



EUROPA-FACHBUCHREIHE
Umweltschutz und Umwelttechnik

Fachwissen Umwelttechnik

Bearbeitet von Lehrern, Biologen, Technikern und Ingenieuren an
beruflichen Schulen, Fachschulen und Produktionsstätten

9. überarbeitete und erweiterte Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 34915

Autoren von Fachwissen Umwelttechnik:

| | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Hartmut Fritsche | Dipl.-Ing. (FH) | Massen |
| Gregor Häberle | Dr.-Ing. | Tettngang |
| Verena Häberle | MSc ETH | Zürich |
| Claus-Dieter Paul | Dipl.-Biol. | Frankfurt a. M. |

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

Leiter des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Häberle, Tettngang

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

9. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3487-8

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, Radevormwald unter Verwendung der Fotos von

© li-graphics – stock.adobe.com und © MEV Agency UG

Druck: Nikolaus Bastian Druck und Verlag GmbH, 54343 Föhren

Vorwort zur 9. Auflage Preface to the 9th Edition

Die **Umwelt** und unser **Klima** sind die Grundlage für jede wirtschaftliche Tätigkeit. Arbeiten *für* die Umwelt und das Klima sowie *mit* der Umwelt sind Gegenstände der **Umwelttechnik**. Die nach politischen Entscheidungen oft entstehenden Herausforderungen für Lösungen erfordern **spezielle Umwelttechniken**, z. B. bei der **Energiewende** für den Stromtransport oder die Stromspeicherung. In Produktionsprozessen oder durch Gebrauch entstehende unvermeidbare Abfallstoffe werden in **modernen Verfahren der Umwelttechnik** zu Stoffen umgesetzt, die kein Gefährdungspotenzial darstellen und dazu noch wirtschaftlich von Nutzen sind. Ferner sind auch für die Umwelttechnik und den **Umwelt- und Klimaschutz** die Themen Industrie 4.0/5.0 und **Digitalisierung** von wesentlicher Bedeutung. Wichtige Berufe der Umwelttechnik sind:

- **Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft,**
- **Fachkraft für Abwassertechnik,**
- **Fachkraft für Wasserversorgung,**
- **Fachkraft für Rohr-, Kanal- und Industrieservice,**
- **Fachkraft für Umwelttechnik und Arbeitssicherheit sowie**
- **Fachkraft für Klimaschutz.**

Diesen Berufen liegen gemeinsame Kernqualifikationen zugrunde. Die Rahmenlehrpläne der Berufe sind nach **Lernfeldern** gegliedert, die in wesentlichen Teilen berufsübergreifend übereinstimmen.

Zielgruppen: Das vorliegende Lehrbuch „**Fachwissen Umwelttechnik**“ richtet sich an Angehörige der genannten Berufe, und zwar für deren Grundausbildung zur Fachkraft, aber auch für deren Weiterbildung zum Techniker oder Meister. Darüber hinaus richtet sich das Buch an **umweltschutz-technische Assistenten** sowie an **Chemie- und Biologieassistenten**, die sich im Bereich der Umwelttechnik weiterbilden, ebenso an Schüler von Fachschulen und Technischen Gymnasien. **Studierenden der Umwelttechnik** an Hochschulen und Universitäten bietet das Buch eine verständliche Einführung in das vielschichtige Fachgebiet, auch unter Berücksichtigung klimatischer Auswirkungen.

Methodische Schwerpunkte des Buchs sind didaktische Reduktion bei der Beschreibung chemischer, physikalischer, biologischer und technischer Vorgänge, informationsreiche „farblich sprechende“ Bilder und Tabellen, zahlreiche Merksätze, Fragen zur Wiederholung und Vertiefung wie bei einem Prüfungsbuch sowie ein ausführliches Sachwortverzeichnis für das selbstorganisierte Lernen.

Die Bilder und Tabellen des Buchs sowie die Lösungen der im Buch gestellten Fragen und Aufgaben zur Wiederholung und Vertiefung sind über die **Europathek** abrufbar. Dies erleichtert das Lernen in der Gruppe und auch das Präsentieren der gewonnenen Erfahrungen.

Neu ins Buch der 9. Auflage wurden infolge der Weiterentwicklung der Umwelttechnik, des Umweltschutzes und des Klimaschutzes, der allgemeinen Technik sowie dem damit verbundenen Grundlagenwissen u. a. aufgenommen:

- Energiekonzepte,
- bei PV-Anlagen: Batteriespeichersystem, Mini-PV-Anlagen, Brandschutz, Energieertragsrechnung,
- Möglichkeiten der CO₂-Speicherung, CO₂-intensive Herstellungsprozesse, CO₂-Sensoren,
- Vorteile und Nachteile des Einsatzes von Wasserstoff,
- Gebäudeenergiegesetz,
- Leistungsberechnung von Wärmepumpen.

Wir wünschen unseren Leserinnen und Lesern viel Erfolg und Freude bei ihrem Einstieg in die Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der modernen Umwelttechnik. Hinweise und Ergänzungen, die zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Buchs beitragen, nehmen wir gerne entgegen unter der Verlagsadresse oder per E-Mail an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis

Contents

| | | | | | |
|------------|---|----|------------|--|-----|
| 1 | Umwelttechnik, Umweltschutz, Klimaschutz | 9 | 3.1.4 | Mutationen | 89 |
| 1.1 | Umwelt | 9 | 3.1.5 | Mutagene Faktoren | 90 |
| 1.2 | Arbeitsbereiche | 9 | 3.1.6 | Mutationen und Krebs | 91 |
| 1.3 | Umweltkonzepte | 11 | 3.2 | Stoffwechselprozesse | 92 |
| 1.4 | Mobilitätskonzepte | 13 | 3.2.1 | ATP (Adenosintriphosphat) | 92 |
| 1.5 | Digitalisierung | 14 | 3.2.2 | Fotosynthese | 93 |
| 1.6 | Energiekonzepte | 15 | 3.2.3 | Biologische Oxidation | 94 |
| 2 | Chemische und physikalische Grundlagen | 16 | 3.2.4 | Proteinbiosynthese | 96 |
| 2.1 | Chemische Grundbegriffe | 16 | 3.3 | Einwirkung von Schadstoffen auf den Organismus | 99 |
| 2.1.1 | Aufbau der Atome | 16 | 3.3.1 | Schadstoffe | 99 |
| 2.1.2 | Chemische Bindungen | 17 | 3.3.2 | Verhalten von Schadstoffen im Organismus | 100 |
| 2.1.3 | Anorganische Reaktionen | 20 | 3.3.3 | Schadstoffwirkungen in Zellen | 102 |
| 2.2 | Wässrige Lösungen | 22 | 3.3.4 | Grenzwerte von Schadstoffen | 103 |
| 2.2.1 | Eigenschaften von Wasser | 22 | 3.3.5 | Grenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz | 104 |
| 2.2.2 | Wasser als Lösemittel | 23 | 3.4 | Mikroorganismen | 105 |
| 2.2.3 | Konzentration von Lösungen | 25 | 3.4.1 | Lebewesen des mikrobiologischen Bereichs | 105 |
| 2.3 | Organische Lösemittel | 28 | 3.4.2 | Vorkommen von Mikroorganismen | 105 |
| 2.3.1 | Lösungsvorgang | 28 | 3.4.3 | Bau und Lebensweise von Mikroorganismen | 107 |
| 2.3.2 | Eigenschaften organischer Lösemittel | 29 | 3.4.4 | Lebensbedingungen von Mikroorganismen | 112 |
| 2.3.3 | Wichtige organische Lösemittel | 31 | 3.4.5 | Bedeutung der Mikroorganismen | 113 |
| 2.4 | Disperse Systeme | 38 | 3.4.6 | Gefährdungen durch Mikroorganismen | 114 |
| 2.4.1 | Grundbegriffe | 38 | 3.4.7 | Schutzimpfung und Hygienemaßnahmen | 115 |
| 2.4.2 | Kolloide Lösungen | 39 | 3.5 | Ökologische Grundbegriffe | 117 |
| 2.4.3 | Besondere Eigenschaften kolloider Lösungen | 39 | 3.5.1 | Kennzeichen ökologischer Systeme | 117 |
| 2.5 | Chemische Reaktionen | 41 | 3.5.2 | Abiotische Umweltfaktoren | 119 |
| 2.5.1 | Reaktionswärme und Aktivierungsenergie | 41 | 3.5.3 | Biotische Umweltfaktoren | 122 |
| 2.5.2 | Reaktionsgeschwindigkeit | 42 | 3.5.4 | Ökologische Kreisläufe | 123 |
| 2.5.3 | Chemisches Gleichgewicht | 43 | 4 | Analytik | 126 |
| 2.5.4 | Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert | 44 | 4.1 | Aufgaben der chemischen Analytik | 126 |
| 2.6 | Korrosion | 46 | 4.2 | Analytische Schnelltests | 127 |
| 2.6.1 | Chemische Korrosion | 46 | 4.3 | Instrumentelle Analytik | 130 |
| 2.6.2 | Elektrochemische Korrosion | 46 | 4.3.1 | Einführung | 130 |
| 2.6.3 | Korrosionsschutz | 49 | 4.3.2 | Probenahme und Probenvorbereitung | 131 |
| 2.6.4 | Mikrobiologisch induzierte Korrosion | 51 | 4.3.3 | Verfahren der instrumentellen Analytik | 132 |
| 2.7 | Physikalische Grundbegriffe | 53 | 4.3.4 | Analysegeräte für spektroskopische Verfahren | 133 |
| 2.7.1 | Mechanische Größen | 53 | 4.3.5 | Analysegeräte für chromatografische Verfahren | 136 |
| 2.7.2 | Elektrische Größen | 55 | 4.4 | Klassische Verfahren der Umweltanalytik | 140 |
| 2.7.3 | Schaltung von Zweipolen | 57 | 4.4.1 | Bestimmung des Phenolindex durch Fotometrie | 140 |
| 2.7.4 | Strommessung, Spannungsmessung | 59 | 4.4.2 | Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs durch Fotometrie | 140 |
| 2.7.5 | Schaltzeichen, Schaltpläne | 60 | 4.4.3 | Bestimmung des Sulfatgehalts durch komplexometrische Titration | 141 |
| 2.7.6 | Generatorprinzip, Trafoprinzip | 61 | 4.4.4 | Bestimmung von Fluorid mit der ionensensitiven Elektrode | 142 |
| 2.7.7 | Stromwirkungen | 62 | 4.5 | Sensorik | 143 |
| 2.7.8 | Gefahren der Elektrizität | 62 | 4.5.1 | Sensor | 143 |
| 2.7.9 | Kapazität und Induktivität | 63 | 4.5.2 | Sensoren in Messanlagen | 143 |
| 2.7.10 | Transformatoren | 64 | 4.5.3 | Elemente der Signalverarbeitung | 144 |
| 2.7.11 | Motorprinzip | 65 | 4.5.4 | Sensorelemente | 145 |
| 2.7.12 | Elektrochemische Stromquellen | 66 | 5 | Umweltrecht | 152 |
| 2.7.13 | Elektrolyse | 72 | 5.1 | Gesetzgebung | 152 |
| 2.7.14 | Temperatur und Wärme | 74 | 5.1.1 | Gewaltenteilung | 152 |
| 2.7.15 | Energie, Energieumwandlung, Wirkungsgrad, Arbeitsgrad | 76 | 5.1.2 | Entstehung von Gesetzen | 153 |
| 2.7.16 | Stromversorgungsnetz | 78 | 5.2 | Einführung in das Umweltrecht | 155 |
| 3 | Biologische Grundlagen | 81 | 3.1 | Struktur und Funktion von Zellen | 81 |
| 3.1 | Begriffe | 81 | 3.1.1 | Begriffe | 81 |
| 3.1.1 | Aufbau der Zellen | 81 | 3.1.2 | Aufbau der Zellen | 81 |
| 3.1.2 | Zellteilung | 88 | 3.1.3 | Zellteilung | 88 |

| | | | | | |
|------------|---|-----|-------------|--|-----|
| 5.2.1 | Rechtliche Begriffe | 155 | 6.6.1 | Luftbelastungen | 284 |
| 5.2.2 | Maßnahmen bei Verstößen gegen das Umweltrecht | 156 | 6.6.2 | Abwasser | 285 |
| 5.2.3 | Umwelthaftung | 157 | 6.6.3 | Siedlungsabfälle | 286 |
| 5.3 | Gesetze und Verordnungen | 159 | 6.7 | Einflüsse durch die Landwirtschaft | 287 |
| 5.3.1 | Naturschutz und Landschaftspflege | 159 | 6.8 | Gründe des Klimawandels | 290 |
| 5.3.2 | Gewässerschutz | 160 | 7 | Energieversorgung | 295 |
| 5.3.3 | Immissionsschutz | 165 | 7.1 | Grundlagen der Stromerzeugung | 295 |
| 5.3.4 | Lichtimmissionen | 172 | 7.2 | Wasserkraftwerke | 296 |
| 5.3.5 | Abfallrecht | 173 | 7.2.1 | Laufkraftwerke | 296 |
| 5.3.6 | Gefahrstoffe | 178 | 7.2.2 | Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke | 297 |
| 5.3.7 | Kennzeichnung von Gefahrstoffen nach GHS | 180 | 7.2.3 | Gezeitenkraftwerke | 297 |
| 5.3.8 | Transporte | 187 | 7.2.4 | Wellenkraftwerke | 298 |
| 5.3.9 | Biostoffverordnung | 189 | 7.3 | Windkraftwerke | 298 |
| 5.3.10 | Pflanzenschutzgesetz | 191 | 7.4 | Wärmeerkraftwerke | 304 |
| 5.3.11 | Gentechnikgesetz | 191 | 7.4.1 | Effizienz der Stromerzeugung durch Wärmeerkraftwerke | 304 |
| 5.4 | Betriebsbeauftragte für Umweltschutz | 193 | 7.4.2 | Arten der Wärmeerkraftwerke | 305 |
| 5.5 | Umwelthaftung, Umweltstrafrecht | 195 | 7.4.2.1 | Verbrennungskraftwerke | 305 |
| 5.5.1 | Zivilrechtliche Haftung | 195 | 7.4.2.2 | Geothermische Kraftwerke | 307 |
| 5.5.2 | Umweltstrafrecht, Ordnungswidrigkeitenrecht | 196 | 7.4.2.3 | Solarthermische Kraftwerke | 308 |
| 6 | Umwelt- und Klimabelastungen | 197 | 7.4.2.4 | Kernkraftwerke (Atomkraftwerke) | 308 |
| 6.1 | Boden, Wasser, Luft | 197 | 7.4.3 | Fracking | 311 |
| 6.1.1 | Bodenbelastungen | 197 | 7.5 | Nutzung der Solarenergie | 312 |
| 6.1.2 | Wasserbelastungen | 197 | 7.5.1 | Verteilung der Solarenergie | 312 |
| 6.1.3 | Luftbelastungen | 199 | 7.5.2 | Solarthermie | 312 |
| 6.2 | Belastung durch Strahlung | 204 | 7.5.3 | Photovoltaik | 315 |
| 6.2.1 | Strahlungsarten | 204 | 7.6 | Stromerzeugung mit Brennstoffzellen | 323 |
| 6.2.2 | Elektrisches Feld | 204 | 7.6.1 | Prinzip der Brennstoffzelle FC | 323 |
| 6.2.3 | Magnetisches Feld | 205 | 7.6.2 | Technische Ausführung der FC | 323 |
| 6.2.4 | Elektromagnetische Felder | 206 | 7.6.3 | Herstellung von Wasserstoffgas | 324 |
| 6.2.5 | Elektromog | 209 | 7.6.4 | Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzellen | 326 |
| 6.2.6 | Sonnenstrahlung | 211 | 7.6.5 | Vorteile und Nachteile von Wasserstoff | 327 |
| 6.2.7 | Ionisierende Strahlen | 212 | 7.7 | Stromtransport | 328 |
| 6.3 | Lärm | 216 | 7.7.1 | Anlass und Mittel für den Stromtransport | 328 |
| 6.3.1 | Schallwellen | 216 | 7.7.2 | Wirtschaftlicher Transport | 328 |
| 6.3.2 | Schalldruck | 217 | 7.7.3 | Spannungstransformation | 329 |
| 6.3.3 | Lärmschutz | 218 | 7.7.4 | Drehstromnetze | 329 |
| 6.4 | Arbeitsschutzbestimmungen | 220 | 7.7.5 | Leitungsmaterial | 330 |
| 6.4.1 | Gefahrenquellen | 220 | 7.7.6 | Wirkungen der Netze auf die Umgebung | 331 |
| 6.4.2 | Vorschriften und Gesetze | 221 | 7.7.7 | Hochspannungs-Gleichstromübertragung HGÜ | 331 |
| 6.4.3 | Allgemeine Maßnahmen | 222 | 7.7.8 | Regelung der Netzspannung | 333 |
| 6.4.4 | Persönliche Schutzausrüstung und Atemschutzgeräte | 223 | 7.7.9 | Regelung der Netzfrequenz | 335 |
| 6.4.5 | Arbeiten in Anlagen der Abfalltechnik | 228 | 7.7.10 | Intelligente Stromnetze (Smart Grids) | 336 |
| 6.4.6 | Arbeiten in Anlagen der Abwassertechnik | 230 | 7.8 | Ausgleich schwankender Stromerzeugung | 338 |
| 6.4.7 | Arbeiten bei Lärm und Vibrationen | 233 | 7.8.1 | Speichern elektrischer Energie | 338 |
| 6.4.8 | Arbeiten in engen Räumen und Behältern | 238 | 7.8.2 | Ausgleich durch Pumpentechnik | 338 |
| 6.4.9 | Arbeiten in elektrischen Anlagen | 241 | 7.8.3 | Elektrochemische Verfahren | 339 |
| 6.4.10 | Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag | 242 | 7.8.4 | Weitere Ausgleichsverfahren | 339 |
| 6.4.11 | Elektrische Geräte anschließen | 249 | 7.9 | Erneuerbare-Energien-Gesetz | 340 |
| 6.4.12 | Schutzarten elektrischer Betriebsmittel | 251 | 7.9.1 | Ziel und Anwendungsbereich | 340 |
| 6.4.13 | Arbeiten auf Baustellen | 253 | 7.9.2 | Netzkosten | 340 |
| 6.4.14 | Arbeiten in Biogasanlagen | 255 | 7.9.3 | Vergütung für regenerative Energien | 341 |
| 6.4.15 | Arbeiten bei Umweltunfällen | 257 | 7.9.4 | Netzanschluss von Eigenerzeugungsanlagen | 342 |
| 6.4.16 | Kennzeichnung für Sicherheit und Gesundheit | 258 | 7.10 | Nutzung nachwachsender Rohstoffe | 344 |
| 6.5 | Einflüsse durch Industrie und Gewerbe | 263 | 7.10.1 | Nutzung der Biomasse | 344 |
| 6.5.1 | Metall verarbeitende Betriebe | 263 | 7.10.2 | Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen | 346 |
| 6.5.2 | Betriebe der elektrotechnischen Fertigung | 266 | 7.10.3 | Biokraftstoffe der ersten Generation | 347 |
| 6.5.3 | Betriebe des Baugewerbes | 269 | 7.10.4 | Biokraftstoffe weiterer Generationen | 349 |
| 6.5.4 | Betriebe der Holzverarbeitung | 271 | 7.11 | Wärmepumpe | 350 |
| 6.5.5 | Maler- und Lackiererhandwerk | 273 | 7.11.1 | Kosten der Elektroenergie zum Heizen | 350 |
| 6.5.6 | Chemische Industrie | 275 | 7.11.2 | Wirkungsweise der Wärmepumpe | 350 |
| 6.5.7 | Papierindustrie | 279 | 7.11.3 | Leistungszahl | 351 |
| 6.5.8 | Gesundheitsbetriebe | 282 | 7.11.4 | Gewinnung des Wärmeträgers | 351 |
| 6.6 | Einflüsse durch Haushaltungen | 284 | 7.11.5 | Auslegung von Wärmepumpen | 352 |

| | | | | | |
|-------------|---|-----|--------------|---|-----|
| 7.12 | Maßnahmen zur Energieeinsparung | 354 | 9.6.1 | Herkunft der Emissionen. | 469 |
| 7.12.1 | Gebäudeenergiegesetz | 354 | 9.6.2 | Abscheidung von Partikeln. | 471 |
| 7.12.2 | Energieausweis (Energiepass) | 356 | 9.6.3 | Abscheidung von Gasen | 472 |
| 7.12.3 | Energieeffizienzklassen | 357 | 9.7 | Behandlung von Altlasten | 478 |
| 7.12.4 | Energiemanagement-Systeme (EnMS). | 359 | 9.7.1 | Auftreten von Altlasten | 478 |
| 7.12.5 | Wohnklimatische Grundlagen | 361 | 9.7.2 | Erfassung der Altlasten | 478 |
| 7.12.6 | Wärmedämmung | 363 | 9.7.3 | In-Site-Verfahren | 479 |
| 7.12.7 | Kontrolliertes Lüften | 366 | 9.7.4 | Ex-Site-Verfahren | 482 |
| 7.12.8 | Brennwerttechnik | 367 | 9.8 | Schutz gegen Elektromog | 486 |
| 7.12.9 | Energieeffiziente Lichtquellen | 368 | 9.8.1 | Prinzipielle Maßnahmen | 486 |
| 7.12.10 | Smart Home | 370 | 9.8.2 | Schutz gegen hochfrequente EMIs | 487 |
| 8 | Elektrische Antriebe, | | 9.8.3 | Schutz gegen niederfrequente EMIs. | 487 |
| | Elektromobilität | 371 | 10 | Rohrsysteme und | |
| 8.1 | Elektromotoren | 371 | | Kanalsysteme | 489 |
| 8.1.1 | Leistungsschild. | 371 | 10.1 | Grafische Symbole | 489 |
| 8.1.2 | Arten von Elektromotoren | 372 | 10.2 | Rohrsysteme | 490 |
| 8.1.3 | Drehmomente von Elektromotoren | 374 | 10.2.1 | Anwendung von Rohrleitungen. | 490 |
| 8.1.4 | Klemmenbretter von Elektromotoren. | 375 | 10.2.2 | Komponenten von Rohrleitungen | 490 |
| 8.1.5 | Anlassschaltungen. | 375 | 10.2.3 | Inbetriebnahme und Betrieb. | 494 |
| 8.1.6 | Energieeffiziente Elektromotoren | 378 | 10.2.4 | Kennzeichnung von Rohrleitungen | 496 |
| 8.1.7 | Schütze. | 380 | 10.3 | Kanalsysteme | 497 |
| 8.2 | Elektromobilität | 382 | 10.3.1 | Aufbau | 497 |
| 8.2.1 | Hybridantriebe | 382 | 10.3.2 | Kanalreinigung | 498 |
| 8.2.2 | Elektrische Antriebe. | 385 | 10.3.3 | Orten von Rohren und Lecks | 500 |
| 8.2.3 | Stromversorgung von Elektrofahrzeugen | 387 | 11 | Betriebswirtschaft und IT- | |
| 9 | Umgang mit Umwelt- und | | | Einsatz | 501 |
| | Klimabelastungen | 389 | 11.1 | Umwelt-Ökonomie | 501 |
| 9.1 | Vermeiden und Entsorgen | 389 | 11.2 | Umwelt-, Klimaschutz-Audit | 504 |
| 9.1.1 | Vermeiden | 389 | 11.3 | IT-Arbeitsplatz | 506 |
| 9.1.2 | Entsorgen. | 390 | 11.3.1 | Komponenten | 506 |
| 9.2 | Wasserwirtschaft | 392 | 11.3.2 | Ergonomische Gestaltung | 507 |
| 9.2.1 | Kreislauf des Wassers | 392 | 11.4 | Vernetzte Computer | 508 |
| 9.2.2 | Trinkwassergewinnung | 393 | 11.4.1 | Lokales IT-Netzwerk | 508 |
| 9.2.3 | Trinkwasseraufbereitung | 394 | 11.4.2 | Internet. | 509 |
| 9.2.4 | Härte des Wassers | 399 | 11.5 | Programme für den Anwender | 510 |
| 9.2.5 | Wasserkreisläufe in Produktionsprozessen | 400 | 11.5.1 | Tabellenkalkulation | 510 |
| 9.2.6 | Abwassersammlung und | | 11.5.2 | Datenbanksysteme. | 512 |
| | Abwasserentsorgung | 404 | 11.5.3 | Anwendungsprogramme | 515 |
| 9.2.7 | Mechanische Stufe der Kläranlage | 406 | 11.6 | Schutz vor Datenmissbrauch, | |
| 9.2.8 | Biologische Stufe der Kläranlage. | 408 | | Datenbeschädigung | 519 |
| 9.2.9 | Anaerobe Wasserreinigung | 412 | 11.7 | Industrielle Computernutzung | 521 |
| 9.2.10 | Vierte Reinigungsstufe | 413 | 11.7.1 | Kleinsteuerung LOGO! | 521 |
| 9.2.11 | Klärschlammbehandlung | 414 | 11.7.2 | Industrie-PC. | 523 |
| 9.3 | Abfallwirtschaft | 415 | 11.7.3 | Feldbussysteme | 524 |
| 9.3.1 | Begriffe der Abfallwirtschaft | 415 | 11.7.4 | Regelungstechnik. | 526 |
| 9.3.2 | Sammelsysteme. | 417 | 12 | Anhang | 529 |
| 9.3.3 | Abfallbeförderung | 420 | 12.1 | H-Sätze und P-Sätze | 529 |
| 9.3.4 | Verfahren zur Abfallverwertung und | | 12.2 | Glossar | 533 |
| | Abfallbeseitigung | 421 | 12.3 | Periodensystem, chemische Bindung | 542 |
| 9.3.5 | Abfallverwertung von Flüssigkeiten | 422 | 12.4 | Symbole der Verfahrenstechnik | 543 |
| 9.3.6 | Abfallverwertung von festen Stoffen | 429 | 12.5 | Symbole der Elektrotechnik | 544 |
| 9.3.7 | Biologische Behandlung von Abfall | 441 | 12.6 | ATEX-Kennzeichnung | |
| 9.3.8 | Thermische Behandlung | 448 | | explosionsgeschützter Betriebsmittel | 545 |
| 9.3.9 | Rauchgasentschwefelung im | | 12.7 | Organisationsformen in Unternehmen | 546 |
| | Regenerativ-Verfahren | 459 | 12.8 | Arbeiten im Team | 547 |
| 9.3.10 | Entsticklung von Rauchgasen | 459 | 12.9 | Präsentation durch Vortrag | 548 |
| 9.4 | Deponierung | 460 | 12.10 | Ergänzungen zu erneuerbaren Energien | 549 |
| 9.4.1 | Arten von Deponien. | 460 | 12.11 | Normen | 550 |
| 9.4.2 | Oberirdische Deponie | 460 | | Fachliches Englisch | 551 |
| 9.4.3 | Unterirdische Deponie. | 464 | | Sachwortverzeichnis | 559 |
| 9.4.4 | Deponiebetrieb. | 465 | | Bildquellenverzeichnis | 568 |
| 9.4.5 | Abschluss der Deponie | 465 | | | |
| 9.5 | Entsorgung radioaktiver Abfälle | 466 | | | |
| 9.5.1 | Anfall von radioaktiven Abfällen | 466 | | | |
| 9.5.2 | Entsorgungskonzept radioaktiver Abfälle | 466 | | | |
| 9.5.3 | Zwischenlagerung | 467 | | | |
| 9.5.4 | Endlagerung | 468 | | | |
| 9.6 | Luftreinhalung | 469 | | | |

Formelzeichen dieses Buches Formula Symbols of this Book

| Formelzeichen | Bedeutung | Formelzeichen | Bedeutung | Formelzeichen | Bedeutung |
|------------------------|---|-----------------------|--|------------------------------------|---|
| Kleinbuchstaben | | Großbuchstaben | | Weitere Großbuchstaben | |
| <i>a</i> | Beschleunigung | <i>A</i> | 1. Fläche, 2. Ablenkkoeffizient, 3. Aktivität | <i>W</i> | 1. Arbeit, 2. Energie |
| <i>b</i> | 1. Breite, 2. Molalität | <i>B</i> | magn. Flussdichte | <i>X</i> | 1. Teilchenzahl, 2. Blindwiderstand |
| <i>c</i> | 1. Konzentration, 2. Ausbreitungsgeschwindigkeit, 3. elektrochemisches Äquivalent, 4. spez. Wärmekapazität | <i>C</i> | 1. Kapazität, 2. Wärmekapazität | <i>Y</i> | elektr. Scheinleitwert |
| <i>d</i> | 1. Durchmesser, 2. Abstand | <i>D</i> | 1. Durchmesser, 2. Flussdichte, 3. Richtgröße Feder, 4. Energiedosis | <i>Z</i> | 1. Scheinwiderstand, 2. Impedanz |
| <i>e</i> | 1. Elementarladung, 2. Regelabweichung | <i>E</i> | 1. elektr. Feldstärke, 2. Beleuchtungsstärke, 3. Absorption | Griechische Kleinbuchstaben | |
| <i>f</i> | Frequenz | <i>EW</i> | Einwohnerwert | α (Alpha) | 1. Winkel, 2. Temperaturbeiwert |
| <i>g</i> | 1. Fallbeschleunigung, 2. Ortskoeffizient | <i>F</i> | 1. Kraft, 2. Fehler, 3. Faraday-Konstante | β (Beta) | 1. Winkel, 2. Massenkonzentration, 3. Volumenanteil |
| <i>h</i> | Höhe | <i>G</i> | 1. Gewichtskraft, 2. elektr. Leitwert | γ (Gamma) | 1. Winkel, 2. Leitfähigkeit, 3. Ausdehnungskoeffizient |
| <i>i</i> | zeitabhängige Stromstärke | <i>H</i> | 1. Äquivalentdosis, 2. magn. Feldstärke, 3. Energieinhalt | ε (Epsilon) | 1. Permittivität, 2. Absorptionskoeffizient, 3. Leistungszahl |
| <i>k</i> | allgemeine Konstante | <i>I</i> | 1. elektr. Stromstärke, 2. Lichtstärke | ζ (Zeta) | Arbeitsgrad |
| <i>l</i> | Länge | <i>J</i> | Stromdichte | η (Eta) | Wirkungsgrad |
| <i>m</i> | 1. Masse, 2. Reglerausgangsgröße | <i>JAZ</i> | Jahresarbeitszahl | θ (Theta) | Temperatur in °C |
| <i>n</i> | 1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz, 2. ganze Zahl 1, 2, ..., 3. Stoffmenge | <i>K</i> | 1. Koeffizient, 2. Korrektur | κ (Kappa) | Wärmeleitfähigkeit |
| <i>p</i> | 1. Druck, 2. Polpaarzahl | <i>L</i> | 1. Pegel, 2. Induktivität | λ (Lambda) | Wellenlänge |
| <i>r</i> | 1. Radius, 2. Rate | <i>M</i> | 1. molare Masse, 2. Dreh-, Kraftmoment | μ (My) | 1. Permeabilität, 2. Reibungszahl |
| <i>s</i> | Strecke, Dicke | <i>N</i> | 1. Teilchenzahl, 2. Windungszahl | π (Pi) | Zahl 3,1415926... |
| <i>t</i> | Zeit | <i>P</i> | Wirkleistung | ρ (Rho) | 1. Dichte, 2. spez. Widerstand |
| <i>u</i> | zeitabhängige Spannung | <i>Q</i> | 1. Ladung, 2. Wärme, 3. Blindleistung | σ (Sigma) | 1. Konzentration, 2. mechan. Spannung |
| <i>v</i> | Geschwindigkeit | <i>R</i> | 1. elektr. Widerstand, 2. Festigkeit | τ (Tau) | 1. Zeitkonstante, 2. Transmission |
| <i>w</i> | 1. Energiedichte, 2. Führungsgröße | <i>S</i> | 1. Strahlungsdichte, 2. Steilheit, 3. Scheinleistung | φ (Phi) | 1. Winkel, 2. Phasenverschiebung |
| <i>x</i> | 1. Regelgröße, 2. Stoffmengenanteil | <i>T</i> | 1. Temperatur in K, 2. Periodendauer, 3. Dreh-, Kraftmoment, 4. Halbwertszeit | ω (Omega) | Winkelgeschwindigkeit |
| <i>y</i> | Stellgröße | <i>U</i> | elektr. Spannung | Griechische Großbuchstaben | |
| <i>z</i> | 1. ganze Zahl, 2. Störgröße, 3. Ladungszahl | <i>V</i> | 1. Volumen, 2. Verstärkungsfaktor | Δ (Delta) | Differenz |
| | | | | Φ (Phi) | 1. Lichtstrom, 2. magn. Fluss |

Spezielle Formelzeichen werden gebildet, indem man an die Formelzeichen-Buchstaben einen Index oder mehrere Indizes anhängt oder sonstige Zeichen dazusetzt.

Indizes und Zeichen für Formelzeichen

Indexes and Signs for Formula Symbols

| Index, Zeichen | Bedeutung | Index, Zeichen | Bedeutung | Index, Zeichen | Bedeutung |
|-------------------------|---|------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Ziffern, Zeichen | | Fortsetzung Kleinbuchstaben | | Fortsetzung Großbuchstaben | |
| 0 | 1. Ausgangs-, 2. Einstrahlung, 3. Leerlauf, 4. im Vakuum | in | Eingang (input) | B | 1. Basis, 2. Betriebs- |
| 1 | 1. Eingang, 2. Reihenfolge, 3. hoher Wert | k | 1. Kurzschluss-, 2. kinetisch | C | 1. kapazitiv, 2. Takt |
| 2 | 1. Ausgang, 2. Reihenfolge, 3. niedriger Wert | m | 1. magnetisch, 2. Mittelwert, 3. gemessen | D | 1. Daten, 2. Drain- |
| 3, 4, ... | 1. Reihenfolge, 2. Anzahl | max | maximal, höchstens | E | 1. Entladen, 2. Emitter, 3. Erde |
| 1/2 | Halbwertszeit | mec | mechanisch | F | 1. Fehler-, 2. Vorwärts (forward) |
| () | Angabe eines Stoffes | min | minimal, mindestens | G | 1. Gewicht, 2. Gate, 3. Generator |
| ^ z.B. \hat{u} | Maximalwert, Höchstwert | n | 1. Nenn-, 2. Normal | H | 1. Höhe, 2. Hall-, 3. Hysterese |
| ∨ z.B. \check{u} | Tiefstwert, Kleinstwert | out | Ausgang (output) | K | 1. Kanal, 2. Katode |
| ' z.B. u' | 1. bezogen auf, 2. Hinweis | p | 1. parallel, 2. Druck-, 3. Prüf- | L | 1. Lösemittel, 2. Verbrennungsluft |
| Δ | in Dreieckschaltung | pH | pH-Wert | N | 1. Bemessungs-, 2. Nutz- |
| Y | in Sternschaltung | r | 1. in Reihe, 2. relativ, 3. Reaktions-, 4. Remanenz- | R | 1. Rückwärts-, 2. rechts, 3. rot |
| Kleinbuchstaben | | rück | rückwärts | S | 1. Schalt-, 2. Schleife, 3. Signal- |
| a | 1. Ausgangsstoff, 2. Ausgang, 3. außen, 4. Ableit-, 5. Jahr (anno) | s | 1. Serie, 2. in Wegrichtung, 3. stöchiometrisch, 4. Soll-, 5. spezifisch | T | Transformator- |
| ab | abgegeben | t | tief, unten | U | Umgebung |
| amb | 1. Umgebung, 2. Luft | th | thermisch | V | 1. Volumen-, 2. Spannungsmesser |
| auf | aufgenommen | u | Spannungs- | Y | 1. Sternschaltung, 2. am Y-Eingang |
| b | 1. Bit, 2. Blind- | v | 1. Vor-, 2. Verlust, 3. Vergleich-, 4. visuell, Licht- | Griechische Kleinbuchstaben | |
| c | 1. Grenz- (cut off), 2. Gleichgewichts- | w | 1. Wirk, 2. Wellen, 3. Wind | α (alpha) | in Richtung des Winkels α |
| d | 1. Dauer, 2. Dämpfung | x | 1. Unbekannte, 2. in x-Richtung | φ (Phi) | Phasenverschiebung betreffend |
| e | Eingang | y | 1. in y-Richtung, 2. Sternschaltung | Δ (Delta) | eine Differenz betreffend |
| eff | Effektivwert | z | Zwischen- | Großbuchstaben | |
| ges | Gesamt- | zu | zugeführt | A | 1. Abgas, 2. Avogadro-, 3. Anlage, 4. Anlagenerdung, 5. Strommesser |
| h | hoch, oben | zul | zulässig | | |
| hin | hinwärts | Großbuchstaben | | | |
| i | 1. innen, 2. der Teile, 3. induziert | | | | |

Die Indizes können kombiniert werden, z. B. bei $v_{\max\text{hin}}$ maximale Geschwindigkeit der Hinreaktion. Indizes, die aus mehreren Buchstaben bestehen, können bis auf den Anfangsbuchstaben gekürzt werden, wenn keine Missverständnisse zu befürchten sind. Zur Kennzeichnung von Werkstoffen können deren Symbole verwendet werden, z. B. T_{Cu} Temperatur von Kupfer.

Stoffangaben von Konzentrationen können durch Indizes erfolgen, z. B. c_{HJ} für Konzentration von Jodwasserstoff, oder durch Stoffangabe in angehängter Klammer, z. B. c (HJ).

1 Umwelttechnik, Umweltschutz, Klimaschutz

1.1 Umwelt Environment

Das Wort Umwelt wurde erstmals verwendet in der Studie (dem Aufsatz) „Umwelt und Innenwelt der Tiere“ (J. von Uexküll, 1909). In der Folgezeit entstand in den USA der Begriff Human Environment Protection, ins Deutsche übersetzt *Umweltschutz*.

Darunter wurde, gründend auf religiösen Motiven, das *einfache* Leben verstanden, um die Umwelt zu erhalten. In Europa wurde dieser Gedanke vor allem durch die Studie von 1972 „Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome (1968 als Vereinigung politischer Honoratioren gegründet) verbreitet, wobei vor allem ein einfaches Leben zur Schonung der (damals erstmals so benannten) Ressourcen (natürliche Hilfsquellen) zwecks Erhaltung der Schöpfung gefordert wurde.

Beim ursprünglichen Umweltschutz forderten gute Menschen, dass alle Menschen einfacher leben.

Diese Art des Umweltschutzes, seit einigen Jahren erweitert um den Klimaschutz, war bisher nicht erfolgreich. Die Bevölkerung kaufte immer größere Autos, flog mit den Abgas erzeugenden Flugzeugen immer längere Strecken, heizte die Wohnungen immer stärker und fand Wege, im Hochsommer kühl zu leben und sogar Wintersport zu treiben.

Der Umweltschutz und Klimaschutz durch einfaches Leben ist zwar ehrenvoll, infolge des Wohlstandsdenkens aber fast wirkungslos.

Dagegen entwickelte sich die *Umwelttechnik* zu einer das ganze Leben durchdringenden Technik. Sie stellt den Umweltschutz bestmöglich her. Diese Umwelttechnik wird von zahllosen Menschen umgesetzt. Ein Teil ihrer Arbeitsplätze ist dem sekundären Bereich, also der Produktion von Gütern, zuzuordnen, ein anderer Teil dem tertiären Bereich, also den Dienstleistungen (**Bild 1**).

Umwelt- und Klimaschutz führen über die Umwelttechnik zu vielen Arbeitsplätzen.



Bild 1: Fachkraft für Abwassertechnik bei der Arbeit



Bild 2: Umwelttechnische Assistentin bei der Wasseruntersuchung (www.siemens.com)

1.2 Arbeitsbereiche Working Areas

Die Arbeitsplätze in der Umwelttechnik setzen die Qualifikationen von Angelernten über die Fachkraft bzw. den Facharbeiter, den Meister oder Techniker bis zum Ingenieur, Biologen oder sonstigen Naturwissenschaftler voraus (**Bild 2**). Hierbei ist Wissen u. a. über chemische, physikalische und biologische Zusammenhänge (Abschnitte 2, 3) sowie über Umwelt- und Klimabelastungen (Abschnitte 5, 6, 9) unentbehrlich.

Fachkräfte der Umwelttechnik

Als Ausbildungsberuf mit dreijähriger Ausbildung für die **Umwelttechnik im engeren Sinne**

gibt es die Fachkräfte für Wasserwirtschaft, für Wasserversorgungstechnik, für Abwassertechnik, für Rohr-, Kanal- und Industrieservice sowie Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Die Fachkraft für Abwassertechnik betreut die Kläranlagen (Bild 1, vorhergehende Seite). Nach mehrjähriger Tätigkeit kann die Meisterprüfung abgelegt werden, z. B. für die Leitung eines Klärwerks.

Laboruntersuchungen werden von Assistentinnen bzw. Assistenten der Umwelttechnik vorgenommen (Bild 2, vorhergehende Seite (Abschnitt 4)). Diese arbeiten in Anlagen der Umwelttechnik und bei Behörden, z. B. bei den Umweltschutzämtern bzw. Abfallwirtschaftsämtern.

Umweltspezialist in der Produktion

Facharbeiter technischer Fachrichtungen können durch Besuch einer Technikerschule „Techniker für Umwelttechnik“ werden. Sie können dann leitend in Anlagen der Umwelttechnik arbeiten oder in sonstigen Betrieben Aufgaben des Umweltschutzes übernehmen, z. B. als Beauftragte für das Abfallwesen.

Techniker der Fachrichtung Umwelttechnik entwickeln und bauen Geräte für die Umwelttechnik, also z. B. spezielle Geräte für Wasserwerke (**Bild 1**). Sie installieren Anlagen, die dem Umweltschutz dienen, z. B. für das Recyceln von Wasser (**Bild 2**).

Umweltberatung und Zertifizierung

Die groß gewordene Bedeutung des Umweltschutzes (den Klimaschutz eingeschlossen) hat dazu geführt, dass Betriebe und Dienststellen Bedarf an Umweltschutz-Beratung haben. Zu nennen sind:

- Umwelt-, Klimaschutzbeauftragte,
- Abfallberater bei Entsorgungsbetrieben,
- Kundenberater bei Energieversorgern,
- Energieberater,
- Berater für das Öko-Audit,
- Umweltgutachter und
- Zertifizierer der Entsorgungsbetriebe.

Entsorgungswirtschaft

Es gibt in Deutschland über 1500 Betriebe, die Entsorgung betreiben. Es handelt sich dabei um Betriebe vom Einmannbetrieb bis zum Großbetrieb. Ihr Jahresumsatz beträgt zusammen hunderte Millionen von €. Allein im Entsorgungsgeschäft sind knapp 200 000 Menschen tätig.

Die umwelttechnischen Fachkräfte im engeren Sinne können in allen Bereichen der Wirtschaft und des öffentlichen Dienstes tätig sein.



Bild 1: Prüfung einer Entsalzungsanlage von Meerwasser



Bild 2: Umwelttechniker an einer Anlage zum Wasserrecyclen in einem Hallenbad

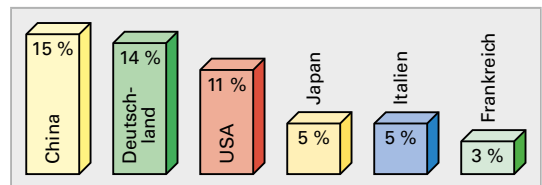


Bild 3: Anteile am Weltmarkt für Umwelttechnikgüter (Umweltbundesamt, 2023)

Umweltgerechte Produktion

Die **Umwelttechnik im weiteren** Sinne ist heute in allen Wirtschaftsbereichen maßgebend. Deshalb sind alle dort Beschäftigten im *Umweltgeschäft* tätig. Vor allem nach dem Erkennen der Bedeutung des Klimaschutzes arbeiten Facharbeiter, Techniker und Ingenieure mit oder ohne Umwelt-Zusatzqualifikation in allen Produktionszweigen daran, dass die Umwelt, inkl. des Klimas, nicht belastet oder wieder in den ursprünglichen Zustand gebracht wird. Das betrifft z. B. den Bau von Kraftfahrzeugen ebenso wie den Rückbau der Wasserstraßen.

Das Umweltgeschäft mit der Umwelttechnik umfasst alle Bereiche der Wirtschaft und der Politik.