56]	339
7.3.4	Verfahrenskombinationen bei der Trinkwasseraufbereitung	339
7.3.5	Technisches Sicherheitsmanagement für Trinkwasser	341
7.4	Literatur	343
8	Boden und Altlasten	347
8.1	Grundlagen und Stand des Bodenschutzes	347
8.2	Art und Ausmaß von Stoffeinträgen in Böden	350
8.2.1	Anreicherung von Schadstoffen in Böden	350
8.2.2	Prozesse der Schadstofffreisetzung und -bindung	351
8.2.3	Perspektiven für landwirtschaftlich genutzte Böden [8.10]	354

8.3	Altlastenprobleme	354
8.3.1	Sanierungsziele	356
8.3.2	Erkundung von Altablagerungen und Altstandorten	357
8.4	Sicherungsmaßnahmen	360
8.4.1	Ausgraben und Umlagern	360
8.4.2	Barrierensysteme	361
8.4.3	Verfestigung, Stabilisierung und Einbindung	363
8.5	Sanierung von Altlasten	365
8.5.1	Bodenluftabsaugung	365
8.5.2	Waschverfahren	366
8.5.3	Biologische Behandlung von Altlasten	368
8.5.4	Thermische Behandlung kontaminierter Böden	370
8.6	In-situ Methoden	372
8.6.1	Sickerwasserprognose [8.54]	373
8.6.2	Natürlicher Abbau und Rückhalt	376
8.6.3	Reinigungswände [8.75]	380
8.6.4	Flächenrecycling – nachhaltiges Flächenmanagement	381
8.7	Literatur	382
9	Abfall	389
9.1	Abfallwirtschaftliche Grundlagen	389
9.1.1	Abfallwirtschaftliche Leitperspektiven	389
9.1.2	Grundsätze der Kreislaufwirtschaft [9.16]	394
9.1.3	Abfallaufkommen in Deutschland	396
9.2	Abfälle – vom Abraum bis zum Hausmüll	398
9.2.1	Abfälle aus der Bergbautätigkeit	398
9.2.2	Behandlung von Massenabfällen	402
9.2.3	Chemisch-physikalische Behandlung von Industrieabfällen	404
9.2.4	Hausmüll	406
9.3	Müllverbrennung	412
9.3.1	Müllverbrennungsanlagen	414
9.3.2	Rauchgasreinigung	416
9.3.3	Rückstandsbehandlung	417
9.3.4	Verwertung von Müllverbrennungsschlacken [9.62]	420
9.3.5	Thermische Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland [9.94]	422
9.4	Deponierung	423
9.4.1	Deponiegas und Sickerwasser	424
9.4.2	Langzeitprognose für Deponien	428
9.5	Literatur	431
10	Recycling	439
10.1	Theorie und Praxis des Recycling	439
10.1.1	Formen des Recycling	441
10.1.2	Bilanzierung von Stoff- und Energiekreisläufen	442

10.2	Recycling in verschiedenen Wirtschaftssektoren	444
10.2.1	Verwertung im Bergbau und in der Grundstoffindustrie	444
10.2.2	Urban Mining, Recycling von Baumaterialien	446
10.2.3	Recycling von Kunststoffen	450
10.2.4	Aufbereitung von Elektronikschrott	454
10.2.5	Altfahrzeug-Recycling	456
10.3	Integrierte Stoffwirtschaft	458
10.3.1	Entwicklung einer integrierten Abfallwirtschaft in Europa	458
10.3.2	Material- und Energie-Intensität über einen Gebrauchszyklus	460
10.3.3	Vermeidung von Abfällen und Schadstoffen	461
10.3.4	Alternativen für eine nachhaltige Reststoffverwertung	462
10.3.5	Abfallwirtschaft und Klimaschutz	463
10.4	Literatur	466

Anhang

Anhang zu Kapitel 1	471	
A 1.1	Das Vorsorgeprinzip im Umweltschutz (aus: 2.–4. Auflage)	471
A 1.2	Definitionen zur Umwelttechnik (Coenen et al. 1995, S. 21–25)	472
A 1.3	Frühe Denkansätze zu Umwelt und Technik (aus 1. Auflage)	474
A 1.4	Technik – angepasst oder superindustrialisiert? (aus 1. Auflage)	476
A 1.5	Zum Begriff „Transition“ – Neue Wege in die Nachhaltigkeit	478
Anhang zu Kapitel 2	479	
A 2	Entwicklung „Umwelttechnik im Unternehmen“ (4. Auflage)	479
Anhang zu Kapitel 3	481	
A 3	Entwicklung und Leitbilder der Chemiewirtschaft (5. Auflage)	481
Anhang zu Kapitel 4	483	
A 4.1	Energetische Umrechnungsfaktoren	483
A 4.2	Aufteilung des Energieverbrauchs in Deutschland 2004	483
A 4.3	IEKP-Gesetze, KWK-Markt, GuD-Anlagen, Bioenergie (7. Aufl.)	484
A 4.3.1	Integriertes Energie-/Klimaprogramm der Bundesregierung	484
A 4.3.2	Marktperspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung	486
A 4.3.3	Einsatzstoffe, Emissionen, Nebenprodukte in GuD-Anlagen	488
A 4.3.4	Humid Air Turbine (HAT) als Alternative zum GuD-Prozess	489
A 4.3.5	Fortschreibung der Bioenergiotechnologien bis 2020/2030	490
A 4.4	Energiewende 2011: EE-Bericht, Regelungen, Vergütungen	492
A 4.4.1	Erfahrungsbericht 2011 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz	492
A 4.4.2	Beschlüsse des Bundeskabinetts zur Energiewende 2011	494
A 4.4.3	Vergütungen und Kosten nach dem EE-Gesetz 2011	495
A 4.5	E-Energy – Smart Grids in Germany	496

Literatur Anhang

Literatur Anhang Kapitel 1	498
A 1.1 Das Vorsorgeprinzip im Umweltschutz	498
A 1.3 Frühe Denkansätze zu Umwelt und Technik	498
A 1.4 Technik – angepasst oder superindustrialisiert?	499
Literatur Anhang Kapitel 2	500
A 2 Entwicklung „Umweltechnik im Unternehmen“	500
Literatur Anhang Kapitel 3	502
A 3 Entwicklung und Leitbilder der Chemiepolitik	502
Literatur Anhang Kapitel 4	503
A 4.3 IEKP-Gesetze, KWK-Markt, GuD-Anlagen, Biomasse	503
A 4.3.1 Integriertes Energie-/Klimaprogramm der Bundesregierung	503
A 4.3.2 Marktperspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung	504
A 4.3.3 Einsatzstoffe, Emissionen, Nebenprodukte in GuD-Anlagen	505
A 4.3.4 Humid Air Turbine (HAT) als Alternative zum GuD-Prozess	505
A 4.3.5 Fortschreibung der Bioenergietechnologien bis 2020/2030	505
Literaturdatenbanken „Umweltschutztechnik“	506

Verzeichnis der Kasten-Themen

Verzeichnis der Kasten-Themen aus Kapitel 1 – 4

Kap.	Thema	Seite
1.1.1	„Die Technologiepolitik muss sich auf die Technologien des 'Jahrhunderts der Umwelt' konzentrieren“ (E.U. v. Weizsäcker)	5
1.1.2	Nachhaltigkeit in Politik, Recht und Verwaltung – Beispiele aus der Schweiz (Knoepfel)	13
1.1.5	Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation (WBGU, Wiss. Beirat Globale Umweltveränderungen)	23
1.1.5	Weltklimarat zur Zukunft der Regenerativen Energien (IPCC)	25
1.1.5	Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung – Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU)	27
1.2.2	Gekoppelte Kreislaufprozesse: Die Erde als Wärmemaschine	33
1.3.1	Acht Grundregeln für überlebensfähige Systeme (Vester)	35
2.1.2	Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik (BImSchG), Produktverantwortung (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz)	69
2.2.1	Studien und Broschüren zum Thema „Nachhaltiges Wirtschaften“	73
2.2.1	Beispiel: Unternehmensbericht „Zukunft gestalten“ (BASF)	75
2.3.3	Umweltgerechte Produktgestaltung – Integrierte Produktpolitik	85
2.4.2	Alternativen bei der Verwendung seltener Rohstoffe (CS3)	97
2.4.2	Sachverständigenrat für Umweltfragen: „Umweltinnovationen“	100
3.1.4	Grenzwerte im Spannungsfeld von Politik, Ökonomie und Wissenschaft (Dieter & Grohmann)	129
3.3.1	Chlorkohlenwasserstoffverbindungen – Struktur und Benennung	137
3.3.2	Abbaubarkeit von organischen Schadstoffen (Track & Michels)	141
4.1.1	Geschichte einer wissenschaftlichen Konsensbildung	152
4.1.2	Strategiepfade einer nachhaltigen Entwicklung im Energiebereich	155
4.2.3	„Bullensee-These“ Nr. 8 zur Dezentralen Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (Luther et al.)	161
4.2.4	Elektromobilität – Potenziale und Herausforderungen (acatech)	165
4.2.5	Neue Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke	167
4.2.6	Initiative COORETEC (<i>CO₂-Reduktions-Technologien</i>) für Kohlekraftwerke (BMWi)	171
4.3.1	„Vermeidungshebel“ für CO ₂ -Emissionen in der Industrie (BDI)	173
4.3.3	Vermeidungskostenkurve im Gebäudesektor – Deutschland 2020	177
4.4.5	Genehmigungsverfahren für deutsche Offshore-Windparks (BSH)	191
4.4.6	VDI Statusreport „Regenerative Energien in Deutschland“	197
4.5.1	Wasserstoff und synthetisches Erdgas nehmen Fahrt auf	199

Verzeichnis der Kasten-Themen aus Kapitel 5 – 10

Kap.	Thema	Seite
5.1.5	Internationales Kooperativprogramm zur Wirkung von Luftschadstoffen auf Materialien, historische und kulturelle Denkmäler	221
5.3.6	Externe Kosten des Verkehrs – Instrumente zur Internalisierung	245
6.1	Abwasserprobleme im 19. und 20. Jahrhundert	256
6.3.1	Biofouling – Biofilm-Reaktoren am falschen Ort (Flemming)	267
6.4.1	Ionenaustauscher-Anlagen, kombinierte Nachreinigung	277
6.5.5	Perspektiven der Klärschlamm-Mitverbrennung (Werther)	289
6.6.2	Integrierte dezentrale Abwasserentsorgung (Otterpohl)	295
6.6.4	Energiebedarf von Kläranlagen nach Größe und Ausstattung	301
7.1	Nachhaltige Wasserversorgung – Eine Aufgabe mit globaler Bedeutung (Peter Wilderer, Stockholm Water Prize 2003)	313
7.1.4	„Wasser ist nicht gleich Wasser“ – Heilwasser, Mineralwasser	323
7.2.2	Mikroorganismen im Trinkwasser (Flemming)	329
8.1	Schweiz: Konzept zum planerisch-nachhaltigen Umgang mit Bodenqualität (BAFU, Hepperle & Stoll)	349
8.6.1	Konzept zur Beurteilung des Einsatzes mineralischer Ersatzbaustoffe (Susset und Grathwohl)	375
8.6.2	Rechtliche Aspekte beim Einsatz von Natural Attenuation Prozessen (BMBF Verbundprojekt KORA, Steiner et al.)	379
9.1.2	Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes	395
9.2.2	DWA Merkblatt zum Umgang mit Baggergut: Fallbeispiele	403
9.2.4	Langzeitverhalten von organischen Substanzen in Deponien	411
9.3.4	Bestandteile der Ersatzbaustoffverordnung (Entwurf)	421
10.3.1	Abfallwirtschaft, Stoffstrommanagement und zukünftige Entwicklungslinien für die Qualität der Stoffe (Friege)	459