



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  
Düsselderger 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](http://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](http://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 Biologielaboranten**, 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 CO<sub>2</sub>-Speicherung, CO<sub>2</sub>-intensive Herstellungsprozesse, CO<sub>2</sub>-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](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

# Inhaltsverzeichnis

## Contents

<b>1</b>	<b>Umwelttechnik, Umweltschutz, Klimaschutz</b> .....	9	3.1.4	Mutationen .....	89
<b>1.1</b>	<b>Umwelt</b> .....	9	3.1.5	Mutagene Faktoren .....	90
<b>1.2</b>	<b>Arbeitsbereiche</b> .....	9	3.1.6	Mutationen und Krebs .....	91
<b>1.3</b>	<b>Umweltkonzepte</b> .....	11	<b>3.2</b>	<b>Stoffwechselprozesse</b> .....	92
<b>1.4</b>	<b>Mobilitätskonzepte</b> .....	13	3.2.1	ATP (Adenosintriphosphat) .....	92
<b>1.5</b>	<b>Digitalisierung</b> .....	14	3.2.2	Fotosynthese .....	93
<b>1.6</b>	<b>Energiekonzepte</b> .....	15	3.2.3	Biologische Oxidation .....	94
<b>2</b>	<b>Chemische und physikalische Grundlagen</b> .....	16	3.2.4	Proteinbiosynthese .....	96
<b>2.1</b>	<b>Chemische Grundbegriffe</b> .....	16	<b>3.3</b>	<b>Einwirkung von Schadstoffen auf den Organismus</b> .....	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
<b>2.2</b>	<b>Wässrige Lösungen</b> .....	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	<b>3.4</b>	<b>Mikroorganismen</b> .....	105
2.2.3	Konzentration von Lösungen .....	25	3.4.1	Lebewesen des mikrobiologischen Bereichs .....	105
<b>2.3</b>	<b>Organische Lösemittel</b> .....	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
<b>2.4</b>	<b>Disperse Systeme</b> .....	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	<b>3.5</b>	<b>Ökologische Grundbegriffe</b> .....	117
2.4.3	Besondere Eigenschaften kolloider Lösungen .....	39	3.5.1	Kennzeichen ökologischer Systeme .....	117
<b>2.5</b>	<b>Chemische Reaktionen</b> .....	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	<b>4</b>	<b>Analytik</b> .....	126
2.5.4	Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert .....	44	<b>4.1</b>	<b>Aufgaben der chemischen Analytik</b> .....	126
<b>2.6</b>	<b>Korrosion</b> .....	46	<b>4.2</b>	<b>Analytische Schnelltests</b> .....	127
2.6.1	Chemische Korrosion .....	46	<b>4.3</b>	<b>Instrumentelle Analytik</b> .....	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
<b>2.7</b>	<b>Physikalische Grundbegriffe</b> .....	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	<b>4.4</b>	<b>Klassische Verfahren der Umweltanalytik</b> .....	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	<b>4.5</b>	<b>Sensorik</b> .....	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	<b>5</b>	<b>Umweltrecht</b> .....	152
2.7.13	Elektrolyse .....	72	<b>5.1</b>	<b>Gesetzgebung</b> .....	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	<b>5.2</b>	<b>Einführung in das Umweltrecht</b> .....	155
<b>3</b>	<b>Biologische Grundlagen</b> .....	81	<b>3.1</b>	<b>Struktur und Funktion von Zellen</b> .....	81
<b>3.1</b>	<b>Begriffe</b> .....	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
<b>5.3</b>	<b>Gesetze und Verordnungen</b>	159	<b>6.7</b>	<b>Einflüsse durch die Landwirtschaft</b>	287
5.3.1	Naturschutz und Landschaftspflege	159	<b>6.8</b>	<b>Gründe des Klimawandels</b>	290
5.3.2	Gewässerschutz	160	<b>7</b>	<b>Energieversorgung</b>	295
5.3.3	Immissionsschutz	165	<b>7.1</b>	<b>Grundlagen der Stromerzeugung</b>	295
5.3.4	Lichtimmissionen	172	<b>7.2</b>	<b>Wasserkraftwerke</b>	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	<b>7.3</b>	<b>Windkraftwerke</b>	298
5.3.10	Pflanzenschutzgesetz	191	<b>7.4</b>	<b>Wärme- und Kälteanlagen</b>	304
5.3.11	Gentechnikgesetz	191	7.4.1	Effizienz der Stromerzeugung durch Wärmekraftwerke	304
<b>5.4</b>	<b>Betriebsbeauftragte für Umweltschutz</b>	193	7.4.2	Arten der Wärmekraftwerke	305
<b>5.5</b>	<b>Umwelthaftung, Umweltstrafrecht</b>	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
<b>6</b>	<b>Umwelt- und Klimabelastungen</b>	197	7.4.2.4	Kernkraftwerke (Atomkraftwerke)	308
<b>6.1</b>	<b>Boden, Wasser, Luft</b>	197	7.4.3	Fracking	311
6.1.1	Bodenbelastungen	197	<b>7.5</b>	<b>Nutzung der Solarenergie</b>	312
6.1.2	Wasserbelastungen	197	7.5.1	Verteilung der Solarenergie	312
6.1.3	Luftbelastungen	199	7.5.2	Solarthermie	312
<b>6.2</b>	<b>Belastung durch Strahlung</b>	204	7.5.3	Photovoltaik	315
6.2.1	Strahlungsarten	204	<b>7.6</b>	<b>Stromerzeugung mit Brennstoffzellen</b>	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	<b>7.7</b>	<b>Stromtransport</b>	328
<b>6.3</b>	<b>Lärm</b>	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
<b>6.4</b>	<b>Arbeitsschutzbestimmungen</b>	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	<b>7.8</b>	<b>Ausgleich schwankender Stromerzeugung</b>	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	<b>7.9</b>	<b>Erneuerbare-Energien-Gesetz</b>	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	<b>7.10</b>	<b>Nutzung nachwachsender Rohstoffe</b>	344
<b>6.5</b>	<b>Einflüsse durch Industrie und Gewerbe</b>	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	<b>7.11</b>	<b>Wärmepumpe</b>	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
<b>6.6</b>	<b>Einflüsse durch Haushaltungen</b>	284	7.11.5	Auslegung von Wärmepumpen	352

<b>7.12</b>	<b>Maßnahmen zur Energieeinsparung</b> . . . . .	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	<b>9.7</b>	<b>Behandlung von Altlasten</b> . . . . .	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	<b>9.8</b>	<b>Schutz gegen Elektromog</b> . . . . .	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
			9.8.3	Schutz gegen niederfrequente EMIs. . . . .	487
<b>8</b>	<b>Elektrische Antriebe, Elektromobilität</b> . . . . .	371	<b>10</b>	<b>Rohrsysteme und Kanalsysteme</b> . . . . .	489
<b>8.1</b>	<b>Elektromotoren</b> . . . . .	371	<b>10.1</b>	<b>Grafische Symbole</b> . . . . .	489
8.1.1	Leistungsschild. . . . .	371	<b>10.2</b>	<b>Rohrsysteme</b> . . . . .	490
8.1.2	Arten von Elektromotoren . . . . .	372	10.2.1	Anwendung von Rohrleitungen. . . . .	490
8.1.3	Drehmomente von Elektromotoren . . . . .	374	10.2.2	Komponenten von Rohrleitungen . . . . .	490
8.1.4	Klemmenbretter von Elektromotoren. . . . .	375	10.2.3	Inbetriebnahme und Betrieb. . . . .	494
8.1.5	Anlassschaltungen. . . . .	375	10.2.4	Kennzeichnung von Rohrleitungen . . . . .	496
8.1.6	Energieeffiziente Elektromotoren . . . . .	378	<b>10.3</b>	<b>Kanalsysteme</b> . . . . .	497
8.1.7	Schütze. . . . .	380	10.3.1	Aufbau . . . . .	497
<b>8.2</b>	<b>Elektromobilität</b> . . . . .	382	10.3.2	Kanalreinigung . . . . .	498
8.2.1	Hybridantriebe . . . . .	382	10.3.3	Orten von Rohren und Lecks . . . . .	500
8.2.2	Elektrische Antriebe. . . . .	385			
8.2.3	Stromversorgung von Elektrofahrzeugen . . . . .	387	<b>11</b>	<b>Betriebswirtschaft und IT- Einsatz</b> . . . . .	501
<b>9</b>	<b>Umgang mit Umwelt- und Klimabelastungen</b> . . . . .	389	<b>11.1</b>	<b>Umwelt-Ökonomie</b> . . . . .	501
<b>9.1</b>	<b>Vermeiden und Entsorgen</b> . . . . .	389	<b>11.2</b>	<b>Umwelt-, Klimaschutz-Audit</b> . . . . .	504
9.1.1	Vermeiden . . . . .	389	<b>11.3</b>	<b>IT-Arbeitsplatz</b> . . . . .	506
9.1.2	Entsorgen. . . . .	390	11.3.1	Komponenten . . . . .	506
<b>9.2</b>	<b>Wasserwirtschaft</b> . . . . .	392	11.3.2	Ergonomische Gestaltung . . . . .	507
9.2.1	Kreislauf des Wassers . . . . .	392	<b>11.4</b>	<b>Vernetzte Computer</b> . . . . .	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	<b>11.5</b>	<b>Programme für den Anwender</b> . . . . .	510
9.2.5	Wasserkreisläufe in Produktionsprozessen	400	11.5.1	Tabellenkalkulation . . . . .	510
9.2.6	Abwassersammlung und Abwasserentsorgung . . . . .	404	11.5.2	Datenbanksysteme. . . . .	512
9.2.7	Mechanische Stufe der Kläranlage . . . . .	406	11.5.3	Anwendungsprogramme . . . . .	515
9.2.8	Biologische Stufe der Kläranlage. . . . .	408	<b>11.6</b>	<b>Schutz vor Datenmissbrauch, Datenbeschädigung</b> . . . . .	519
9.2.9	Anaerobe Wasserreinigung . . . . .	412	<b>11.7</b>	<b>Industrielle Computernutzung</b> . . . . .	521
9.2.10	Vierte Reinigungsstufe . . . . .	413	11.7.1	Kleinsteuerung LOGO! . . . . .	521
9.2.11	Klärschlammbehandlung . . . . .	414	11.7.2	Industrie-PC. . . . .	523
<b>9.3</b>	<b>Abfallwirtschaft</b> . . . . .	415	11.7.3	Feldbussysteme . . . . .	524
9.3.1	Begriffe der Abfallwirtschaft . . . . .	415	11.7.4	Regelungstechnik. . . . .	526
9.3.2	Sammelsysteme. . . . .	417	<b>12</b>	<b>Anhang</b> . . . . .	529
9.3.3	Abfallbeförderung . . . . .	420	<b>12.1</b>	<b>H-Sätze und P-Sätze</b> . . . . .	529
9.3.4	Verfahren zur Abfallverwertung und Abfallbeseitigung . . . . .	421	<b>12.2</b>	<b>Glossar</b> . . . . .	533
9.3.5	Abfallverwertung von Flüssigkeiten . . . . .	422	<b>12.3</b>	<b>Periodensystem, chemische Bindung</b> . . . . .	542
9.3.6	Abfallverwertung von festen Stoffen . . . . .	429	<b>12.4</b>	<b>Symbole der Verfahrenstechnik</b> . . . . .	543
9.3.7	Biologische Behandlung von Abfall . . . . .	441	<b>12.5</b>	<b>Symbole der Elektrotechnik</b> . . . . .	544
9.3.8	Thermische Behandlung . . . . .	448	<b>12.6</b>	<b>ATEX-Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel</b> . . . . .	545
9.3.9	Rauchgasentschwefelung im Regenerativ-Verfahren . . . . .	459	<b>12.7</b>	<b>Organisationsformen in Unternehmen</b> . . . . .	546
9.3.10	Entsticklung von Rauchgasen . . . . .	459	<b>12.8</b>	<b>Arbeiten im Team</b> . . . . .	547
<b>9.4</b>	<b>Deponierung</b> . . . . .	460	<b>12.9</b>	<b>Präsentation durch Vortrag</b> . . . . .	548
9.4.1	Arten von Deponien. . . . .	460	<b>12.10</b>	<b>Ergänzungen zu erneuerbaren Energien</b> . . . . .	549
9.4.2	Oberirdische Deponie . . . . .	460	<b>12.11</b>	<b>Normen</b> . . . . .	550
9.4.3	Unterirdische Deponie. . . . .	464		<b>Fachliches Englisch</b> . . . . .	551
9.4.4	Deponiebetrieb. . . . .	465		<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	559
9.4.5	Abschluss der Deponie . . . . .	465		<b>Bildquellenverzeichnis</b> . . . . .	568
<b>9.5</b>	<b>Entsorgung radioaktiver Abfälle</b> . . . . .	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			
<b>9.6</b>	<b>Luftreinhalung</b> . . . . .	469			

## Formelzeichen dieses Buches Formula Symbols of this Book

Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung	Formelzeichen	Bedeutung
<b>Kleinbuchstaben</b>		<b>Großbuchstaben</b>		<b>Weitere Großbuchstaben</b>	
<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	<b>Griechische Kleinbuchstaben</b>	
<i>f</i>	Frequenz	<i>EW</i>	Einwohnerwert	$\alpha$ (Alpha)	1. Winkel, 2. Temperaturbeiwert
<i>g</i>	1. Fallbeschleunigung, 2. Ortskoeffizient	<i>F</i>	1. Kraft, 2. Fehler, 3. Faraday-Konstante	$\beta$ (Beta)	1. Winkel, 2. Massenkonzentration, 3. Volumenanteil
<i>h</i>	Höhe	<i>G</i>	1. Gewichtskraft, 2. elektr. Leitwert	$\gamma$ (Gamma)	1. Winkel, 2. Leitfähigkeit, 3. Ausdehnungskoeffizient
<i>i</i>	zeitabhängige Stromstärke	<i>H</i>	1. Äquivalentdosis, 2. magn. Feldstärke, 3. Energieinhalt	$\varepsilon$ (Epsilon)	1. Permittivität, 2. Absorptionskoeffizient, 3. Leistungszahl
<i>k</i>	allgemeine Konstante	<i>I</i>	1. elektr. Stromstärke, 2. Lichtstärke	$\zeta$ (Zeta)	Arbeitsgrad
<i>l</i>	Länge	<i>J</i>	Stromdichte	$\eta$ (Eta)	Wirkungsgrad
<i>m</i>	1. Masse, 2. Reglerausgangsgröße	<i>JAZ</i>	Jahresarbeitszahl	$\theta$ (Theta)	Temperatur in °C
<i>n</i>	1. Drehzahl, Umdrehungsfrequenz, 2. ganze Zahl 1, 2, ..., 3. Stoffmenge	<i>K</i>	1. Koeffizient, 2. Korrektur	$\kappa$ (Kappa)	Wärmeleitfähigkeit
<i>p</i>	1. Druck, 2. Polpaarzahl	<i>L</i>	1. Pegel, 2. Induktivität	$\lambda$ (Lambda)	Wellenlänge
<i>r</i>	1. Radius, 2. Rate	<i>M</i>	1. molare Masse, 2. Dreh-, Kraftmoment	$\mu$ (My)	1. Permeabilität, 2. Reibungszahl
<i>s</i>	Strecke, Dicke	<i>N</i>	1. Teilchenzahl, 2. Windungszahl	$\pi$ (Pi)	Zahl 3,1415926...
<i>t</i>	Zeit	<i>P</i>	Wirkleistung	$\rho$ (Rho)	1. Dichte, 2. spez. Widerstand
<i>u</i>	zeitabhängige Spannung	<i>Q</i>	1. Ladung, 2. Wärme, 3. Blindleistung	$\sigma$ (Sigma)	1. Konzentration, 2. mechan. Spannung
<i>v</i>	Geschwindigkeit	<i>R</i>	1. elektr. Widerstand, 2. Festigkeit	$\tau$ (Tau)	1. Zeitkonstante, 2. Transmission
<i>w</i>	1. Energiedichte, 2. Führungsgröße	<i>S</i>	1. Strahlungsdichte, 2. Steilheit, 3. Scheinleistung	$\varphi$ (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	$\omega$ (Omega)	Winkelgeschwindigkeit
<i>y</i>	Stellgröße	<i>U</i>	elektr. Spannung	<b>Griechische Großbuchstaben</b>	
<i>z</i>	1. ganze Zahl, 2. Störgröße, 3. Ladungszahl	<i>V</i>	1. Volumen, 2. Verstärkungsfaktor	$\Delta$ (Delta)	Differenz
				$\Phi$ (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
<b>Ziffern, Zeichen</b>		<b>Fortsetzung Kleinbuchstaben</b>		<b>Fortsetzung Großbuchstaben</b>	
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
		m	1. magnetisch, 2. Mittelwert, 3. gemessen	D	1. Daten, 2. Drain-
2	1. Ausgang, 2. Reihenfolge, 3. niedriger Wert	max	maximal, höchstens	E	1. Entladen, 2. Emitter, 3. Erde
		mec	mechanisch	F	1. Fehler-, 2. Vorwärts (forward)
3, 4, ...	1. Reihenfolge, 2. Anzahl	min	minimal, mindestens		
		n	1. Nenn-, 2. Normal	H	1. Höhe, 2. Hall-, 3. Hysterese
1/2	Halbwertszeit	out	Ausgang (output)		
( )	Angabe eines Stoffes	p	1. parallel, 2. Druck-, 3. Prüf-	L	1. Lösemittel, 2. Verbrennungsluft
^ z.B. $\hat{u}$	Maximalwert, Höchstwert	pH	pH-Wert	N	1. Bemessungs-, 2. Nutz-
∨ z.B. $\check{u}$	Tiefstwert, Kleinstwert	r	1. in Reihe, 2. relativ, 3. Reaktions-, 4. Remanenz-	R	1. Rückwärts-, 2. rechts, 3. rot
' z.B. $u'$	1. bezogen auf, 2. Hinweis	rück	rückwärts	S	1. Schalt-, 2. Schleife, 3. Signal-
Δ	in Dreieckschaltung	s	1. Serie, 2. in Wegrichtung, 3. stöchiometrisch, 4. Soll-, 5. spezifisch		
Y	in Sternschaltung	th	thermisch	U	Umgebung
<b>Kleinbuchstaben</b>		u	Spannungs-	V	1. Volumen-, 2. Spannungsmesser
a	1. Ausgangsstoff, 2. Ausgang, 3. außen, 4. Ableit-, 5. Jahr (anno)	v	1. Vor-, 2. Verlust, 3. Vergleich-, 4. visuell, Licht-	Y	1. Sternschaltung, 2. am Y-Eingang
ab	abgegeben	w	1. Wirk, 2. Wellen, 3. Wind	<b>Griechische Kleinbuchstaben</b>	
amb	1. Umgebung, 2. Luft	x	1. Unbekannte, 2. in x-Richtung	α (alpha)	in Richtung des Winkels α
auf	aufgenommen	y	1. in y-Richtung, 2. Sternschaltung	φ (Phi)	Phasenverschiebung betreffend
b	1. Bit, 2. Blind-	z	Zwischen-	Δ (Delta)	eine Differenz betreffend
c	1. Grenz- (cut off), 2. Gleichgewichts-	zu	zugeführt	<b>Großbuchstaben</b>	
d	1. Dauer, 2. Dämpfung	zul	zulässig	A	1. Abgas, 2. Avogadro-, 3. Anlage, 4. Anlagenerdung, 5. Strommesser
e	Eingang	<b>Großbuchstaben</b>			
eff	Effektivwert				
ges	Gesamt-				
h	hoch, oben				
hin	hinwärts				
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.  $T_{\text{Cu}}$  Temperatur von Kupfer.

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

# 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.

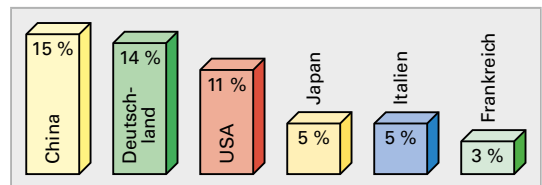
Die umwelttechnischen Fachkräfte im engeren Sinne können in allen Bereichen der Wirtschaft und des öffentlichen Dienstes tätig sein.



**Bild 1: Prüfung einer Entsalzungsanlage von Meerwasser**



**Bild 2: Umwelttechniker an einer Anlage zum Wasserrecyceln 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.

Ausgeprägt ist das Umweltgeschäft bei

- Maschinenbau mit Kraftfahrzeugtechnik,
- Elektrotechnik mit Kraftwerksbau,
- Gas- und Wasserinstallation mit Heizungsbau,
- Chemotechnik, Pharmatechnik,
- Land- und Forstwirtschaft.

### Internationaler Stand

Im Umweltgeschäft liegt Deutschland nach China und vor den USA weltweit an 2. Stelle (**Bild 3, vorhergehende Seite**). Der Umsatz umweltrelevanter Produkte beträgt dabei Hunderte von Milliarden €. Genauere Angaben sind nicht möglich, da Grenzen zwischen Umweltrelevanz und Nicht-Umweltrelevanz kaum anzugeben sind.

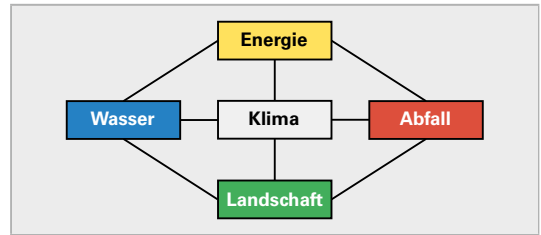
## 1.3 Umweltkonzepte Environmental Concepts

Jeder Betrieb und jede Dienststelle soll den Umweltschutz und Klimaschutz durch geeignete Konzepte sicherstellen.

Im Rahmen eines Umweltkonzepts, dieses umfasst auch ein Nachhaltigkeitskonzept, werden ökologische Ziele und damit verbundene Maßnahmen für die bekannten Umweltbereiche gesamtartig beschrieben (**Bild 1**). Durch ein Gesamtkonzept für den Umwelt- und Klimaschutz, z. B. eines Unternehmens, wird versucht, in allen betrieblichen Bereichen die geeigneten Anforderungen in die betrieblichen Abläufe zu integrieren. Umweltauflagen sind auch als betriebswirtschaftliches Instrument zu benutzen, um möglichst alle Vorteile eines umweltbewussten Verhaltens für das Unternehmen auszuschöpfen.

Das Sich-Bekennen zum Umwelt- und Klimaschutz mittels eines Umweltkonzepts wird von großen Unternehmen in deren jährlichem Umweltbericht zum Ausdruck gebracht (**Bild 2**). Das Umweltkonzept sieht hier z. B. vor, die Energie der Abluft von Trockneranlagen für Lackierungen durch Wärmerückgewinnung anderweitig zu nutzen. Ferner reicht dieses Umweltkonzept über definierte Maßnahmen der Müllvermeidung bis hin zu Maßnahmen des Erzielens einer hohen Energieeffizienz (DIN VDE 0100-801).

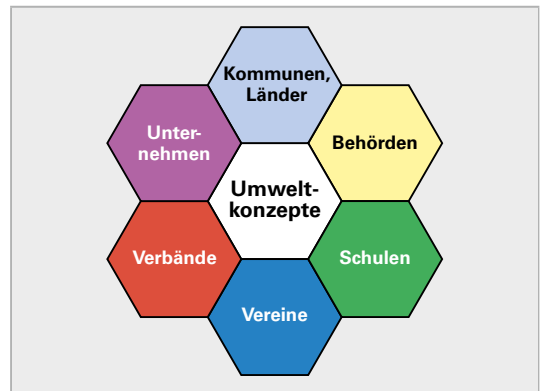
Umweltkonzepte, auch den Klimaschutz betreffend, werden nicht nur von Unternehmen erarbeitet und angewendet, sondern auch von anderen Einrichtungen (**Bild 3**). Von wesentlicher Bedeutung sind die Umweltkonzepte von Ländern, Kommunen und Verbänden. Hier wird oft als Umweltziel der mi-



**Bild 1: Zu berücksichtigende Bereiche in Umweltkonzepten**

Nachhaltigkeit ist ein Kernelement der BMW Group Strategie und umfasst alle Stufen von der Lieferkette über die Produktion bis zum Lebenszyklus der Produkte. Von Anfang an beziehen wir ökologische, soziale und ökonomische Effekte in unsere Aktivitäten und Planungen ein. Eine kontinuierliche Reduktion an Ressourcen, Wasser, Abfall, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energie in der Produktion ist für die BMW Group ein fester Bestandteil des Umweltmanagements. ... Das Unternehmen treibt die Kreislaufwirtschaft im Unternehmen und gemeinsam mit seinen Partnern voran - von der Lieferkette über die Produktion und die Nutzungsphase bis hin zum Recycling unserer Produkte.

**Bild 2: Auszug aus einem Umweltbericht (Umweltklärung) eines Automobilkonzerns**



**Bild 3: Anwender von Umweltkonzepten**

nimale Eingriff in die Natur, einschließlich der Klimabelastungen, formuliert. Daraus wird dann ein Umweltkonzept abgeleitet, so z. B. bei Bewerbungen um Standorte zum Austragen olympischer Wettkämpfe:

- Vermeiden von zusätzlichem Verbrauch bisher un bebauter Flächen,
- Errichten neuer Bauten auf brachliegenden Gewerbeflächen,
- Rückbauen nicht mehr benötigter Anlagen, z. B. Parkplätze, nach den olympischen Spielen.

Ein weiteres Ziel könnte sein, ein Nahverkehrskonzept zu entwickeln, mit welchem z. B. 60% der Besucher zu den Veranstaltungen anreisen können.

Ein Umweltkonzept enthält Ziele und davon abgeleitete Maßnahmen zum Umwelt- und Klimaschutz sowie zur Nachhaltigkeit.

Das Umweltkonzept der Automobilindustrie erstreckt sich von der Produktentwicklung über die Produktion und die Nutzung bis hin zur Verwertung (**Bild 1**). Bereits bei der Produktentwicklung neuer Fahrzeugmodelle wird im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes auch das Nutzungsende des Fahrzeugs unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit betrachtet. Bauteile moderner Fahrzeuge können deshalb zum größten Teil verwertet werden. Kunststoffteile werden heute zu deren besserer Verwertung markiert. Demontageinformationen sind für die Verwerter weltweit standardisiert. Auf die Emissionen sowohl bei der Produktion der Fahrzeuge als auch bei deren Nutzung wird aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes großer Wert gelegt.

Umweltkonzepte sollen den gesamten Lebenszyklus eines Produkts umfassen.

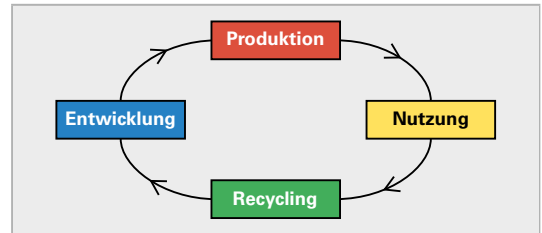
Bezogen auf abfallwirtschaftliche Aufgabenstellungen können Umweltkonzepte verschiedene Ausprägungen umfassen (**Bild 2**). Dementsprechend sind die zugehörigen Einrichtungen, z. B.

- Abfallanlagen, Recyclingzentren,
- mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen oder
- Klärschlammverwertungsanlagen,

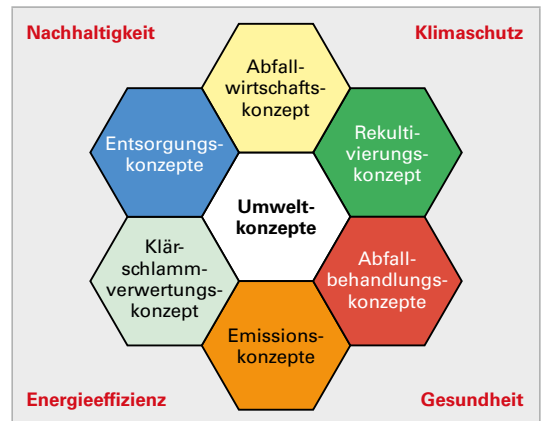
unter Anwendung zweckmäßiger Technologien zu planen und umzusetzen.

Das Ausarbeiten von Umwelt- und Klimaschutzkonzepten erfordert neben planerischer Kompetenz und eigentlichem Fachwissen auch Spezialwissen in umwelttechnischen Themen, z. B.

- Ökosysteme,
- Wasserkreislauf und Gewässergüte,
- Verschmutzung von Luft, Wasser, Boden,
- Abfallvermeidung, Abfallverwertung,
- Funktion von Abfallentsorgungseinrichtungen,
- Funktion von Wasserversorgungsanlagen,
- Funktion von Kreislauf- und Abfallwirtschaftsbetrieben,
- Energieerzeugung, Energieversorgung,
- Rechtsvorschriften und Richtlinien,
- Arbeitsorganisation,



**Bild 1: Umweltkonzept im Lifecycle (Lebenszyklus) von Produkten**



**Bild 2: Ausprägungen von Umweltkonzepten (Beispiele)**

- Nutzung von Informationssystemen,
- Unfallverhütung, Arbeitsschutz,
- mechanische und elektrotechnische Grundkenntnisse.

Das Umsetzen eines Umwelt- und Klimaschutzkonzepts erfordert ferner Fähigkeiten im Organisieren und Kontrollieren. Letzteres wird meist von sogenannten Beauftragten in Unternehmen oder Institutionen wahrgenommen sowie über Umwelt-, Klimaschutz-Audits sichergestellt.

Für die Aufstellung eines Umweltkonzepts sind Kenntnisse von Chemie, Physik und Biologie sowie Normung erforderlich.

### Wiederholung und Vertiefung

1. Erklären Sie den Begriff Umweltkonzept.
2. Wodurch unterscheiden sich Umweltziele von Umweltkonzepten?
3. Nennen Sie Beispiele von Umweltkonzepten.
4. Was versteht man unter einem Umweltkonzept, welches den gesamten Lebenszyklus eines Produktes umfasst?
5. Welche Wissenskomponenten sind erforderlich, um ein Umweltkonzept erarbeiten zu können?

## 1.4 Mobilitätskonzepte Mobility Conceptions

Der Umweltschutz und auch die Umwelttechnik tangieren die Mobilität (lat. mobilis = beweglich) der Menschen entscheidend. Die Diskussionen um die Endlichkeit der fossilen Energieträger, die Zunahme der Weltbevölkerung, deren Alterwerden (demografischer Wandel) sowie der Klimawandel und die damit verbundene Notwendigkeit eines besseren Klimaschutzes, vereint mit dem Technologiefortschritt, führen zu Veränderungen der Fahrzeug-Antriebe und der Mobilität der Menschen (**Bild 1**). Dies führt auch zu neuen oder veränderten Dienstleistungen (**Bild 2**).

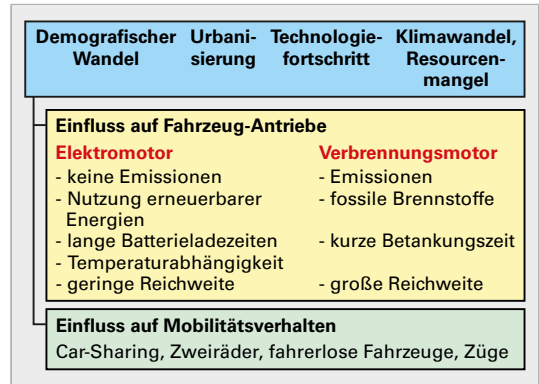
Die neue Mobilität betrifft hinsichtlich der Fahrzeuge insbesondere deren Art, Größe, Nutzung, Antriebstechnologie sowie deren Steuerung bzw. Lenkung.

Manche Zukunftsforscher vertreten die Meinung, dass die bisherigen Automobile kleiner würden, die Anzahl der Zweiradfahrzeuge zunehme, viele Personen Fahrzeuge lieber mieten möchten im Sinne von Car- oder Bike-Sharing anstatt sie selbst zu besitzen. Dies würde zu einer geringeren Zahl von Autos führen. Fahrzeuge sollen durch Elektromotoren anstelle durch Benzin- oder Dieselmotoren angetrieben werden, was dann Einfluss auf die Herstellung der Antriebskomponenten hat. Die Steuerung der Fahrzeuge erfolgt autonom, also automatisiert. Die Fahrzeuge werden dabei untereinander informationstechnisch vernetzt sein (**Bild 3**), weshalb Unfälle und Staus sich reduzieren sollen. Intelligente Verkehrsflussregelungen sind hierzu Voraussetzung.

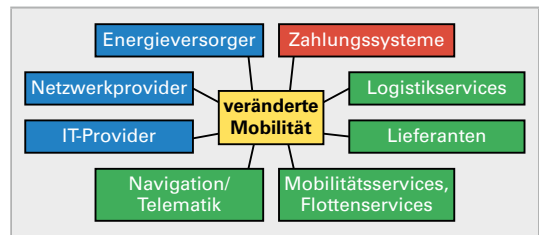
Diese von den Zukunftsforschern angestellten Überlegungen sollen zum Schutz der Umwelt (inkl. Klima) und somit zum Wohle des Menschen sein. Die Notwendigkeit hierzu wird mit dem zunehmenden Anteil der Weltbevölkerung begründet, welche künftig in Städten lebt (urbane Räume, lat. urbs = Stadt). Der dadurch zunehmenden Luftbelastung ist entgegen zu wirken.

Die künftige Urbanisierung erfordert Maßnahmen zum Schutz der Umwelt, verbunden mit sehr anspruchsvoller Technik.

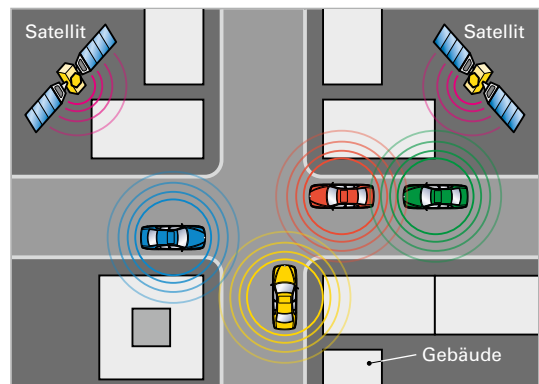
Interessant erscheinen diese Überlegungen insbesondere deshalb, weil in den letzten Jahren



**Bild 1: Einflüsse auf Fahrzeug-Antriebe und Mobilitätsverhalten**



**Bild 2: Mobilität und Dienstleistungen**



**Bild 3: Intelligente Verkehrsregelungen im digitalen Zeitalter**

die Autos im Straßenverkehr stets größer und komfortabler ausgestattet wurden, z.B. mit Klimaanlage, Sitzheizungen, Standheizungen. Bei Abkehr von fossilen Brennstoffen muss den Notwendigkeiten der Elektrifizierung Rechnung getragen werden. Darüber hinaus ist mit Veränderungen im Transportwesen zu rechnen, z.B. mit fahrerlosen Fahrzeugen, ggf. auch Drohnen.

Die sogenannte **Digitalisierung** ist hierbei von sehr großer Bedeutung.

## 1.5 Digitalisierung Digitalization

Unter Digitalisierung (lat. digitus = Finger, hier: zum Zählen) versteht man die informationstechnische Verarbeitung von Daten. Die Weiterentwicklung der elektronischen Bauelemente mit über Software programmierten Funktionen und deren Integration in z. B. mechanische, pneumatische oder hydraulische Komponenten (Mechatronik) ermöglicht ein umfassendes Automatisieren von technischen Prozessen. Aufgrund von leistungsfähigen Sensoren, Aktoren, Computern, Datennetzen und Datenbanken sind Ferndiagnosen, Fernsteuerungen oder Fernwartungen mittels Internettechnologie (Web- oder Cloud-technologie) möglich.

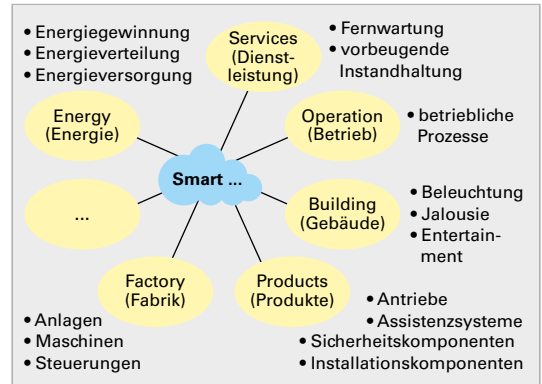
Die Digitalisierung unterstützt durch Nutzung aktueller computerbasierter Techniken das Bewältigen der täglichen Aufgabenstellungen.

Diese Erweiterungen in den technischen Systemen, verbunden mit daraus resultierenden neuen automatisierbaren Funktionen oder durch vernetzte Computer unterstützte Prozesse, führten dazu, dass heute viele Themen mit der Kennung 4.0, z.T. 5.0, ergänzt sind, so z. B. Industrie 4.0, Umwelttechnik 4.0, Abfallwirtschaft 4.0, Wasserwirtschaft 4.0, Energie 4.0. Ebenso ist in diesem Zusammenhang vielen Themen der Begriff Smart (engl. smart = intelligent) vorangestellt (**Bild 1**).

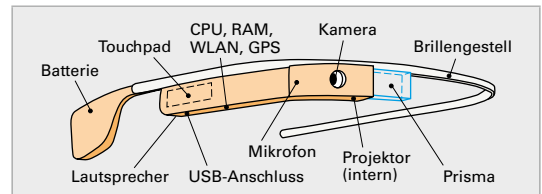
Begonnen hat die 4.0-Kennzeichnung mit **Industrie 4.0**, da bzgl. der industriellen Weiterentwicklung derzeit vier Zeitepochen gesehen werden: das Zeitalter der Dampfmaschine, der arbeitsteiligen Massenfertigung mittels z. B. Fließbändern, der IT-unterstützten Automatisierung sowie der webbasierten (internettechnologie-basierten) Vernetzung von mit Computern ausgestatteten Systemen (Cyber Physical Systems CPS, eng. cyber = künstlich, hier: von Computern erzeugte künstliche Welt betreffend).

Eine große Herausforderung ist der Umgang mit der Cyberkriminalität, also der Verbreitung und Abwehr von Computerviren für Sabotage und Spionage.

Aufgrund der funktionalen Leistungsfähigkeit und Reduzierung von Gewicht und Größe kommt im Arbeitsleben den z. B. am Körper getragenen Computern (Wearables) künftig eine große Be-



**Bild 1: Beispiele von Smarter Technik**



**Bild 2: Brille als Wearable mit Projektor und Prisma**



**Bild 3: Elektroinstallation unterstützt durch AR**  
(www.siemens.com)

deutung zu (**Bild 2**). Mittels **Augmented Reality AR** (engl. augmented = erweitert, computerunterstützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung) ist eine Betrachtung von realer Welt mit visueller Bereitstellung von Informationen, d. h. Texten, Bildern, über spezielle Brillen möglich (**Bild 3**). Auf diese Weise, oder auch durch gesprochene Informationen, kann der Mensch insbesondere bei manuellen Tätigkeiten angeleitet werden. Durch **künstliche Intelligenz KI** können Systeme ihre Abläufe selbst optimieren/anpassen, z. B. ein Roboter seine Bewegungen → Industrie 5.0.

Als **Internet der Dinge** (Internet of Things, IoT) bezeichnet man intelligente Systeme, die miteinander vernetzt sind und sich selbst zum Datenaustausch steuern können.

## 1.6 Energiekonzepte Energy Concepts

Neben den Mobilitätskonzepten und der Digitalisierung sind im Rahmen der sogenannten **Transformationen** (transformation = Umgestaltung) oder *Wenden* auch neue Energiekonzepte umzusetzen. Hierbei soll die Abkehr von den fossilen Energieträgern Kohle, Erdöl, Erdgas geschaffen werden. **Energiemanagementsysteme** sollen zu einem effizienten Energieverbrauch führen. Ziel dabei ist, klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen (Kohlenstoffdioxid) zu reduzieren (Abschnitt 6.8).

Die fossilen Energieträger sollen durch die sogenannten **regenerativen (erneuerbaren) Energieträger** ersetzt werden (**Bild 1**). Diese sind die Sonnenenergie, Windenergie, Biomasse und Wasserkraft (Abschnitt 7). Diese Transformation bedeutet, dass mit fossilen Energien betriebene

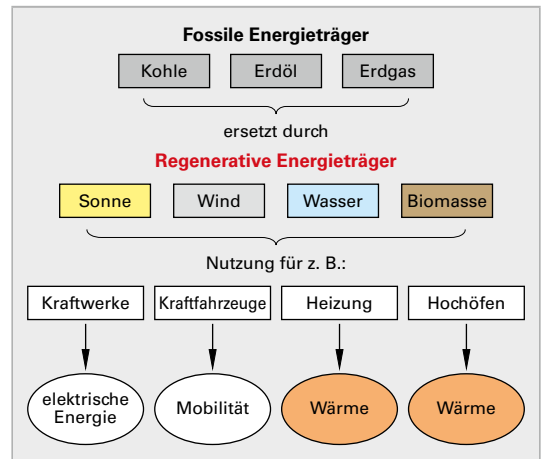
- elektrische Energie erzeugende Anlagen (Kraftwerke) durch Windkraft-, Wasserkraft-, Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) oder auch Brennstoffzellen (Abschnitt 7.6),
- Kraftfahrzeuge durch elektrisch betriebene Kraftfahrzeuge (Abschnitt 8.2),
- Heizungsanlagen durch mit Biomasse betriebene Heizungsanlagen, z.B. Pelletheizungen, (Abschnitt 7.10) oder durch elektrisch unterstützte Heizungsanlagen, z.B. Wärmepumpen (Abschnitt 7.11) oder
- Hochöfen durch Hochöfen betrieben mit grünem Wasserstoff (Abschnitt 7.6.3)

ersetzt werden.

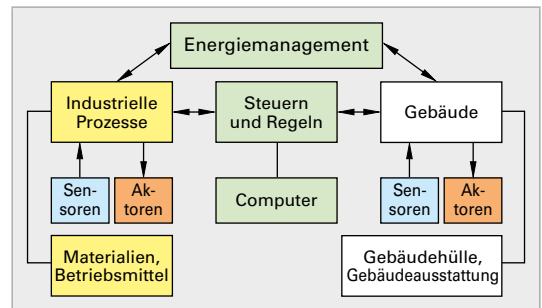
Elektrische Energiespeicher, also Batterien, sind insbesondere bei über Wind und Sonne erzeugtem Strom, da nicht ständig erzeugbar, sowie elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen von wesentlicher Bedeutung (Abschnitt 2.7.12).

Die Abkehr von den fossilen Brennstoffen erfordert andere Technologien z.B. in der Energieerzeugung, Antriebstechnik, Verfahrenstechnik und Wärmetechnik.

Die Wirksamkeit von Energiemanagementsystemen bei industriellen Anlagen oder Gebäuden erfordert Einrichtungen zum automatisierten **Steuern und Regeln** (**Bild 2**, Abschnitt 11.7). Diese setzen wiederum geeignete **Sensoren** und **Aktoren** voraus (Abschnitt 4.5). Monitoring-Systeme für eine ständige Beobachtung des Energieverbrauchs sind hierbei unverzichtbar. Weitere Vo-



**Bild 1: Ersatz fossiler Energieträger durch regenerative Energieträger**



**Bild 2: Zusammenhänge beim Energiemanagement**

oraussetzungen zum Energieeinsparen in Gebäuden sind deren Ausstattungen (Abschnitt 7.12).

Beim Umweltschutz hat in den zurückliegenden Jahren der Teil des Klimaschutzes verstärkt an Bedeutung gewonnen. Dies führte und führt zu einer ausgeprägteren **Elektrifizierung** der Systeme und Anlagen. Dadurch sind für die Beschäftigten im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes zunehmend elektrotechnische Kenntnisse, auch die elektrotechnische Sicherheit betreffend, erforderlich (Abschnitte 2.7, 6.4, 7, 8, 11).

### Wiederholung und Vertiefung

1. Erklären Sie den Begriff Transformation.
2. Inwiefern sind Sensoren bei Einrichtungen zum automatisierten Steuern und Regeln wesentlich?
3. Welches Ziel soll mit der Abkehr von fossilen Energieträgern erreicht werden?
4. Was versteht man unter Digitalisierung?
5. Was versteht man unter künstlicher Intelligenz?

### 3.5 Ökologische Grundbegriffe Ecological Basics

Die *Ökologie* (von griech. oikos = Haus, Haushalt) ist die Lehre von der Struktur und den Aufgaben der Natur und von den wechselseitigen Beziehungen der Lebewesen gegenüber ihrer belebten und unbelebten Umwelt. Damit ist die Ökologie eine Wissenschaft, die vielfältig mit anderen Wissenschaftsbereichen verflochten ist (**Bild 1**).

Sehr eng ist die Beziehung der Ökologie zum *Umweltschutz* (inkl. Klimaschutz), der alle Maßnahmen umfasst, um die natürlichen Existenzgrundlagen aller Lebewesen zu erhalten sowie eingetretene Umweltschäden zu beheben (**Bild 2**).

#### 3.5.1 Kennzeichen ökologischer Systeme

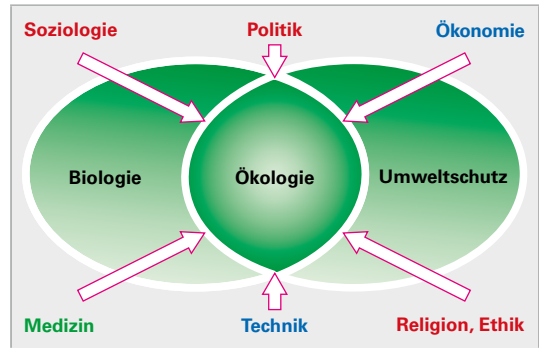
*Abiotische* und *biotische* (von griech. bios = Leben) **Umweltfaktoren** wirken auf die Lebewesen in der natürlichen Umwelt ein (**Bild 3**). *Abiotische* Umweltfaktoren entstammen der unbelebten Natur. Dazu gehören Boden, Wasser und die Luft (Abschnitt 3.5.2).

Für die einzelnen Arten der Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere gibt es jeweils einen charakteristischen Lebensraum, der durch die Summe seiner abiotischen Umweltfaktoren gekennzeichnet ist und der als *Biotop* (von bios und griech. topos = Ort) bezeichnet wird.

Jedes Lebewesen lebt innerhalb seines Biotops mit anderen Lebewesen zusammen, die z. B. als Artgenossen, als Nahrung, als Konkurrent, als Feind oder als Schutz in Erscheinung treten. Sie sind damit *biotische* Umweltfaktoren. Solche Lebensgemeinschaften bezeichnet man als *Biozönosen* (von bios und griech. koinos = gemeinsam).

Bilden Biotope und Biozönosen durch gemeinsame Stoff- und Energiekreisläufe eine funktionelle Einheit, ergibt sich ein **natürliches Ökosystem**. Dies ist z. B. beim Wald der Fall: Im Zusammenwirken von Boden und Klima einerseits und den davon abhängigen Bodenpflanzen, Bäumen und Waldtieren andererseits zeigt sich der Systemcharakter.

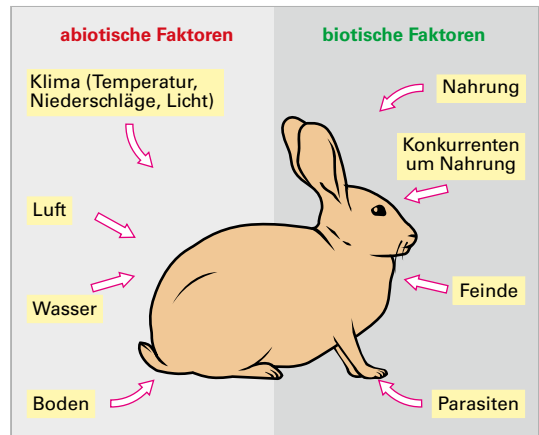
Beispiele für unterschiedlich strukturierte, natürliche Großökosysteme sind die Meere, Seen, Grasland-, Wald- und Wüstenökosysteme, Hochgebirge und Fließgewässer. Durch anthropogene (von griech. anthropos = Mensch und genes = verursachen) Einflüsse gefährdete Ökosysteme sind



**Bild 1: Systemwissenschaft Ökologie**



**Bild 2: Umweltschäden**



**Bild 3: Abiotische und biotische Umweltfaktoren**

z. B. die Antarktis, der tropische Regenwald und die Tundra. In Deutschland sind das Wattenmeer, das Hochgebirge, die Mischwälder, Naturwiesen und Moore wegen der zunehmenden Anzahl von Menschen und Nutztieren, also durch anthropogene Einflüsse, gefährdet.

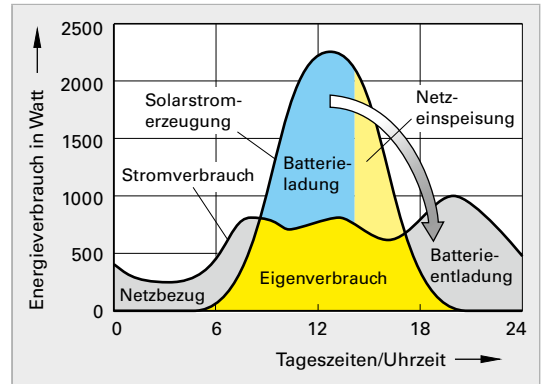
## Batteriespeichersystem

PV-Anlagen erzeugen oft zu Tageszeiten mehr elektrische Energie als z. B. in einem Haushalt benötigt wird. Andererseits wird Energie benötigt zu Tageszeiten, während denen keine Sonne strahlt (**Bild 1**). Daher bietet es sich an, zuviel erzeugte Energie in einem Batteriespeichersystem (**Bild 2**) zu speichern und diese dann zu verbrauchen, wenn die PV-Anlage keine Energie liefert. Hierzu werden **Hybrid-Wechselrichter** eingesetzt, welche sowohl die von der PV-Anlage erzeugte Gleichspannung DC als auch die von der Batterie gelieferte Gleichspannung in eine Wechselspannung AC konvertieren können (**Bild 3**).

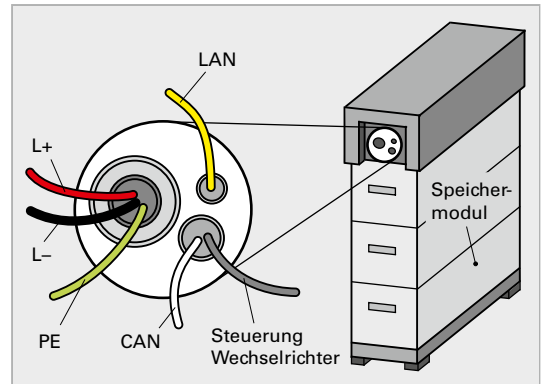
VDE-AR-N-4105 beschreibt die Anforderungen des Aufstellens von Batterien, z. B. Schutz vor Zutritt unbefugter Personen, Vorsehen einer ausreichenden Belüftung, kein Errichten in der Nähe von brennbaren Materialien. Entsprechende **Sicherheitsabstände** zu elektrischen Betriebsmitteln, welche Funken erzeugen können, sind einzuhalten. Die Herstellerangaben sind in jedem Fall zu beachten. Geeignete Warn- und **Hinweisschilder** auf hohe Spannungen und Ströme, explosive Gase und ätzende Elektrolyte müssen am Aufstellungsort der Batterie angebracht werden. Ebenso sind Kennzeichnungsschilder mit dem Namen des Errichters und dem Errichtungsdatum gefordert.

Eine PV-Anlage mit Batteriespeichersystem kann im **Netzparallelbetrieb** (Verbundbetrieb öffentliches Netz und PV-Anlage/Batteriespeichersystem) oder **Inselbetrieb** arbeiten (**Bild 1, folgende Seite**). Beim Umschalten zwischen öffentlichem Netz und der PV-Anlage oder ihrem Speichersystem müssen Trenneinrichtungen dafür sorgen, dass kein Parallelbetrieb > 100 ms stattfindet, um eine Überlastung durch das Netz zu verhindern. Ferner darf ein Umschalten nur erfolgen, wenn Spannungshöhe, Frequenz, Phasenfolge eingehalten sind. Im Inselbetrieb wird ein Gebäude nur über die PV-Anlage oder deren Batteriespeichersystem mit Energie versorgt.

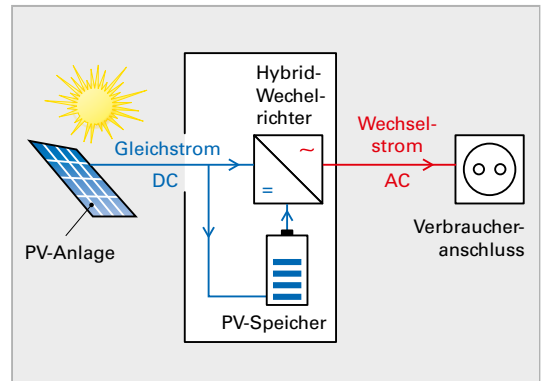
Im **Inselbetrieb** fehlt der **Sternpunkt** des Netztransformators des öffentlichen TN-Netzes. Deshalb muss der Sternpunkt im Batterie-Speichersystem nachgebildet werden (Bild 1, folgende Seite). Die Sternpunktnachbildung mit Verbindung zur Haupterdungsschiene (Potenzialausgleichsschiene) stellt u. a. sicher



**Bild 1: Energieverbrauch und Solar-Energieerzeugung im Tagesverlauf**



**Bild 2: Batteriespeichersystem für PV-Anlagen (BYD)**



**Bild 3: DC-Speicher für PV-Anlage**

- die Netzform TN-System (Abschnitt 6.4.10),
- das Schließen der Fehlerschleife bei Körperchluss und
- das Potenzial des Sternpunkts als Erdungspunkt für das Inselnetz-Versorgungssystem.

### 7.6.5 Vorteile und Nachteile von Wasserstoff

Dem Wasserstoff wird bei der Energiewende, also der Abkehr von fossilen Rohstoffen bzw. Brennstoffen, für die Zukunft eine große Bedeutung zugeschrieben. In diesem Zusammenhang spricht man auch von der **Power-to-X-Technik**. Allerdings bietet das Verwenden von Wasserstoff nicht nur Vorteile.

Von **Vorteil** ist, dass über Elektrolyse hergestellter grüner Wasserstoff keine Treibhausgase bei seiner Herstellung und auch bei seiner Nutzung verursacht. Wasserstoff wird bei vielen industriellen Prozessen benötigt, z.B. zur Herstellung von Ammoniak, und kann auch zum Antrieb von Fahrzeugen verwendet werden (**Bild 1, vorhergehende Seite**).

Bei Überproduktion von grünem Strom durch PV-Anlagen und Windkraftanlagen kann damit Wasserstoff erzeugt und gespeichert werden. Er ist dann später für industrielle Prozesse, zur elektrischen Energieerzeugung, z.B. durch eine Brennstoffzelle, oder für Heizungszwecke verwendbar.

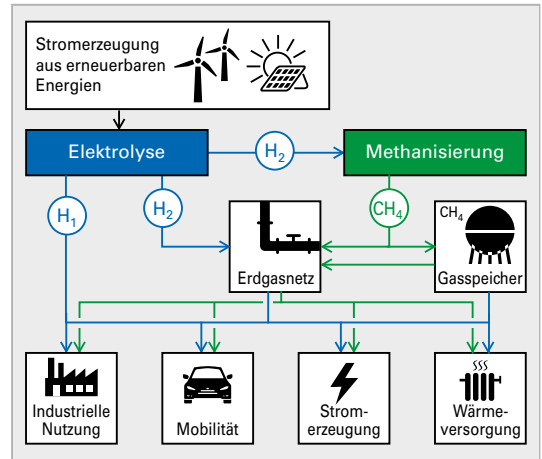
Grüner Wasserstoff besitzt ferner den Vorteil, dass aus ihm zusammen mit dem  $\text{CO}_2$  der Luft synthetisches klimaneutrales Methan  $\text{CH}_4$  erzeugt werden kann. Dieses kann dann z.B. in das öffentliche Gasnetz eingespeist werden.

Von **Nachteil** ist, dass das Herstellen von Wasserstoff aufwendig und damit kostenintensiv ist. Es stellt sich auch die Frage, ob in Deutschland genügend grüner Strom zur Herstellung von ausreichend grünem Wasserstoff bereitgestellt werden kann.

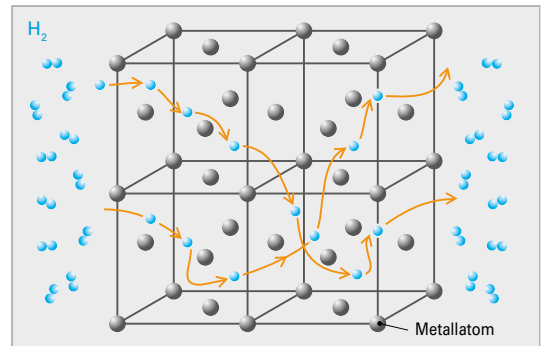
Eine weitere Herausforderung beim Umgang mit Wasserstoff ist seine Lagerung und sein Transport. Eine gasförmige Lagerung setzt ein Verdichten mit Drücken bis 900 bar voraus, eine verflüssigte Lagerung Temperaturen von  $-253\text{ °C}$ .

Ebenfalls ist der Wirkungsgrad der Wasserstoffherzeugung mittels Elektrolyse zu beachten. Bis zu 40% der eingesetzten Energie geht verloren. Bei mehrfachen Energieumwandlungen wird der Wirkungsgrad sogar noch schlechter (**Formel 1, Abschnitt 7.8.1**).

Zum heutigen Zeitpunkt ist die Herstellung von grünem Wasserstoff noch unwirtschaftlich und somit auch seine Nutzung.



**Bild 1: Anwendungsbereiche von Wasserstoff**



**Bild 2: Versprödung von Metallen**

Ein weiterer Nachteil von Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) ist, dass er hochexplosiv ist und auf Materialien, z.B. auf Metalle, aggressiv einwirken kann. Die Bewegungen der Wasserstoffteilchen im Metall verzerren das Metallgitter. Dadurch kommt es zu Versprödungen, d.h. zu Rissbildungen und Korrosionen an diesen Rissen (**Bild 2**).

Soll Wasserstoff bei z.B. Gasheizungen, und somit im Erdgasnetz zum Einsatz kommen, ist auf geeignete Leitungsmaterialien zu achten. Andernfalls kommt es im Laufe der Zeit zu Gasaustritten. Von Wasserstoffversprödung weitgehend nicht betroffen sind die austenitischen Stähle, z.B. CrNi-Stähle, welche zu den nichtrostenden Stählen zählen. Diese Stähle werden daher hauptsächlich im Bereich der Wasserstofftechnik eingesetzt.

Wasserstoff führt bei vielen Metallen zu Korrosionen.

### 8.2.2 Elektrische Antriebe

#### Antriebsmotoren

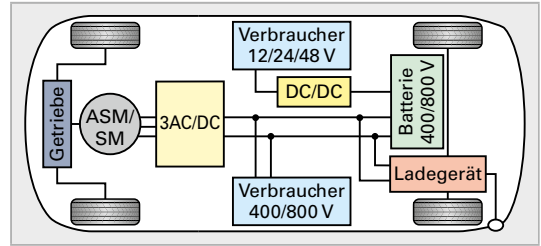
Im Rahmen der Elektromobilität kommen **Synchronmotoren (SM)** oder **Asynchronmotoren (ASM)** als Antriebsmotor zum Einsatz (**Bild 1**). Aus diesem Grund wird im Fahrzeug eine Dreiphasenwechselfspannung (3AC) bzw. Drehstrom benötigt. Die von einer Batterie oder Brennstoffzelle bereitgestellte 400-V- oder 800-V-Gleichspannung (DC) muss daher über DC-3AC-Umrichter (Wandler, Direct Current, Alternating Current) in Dreiphasenwechselfspannung (3AC) umgesetzt werden.

Ein Asynchronmotor (Asynchronmaschine) fällt bei gleicher Leistung z.T. schwerer und größer aus als ein Synchronmotor (Synchronmaschine). Der Asynchronmotor hat den Vorteil, dass er gegenüber dem permanentmagneterregten Synchronmotor (PSM) keine Permanentmagnete benötigt. Das Ständer-Drehfeld erzeugt im Läufer eine Spannung und somit ein Läufermagnetfeld. Dadurch ist auch keine Abhängigkeit vom Hauptabbau-land China für seltene Erden, z. B. Neodym, gegeben. Neben PSM kommen auch durch Gleichstrom (*fremd*-)erregte Synchronmotoren vor (Abschnitt 8.1.2). Diese erfordern allerdings längere Achsen wegen der Schleifringe und zusätzliche Kosten für die Rotorerregung.

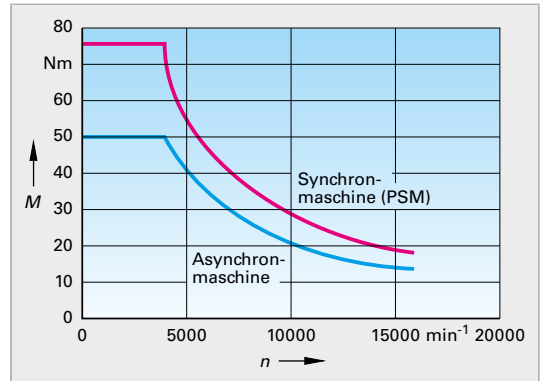
Bei gleicher Leistung sind Asynchronmotoren kleinerer/mittlerer Ausführung größer und schwerer als Synchronmotoren.

Bei Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen ist der Verlauf vom Drehmoment in Abhängigkeit der Drehzahl vergleichbar (**Bild 2**). Synchronmaschinen besitzen infolge einer geringeren Verlustleistung einen besseren Wirkungsgrad (**Bild 3**). Ihr Hochlauf ist jedoch langsamer. Das durchlaufbare Drehzahlintervall ist bei Synchronmaschinenantrieben kleiner als bei Asynchronmaschinenantrieben. Dies kann bei der Auswahl des Antriebs bzgl. Höchstgeschwindigkeiten eine Rolle spielen. Ferner ist auch bei elektrischen Antrieben je nach Anwendung ein nachgeschaltetes Getriebe erforderlich.

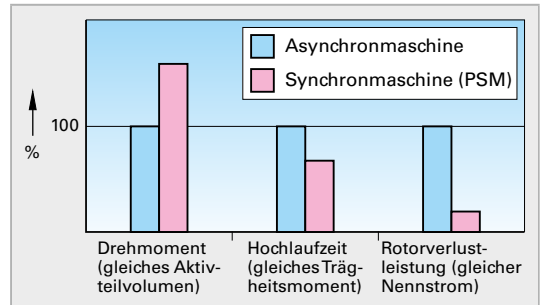
Elektrofahrzeuge erfordern bzgl. Leistungsfähigkeit, Gewicht, Kosten, Energieeffizienz sorgfältig durchdachte Antriebskonzepte.



**Bild 1: Elektrische Anlage eines Elektrofahrzeugs**



**Bild 2: Beispiel für M-n-Kennlinien von Synchronmaschine und Asynchronmaschine**



**Bild 3: Weitere Vergleiche von Synchronmaschinen, Asynchronmaschinen (Beispiele)**

Anstelle eines zentralen Motors im Fahrzeug können auch **Radnabenmotoren** eingesetzt werden. Solch ein Motor ist direkt im Rad untergebracht, in der Regel innerhalb der Felge. Die Radnabenmotoren erhöhen jedoch die ungefederte Fahrzeugmasse. Ferner gibt es elektronische Achsen mit z. B. eingebautem ASM-Getriebe-Antrieb.

Elektrische Maschinen können als Antrieb aber auch im Generatorbetrieb genutzt werden. Hier wird die kinetische Energie (Bewegungsenergie) beim Bremsen in elektrische Energie gewandelt. Man spricht von Nutzbremung oder auch von

### 9.3.8 Thermische Behandlung

Die thermische Behandlung des Abfalls nimmt weiter an Bedeutung zu, weil in Deutschland seit 2006 nur noch behandelte, z.B. thermisch behandelte, Abfälle deponiert werden dürfen.

#### Prinzip der thermischen Behandlung

Unter thermischer Behandlung versteht man in der Umwelttechnik eine Oxidation bei erhöhter Temperatur. Dabei oxidieren die C-Anteile des Einsatzguts zu Kohlenstoffdioxid und die H-Anteile zu Wasser.

Bei der thermischen Behandlung entstehen bei richtiger Prozessführung fast nur Kohlenstoffdioxid und Wasser.

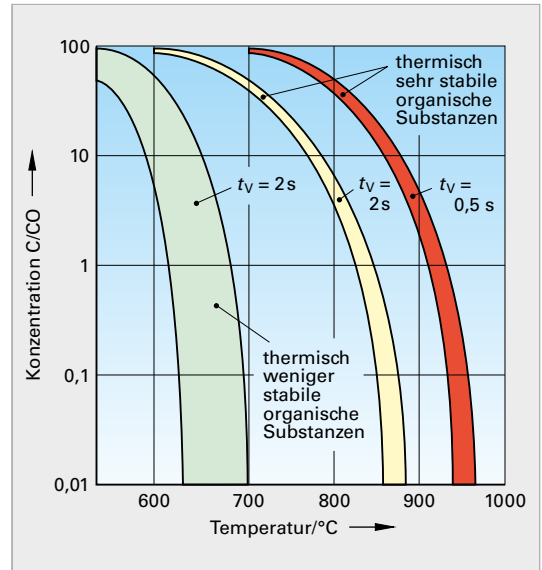
Zur richtigen Prozessführung gehören die richtige Temperatur und die richtige Verweildauer des Einsatzguts im Brennraum. Verbrennen die C-Bestandteile zu CO und danach CO zu CO<sub>2</sub>, so entsteht Wärme. Nach Le Chatelier und Braun wird dadurch die Reaktion zu den Ausgangsbestandteilen hin verschoben. Infolgedessen findet bei einer hohen Temperatur keine vollständige Verbrennung statt.

Für die vollständige Verbrennung von CO zu CO<sub>2</sub> darf die Temperatur nicht sehr hoch sein. Andererseits ist eine hohe Temperatur erforderlich, um thermisch sehr stabile Stoffe, z.B. Trichlorethen, zu zersetzen (**Bild 1**). Entsprechend werden die Verbrennungsräume gestaltet (**Bild 2**).

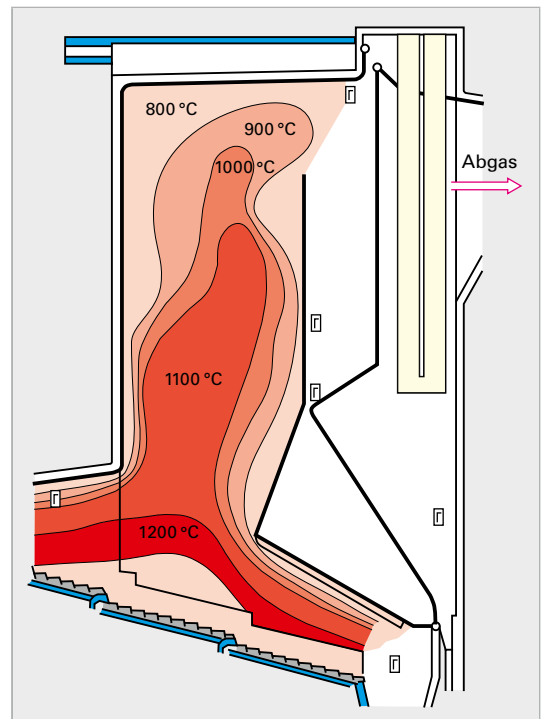
Die Verbrennungsräume der Anlagen zur thermischen Behandlung von Abfällen müssen so geformt sein, dass sich sehr hohe und weniger hohe Temperaturen einstellen.

Wegen des Stickstoffgehalts der Luft und des Einsatzguts können bei der thermischen Behandlung in kleinen Mengen auch Stickoxide anfallen. Enthält das Einsatzgut Schwefel, so entsteht Schwefeldioxid. Ist im Einsatzgut Chlor enthalten, z.B. beim Polyvinylchlorid PVC, so können bei ungünstiger Prozessführung giftige Gase (Chlorwasserstoff, Dioxine und Furane) auftreten.

Bei der thermischen Behandlung von Abfällen muss das Rauchgas von Stickoxiden, Schwefeloxiden und Chlorverbindungen gereinigt werden.



**Bild 1:** Abhängigkeit der Verbrennung von Verbrennungstemperatur und Verweildauer  $t_v$



**Bild 2:** Temperaturen im Verbrennungsraum einer Verbrennungsanlage