



EUROPA-FACHBUCHREIHE
Umweltschutz und Umwelttechnik

Fachwissen Umwelttechnik

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

7. 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., Abteilungsleiter (zugleich Leiter des Arbeitskreises)	Tettang
Heinz Häberle	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Elisabeth Heinz	Dr. rer.-nat., Privatdozentin	Dillingen Donau
Bruno Kürbiß	Chemotechniker	Mutterstadt
Claus-Dieter Paul	Dipl.-Biol., Oberstudienrat	Frankfurt a. M.

Bildbearbeitung:

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

Leiter des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Häberle, Tettang

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, und Kamekestraße 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

7. Auflage 2017

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3497-7

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung unter Verwendung von Bildern der AZUR SOLAR GmbH, Siemens AG, ZF Friedrichshafen AG, Gestaltung durch: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald.
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Druck: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, 94121 Salzweg/Passau

Vorwort zur 7. Auflage

Die Umwelt ist von den Realitäten die Grundlage für jede wirtschaftliche Tätigkeit und damit unser wichtigstes Kapital. Arbeiten für die Umwelt und Arbeiten mit der Umwelt sind Gegenstände der **Umweltechnik**. Mit dieser Technik ging im letzten Jahrzehnt eine intensive Forschung und Entwicklung einher, sodass sie heute umfassender ist als eine Technik der Gefahrenabwendung. Die nach politischen Entscheidungen oft entstehenden Lösungsprobleme erfordern **spezielle Umweltechniken**, z. B. bei der Energiewende für den Stromtransport oder die Stromspeicherung. In Produktionsprozessen oder durch Gebrauch unvermeidbare Abfallstoffe werden in **modernen Verfahren der Umweltechnik** zu Stoffen umgesetzt, die kein Gefährdungspotenzial darstellen und dazu noch wirtschaftlich von Nutzen sind. Durch die stetigen technischen und rechtlichen Veränderungen ist der Bereich der Umweltechnik interessant und vielfältig, aber auch sehr komplex geworden. Die im Umweltbereich tätigen Fachkräfte müssen Spezialisten sein. Aus diesem Grunde wurden neue Berufe der Umweltechnik entwickelt und umgesetzt:

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

Den Berufen liegen gemeinsame Kernqualifikationen zugrunde. Die Rahmenlehrpläne der Berufe sind nach **Lernfeldern** gegliedert, die eine unterschiedliche Tiefe haben, aber in wesentlichen Teilen übereinstimmen.

Zielgruppen: Das vorliegende Lehrbuch „**Fachwissen Umweltechnik**“ 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 Umweltechnik weiterbilden. Studierenden der Umweltechnik an Fachschulen, Hochschulen und Universitäten bietet das Buch eine verständliche Einführung in das vielschichtige Fachgebiet.

Methodische Schwerpunkte des Buches sind didaktische Reduktion bei der Beschreibung chemischer, physikalischer, biologischer und technischer Vorgänge, informationsreiche „sprechende“ Bilder und Tabellen, methodische Anwendung der Farben in den Bildern, zahlreiche Merksätze, Fragen zur Wiederholung und Vertiefung wie bei einem Prüfungsbuch sowie ein ausführliches Sachwortverzeichnis für das selbstorganisierte Lernen. Die zum Buch gehörende CD mit allen Bildern, Tabellen und den Lösungen der im Buch gestellten Fragen erleichtert das Lernen in der Gruppe, die Präsentation eigener Erfahrungen sowie die Evaluierung.

Neu im Buch der 7. Auflage:

- Elektrolyse, bedeutungsvoll wegen der Aussicht zur Energiespeicherung,
- Vorkommen und Bedeutung der Mikroorganismen, bedeutungsvoll wegen der Arbeitssicherheit,
- Fracking, von Bedeutung für die Energieversorgung, und seine Gefahren,
- Regelung der Netzfrequenz als Ergänzung der Spannungsregelung, bedeutungsvoll wegen der durch die Energiewende bedingte Aufgabe des Stromtransports,
- Energie-Management-Systeme zur Realisierung der Energie-Effizienz,
- Stromversorgung von Elektrofahrzeugen (Stromtankstellen), von Bedeutung für E-Mobility,
- Energieeffizienz von Elektromotoren mit deren IE-Klassen, von Bedeutung wegen Klimaschutz,
- effiziente Lichtquellen mit LEDs, bedeutungsvoll wegen Komfort und Klimaschutz.

Neu auf der zum Buch gehörenden CD:

Die Bilder und Tabellen der neuen Abschnitte sowie die Lösungen der neuen Fragen zur Wiederholung und Vertiefung.

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

Inhaltsverzeichnis / Contents

1	Umwelttechnik und Umweltschutz	11	3.2	Stoffwechselprozesse	86
1.1	Umwelt	11	3.2.1	ATP (Adenosintriphosphat)	86
1.2	Arbeitsbereiche	11	3.2.2	Fotosynthese	87
1.3	Umweltkonzepte	13	3.2.3	Biologische Oxidation	88
2	Chemische und physikalische Grundlagen	15	3.2.4	Proteinbiosynthese	90
2.1	Chemische Grundbegriffe	15	3.3	Einwirkung von Schadstoffen auf den Organismus	93
2.1.1	Aufbau der Atome	15	3.3.1	Schadstoffe	93
2.1.2	Chemische Bindungen	16	3.3.2	Verhalten von Schadstoffen im Organismus	94
2.1.3	Anorganische Reaktionen	19	3.3.3	Schadstoffwirkungen in Zellen	96
2.2	Wässrige Lösungen	21	3.3.4	Grenzwerte von Schadstoffen	97
2.2.1	Eigenschaften von Wasser	21	3.3.5	Grenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz	98
2.2.2	Wasser als Lösemittel	22	3.4	Mikroorganismen	99
2.2.3	Konzentration von Lösungen	24	3.4.1	Lebewesen des mikrobiologischen Bereichs	99
2.3	Organische Lösemittel	27	3.4.2	Vorkommen von Mikroorganismen	99
2.3.1	Lösungsvorgang	27	3.4.3	Bau und Lebensweise von Mikroorganismen	101
2.3.2	Eigenschaften organischer Lösemittel	28	3.4.4	Lebensbedingungen von Mikroorganismen	106
2.3.3	Wichtige organische Lösemittel	30	3.4.5	Bedeutung der Mikroorganismen	107
2.4	Disperse Systeme	39	3.4.6	Gefährdungen durch Mikroorganismen	108
2.4.1	Grundbegriffe	39	3.4.7	Schutzimpfung und Hygienemaßnahmen	109
2.4.2	Kolloide Lösungen	39	3.5	Ökologische Grundbegriffe	111
2.4.3	Besondere Eigenschaften kolloider Lösungen	40	3.5.1	Kennzeichen ökologischer Systeme	111
2.5	Chemische Reaktionen	42	3.5.2	Abiotische Umweltfaktoren	113
2.5.1	Reaktionswärme und Aktivierungsenergie	42	3.5.3	Biotische Umweltfaktoren	116
2.5.2	Reaktionsgeschwindigkeit	43	3.5.4	Ökologische Kreisläufe	117
2.5.3	Chemisches Gleichgewicht	44	4	Analytik	120
2.5.4	Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert	45	4.1	Aufgaben der chemischen Analytik	120
2.6	Korrosion	47	4.2	Analytische Schnelltests	121
2.6.1	Chemische Korrosion	47	4.3	Instrumentelle Analytik	125
2.6.2	Elektrochemische Korrosion	47	4.3.1	Einführung	125
2.6.3	Korrosionsschutz	50	4.3.2	Probenahme und Probenvorbereitung	125
2.6.4	Mikrobiologisch induzierte Korrosion	52	4.3.3	Verfahren der instrumentellen Analytik	126
2.7	Physikalische Grundbegriffe	54	4.3.4	Analysegeräte für spektroskopische Verfahren	127
2.7.1	Mechanische Größen	54	4.3.5	Geräte für chromatografische Verfahren	129
2.7.2	Elektrische Größen	56	4.4	Klassische Verfahren der Umweltanalytik	133
2.7.3	Schaltung von Zweipolen	59	4.4.1	Bestimmung des Phenolindex durch Fotometrie	133
2.7.4	Strommessung, Spannungsmessung	60	4.4.2	Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs durch Fotometrie	133
2.7.5	Schaltzeichen, Schaltpläne	61	4.4.3	Bestimmung des Sulfatgehaltes durch komplexometrische Titration	134
2.7.6	Generatorprinzip, Transformatorprinzip	62	4.4.4	Bestimmung von Fluorid mit der ionensensitiven Elektrode	135
2.7.7	Stromwirkungen	63	4.5	Sensorik	136
2.7.8	Gefahren der Elektrizität	63	4.5.1	Sensor	136
2.7.9	Kapazität und Induktivität	64	4.5.2	Sensoren in Messanlagen	136
2.7.10	Transformatoren	65	4.5.3	Elemente der Signalverarbeitung	137
2.7.11	Motorprinzip	66	4.5.4	Sensorelemente	138
2.7.12	Elektrochemische Stromquellen	67	5	Umweltrecht	142
2.7.13	Elektrolyse	70	5.1	Gesetzgebung	142
2.7.14	Stromversorgungsnetz	72	5.1.1	Gewaltenteilung	142
3	Biologische Grundlagen	75	5.1.2	Entstehung von Gesetzen	143
3.1	Struktur und Funktion von Zellen	75	5.2	Einführung in das Umweltrecht	145
3.1.1	Begriffe	75	5.2.1	Rechtliche Begriffe	145
3.1.2	Aufbau der Zellen	75	5.2.2	Maßnahmen bei Verstößen gegen das Umweltrecht	146
3.1.3	Zellteilung	82	5.2.3	Umwelthaftung	147
3.1.4	Mutationen	83	5.3	Gesetze und Verordnungen	149
3.1.5	Mutagene Faktoren	84	5.3.1	Naturschutz und Landschaftspflege	149
3.1.6	Mutationen und Krebs	85			

5.3.2	Gewässerschutz	150	6.8	Einflüsse durch Handel und Verwaltung	276
5.3.3	Immissionsschutz	155	6.9	Gründe der Klimaerwärmung	277
5.3.4	Lichtimmissionen	162	7	Versorgung mit elektrischer Energie	279
5.3.5	Abfallrecht	163			
5.3.6	Gefahrstoffe	168	7.1	Grundlagen der Stromversorgung	279
5.3.7	Kennzeichnung von Gefahrstoffen nach GHS	170	7.2	Wasserkraftwerke	280
	Transporte	177	7.2.1	Laufkraftwerke	280
5.3.8	Biostoffverordnung	179	7.2.2	Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke	281
5.3.10	Pflanzenschutzgesetz	181	7.2.3	Gezeitenkraftwerke	281
5.3.11	Gentechnikgesetz	181	7.2.4	Wellenkraftwerke	282
5.4	Betriebsbeauftragte für Umweltschutz	183	7.3	Windkraftwerke	282
5.5	Umwelthaftung, Umweltstrafrecht	185	7.4	Wärmekraftwerke	288
5.5.1	Zivilrechtliche Haftung	185	7.4.1	Effizienz der Stromerzeugung durch Wärmekraftwerke	288
5.5.2	Umweltstrafrecht, Ordnungswidrigkeitenrecht	186	7.4.2	Arten der Wärmekraftwerke	289
6	Umweltbelastungen	187	7.4.2.1	Verbrennungskraftwerke	289
6.1	Boden, Wasser, Luft	187	7.4.2.2	Geothermische Kraftwerke	291
6.1.1	Bodenbelastungen	187	7.4.2.3	Solarthermische Kraftwerke	292
6.1.2	Wasserbelastungen	187	7.4.2.4	Kernkraftwerke (Atomkraftwerke)	292
6.1.3	Luftbelastungen	189	7.4.3	Fracking	295
6.2	Belastung durch Strahlung	194	7.5	Stromtransport	296
6.2.1	Strahlungsarten	194	7.5.1	Anlass und Mittel	296
6.2.2	Elektrisches Feld	194	7.5.2	Wirtschaftlicher Transport	296
6.2.3	Magnetisches Feld	195	7.5.3	Zweck der Spannungstransformation	297
6.2.4	Elektromagnetische Felder	196	7.5.4	Drehstromnetze	297
6.2.5	Elektromog	199	7.5.5	Leitungsmaterial	298
6.2.6	Sonnenstrahlung	201	7.5.6	Wirkungen der Netze auf die Umgebung	299
6.2.7	Ionisierende Strahlen	202	7.5.7	Hochspannungs-Gleichstromübertragung HGÜ	299
6.3	Lärm	206	7.5.8	Regelung der Netzspannung	301
6.3.1	Schallwellen	206	7.5.9	Regelung der Netzfrequenz	303
6.3.2	Schalldruck	207	7.5.10	Intelligente Stromnetze (Smart Grids)	304
6.3.3	Lärmschutz	208	7.6	Nutzung der Solarenergie	306
6.4	Arbeitsschutzbestimmungen	210	7.6.1	Verteilung der Solarenergie	306
6.4.1	Gefahrenquellen	210	7.6.2	Solarthermie	306
6.4.2	Vorschriften und Gesetze	211	7.6.3	Photovoltaik	309
6.4.3	Allgemeine Maßnahmen	212	7.7	Stromerzeugung mit Brennstoffzellen	312
6.4.4	Persönliche Schutzausrüstung und Atemschutzgeräte	213	7.7.1	Prinzip der Brennstoffzelle FC	312
6.4.5	Arbeiten in Anlagen der Abfalltechnik	218	7.7.2	Technische Ausführung der FC	312
6.4.6	Arbeiten in Anlagen der Abwassertechnik	220	7.7.3	Bereitstellung des Brenngases	313
6.4.7	Arbeiten bei Lärm und Vibrationen	223	7.7.4	Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzellen	314
6.4.8	Arbeiten in engen Räumen	228	7.8	Ausgleich schwankender Stromerzeugung	315
6.4.9	Arbeiten in elektrischen Anlagen	231	7.8.1	Speichern elektrischer Energie	315
6.4.10	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	232	7.8.2	Ausgleich durch Pumpentechnik	315
6.4.11	Arbeiten auf Baustellen	239	7.8.3	Elektrochemische Verfahren	316
6.4.12	Arbeiten in Biogasanlagen	241	7.8.4	Weitere Ausgleichsverfahren	316
6.4.13	Arbeiten bei Umweltunfällen	243	7.9	Erneuerbare-Energien-Gesetz	317
6.4.14	Kennzeichnung für Sicherheit und Gesundheit	244	7.9.1	Ziel und Anwendungsbereich	317
6.5	Einflüsse durch Industrie und Gewerbe	249	7.9.2	Netzkosten	317
6.5.1	Metall verarbeitende Betriebe	249	7.9.3	Vergütung für regenerative Energien	318
6.5.2	Betriebe der elektrotechnischen Fertigung	252	7.9.4	Netzanschluss von Eigenerzeugungsanlagen	319
6.5.3	Betriebe des Baugewerbes	255	7.10	Nutzung nachwachsender Rohstoffe	321
6.5.4	Betriebe der Holzverarbeitung	257	7.10.1	Nutzung der Biomasse	321
6.5.5	Maler- und Lackiererhandwerk	259	7.10.2	Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	323
6.5.6	Chemische Industrie	261	7.10.3	Biokraftstoffe der ersten Generation	324
6.5.7	Papierindustrie	265	7.10.4	Biokraftstoffe der zweiten Generation	326
6.5.8	Gesundheitsbetriebe	268	7.11	Wärmepumpe	327
6.6	Einflüsse durch Haushaltungen	270	7.11.1	Kosten der Elektroenergie zum Heizen	327
6.6.1	Luftbelastungen	270	7.11.2	Wirkungsweise der Wärmepumpe	327
6.6.2	Abwasser	271	7.11.3	Leistungszahl	328
6.6.3	Siedlungsabfälle	272	7.11.4	Gewinnung des Wärmeträgers	328
6.7	Einflüsse durch die Landwirtschaft	273			

7.12	Maßnahmen zur Energieeinsparung	330	8.9	Elektrische Geräte anschließen	446
7.12.1	Energieeinsparverordnung	330	8.9.1	Anschlussarten	446
7.12.2	Energiemanagement-Systeme (EnMS)	331	8.9.2	Austausch von Betriebsmitteln	447
7.12.3	Energieausweis (Energiepass)	333	8.9.3	Leistungsschild	448
7.12.4	Energieeffizienzklassen	334	8.9.4	Elektromotoren	449
7.12.5	Wärmedämmung	336	8.9.5	Kraftmomente von Elektromotoren	451
7.12.6	Kontrolliertes Lüften	339	8.9.6	Klemmenbretter von Elektromotoren	452
7.12.7	Hybridantriebe	340	8.9.7	Anlassschaltungen	452
7.12.8	Stromversorgung von Elektrofahrzeugen	343	8.9.8	Schütze	455
7.12.9	Energieeffiziente Elektromotoren	345			
7.12.10	Energieeffiziente Lichtquellen	347	9	Rohrsysteme und Kanalsysteme	457
8	Umgang mit Umweltbelastungen	349	9.1	Grafische Symbole	457
8.1	Vermeiden und Entsorgen	349	9.2	Rohrsysteme	458
8.1.1	Vermeiden	349	9.2.1	Anwendung von Rohrleitungen	458
8.1.2	Entsorgen	350	9.2.2	Komponenten von Rohrleitungen	458
8.2	Wasserwirtschaft	352	9.2.3	Inbetriebnahme und Betrieb	464
8.2.1	Kreislauf des Wassers	352	9.2.4	Kennzeichnung von Rohrleitungen	464
8.2.2	Trinkwassergewinnung	353	9.3	Kanalsysteme	465
8.2.3	Trinkwasseraufbereitung	354	9.3.1	Aufbau	465
8.2.4	Härte des Wassers	357	9.3.2	Kanalreinigung	466
8.2.5	Einsparung von Wasser durch Kreisläufe	358	9.3.3	Orten von Rohren und Lecks	468
8.2.6	Abwassersammlung und Abwasserentsorgung	362			
8.2.7	Mechanische Stufe der Kläranlage	364	10	Betriebswirtschaft und IT-Einsatz	469
8.2.8	Biologische Stufe der Kläranlage	366	10.1	Umwelt-Ökonomie	469
8.2.9	Anaerobe Wasserreinigung	370	10.2	Umwelt-Audit	472
8.2.10	Vierte Reinigungsstufe	371	10.3	IT-Arbeitsplatz	474
8.2.11	Klärschlammbehandlung	372	10.3.1	Komponenten	474
8.3	Abfallwirtschaft	373	10.3.2	Ergonomische Gestaltung	475
8.3.1	Begriffe der Abfallwirtschaft	373	10.4	Vernetzte Computer	476
8.3.2	Sammelsysteme	375	10.4.1	Lokales IT-Netzwerk	476
8.3.3	Abfalltransport	378	10.4.2	Internet	477
8.3.4	Verfahren zur Abfallverwertung und Abfallbeseitigung	379	10.5	Programme für den Anwender	478
8.3.5	Abfallverwertung von Flüssigkeiten	380	10.5.1	Tabellenkalkulation	478
8.3.6	Abfallverwertung von festen Stoffen	387	10.5.2	Datenbanksysteme	480
8.3.7	Biologische Behandlung von Abfall	399	10.5.3	Anwendungsprogramme	483
8.3.8	Thermische Behandlung	406	10.6	Schutz vor Datenmissbrauch, Datenbeschädigung	487
8.3.9	Rauchgasentschwefelung im Regenerativ-Verfahren	417	10.7	Industrielle Computernutzung	489
8.3.10	Entstickung von Rauchgasen	417	10.7.1	Kleinsteuerung LOGO!	489
8.4	Deponierung	418	10.7.2	Industrie-PC	491
8.4.1	Arten von Deponien	418	10.7.3	Feldbussysteme	492
8.4.2	Oberirdische Deponien	418	10.7.4	Regelungstechnik	494
8.4.3	Unterirdische Deponie	422			
8.4.4	Deponiebetrieb	423	11	Anhang	497
8.4.5	Abschluss der Deponie	423	11.1	H-Sätze und P-Sätze	497
8.5	Entsorgung radioaktiver Abfälle	424	11.2	Glossar	501
8.5.1	Anfall von radioaktiven Abfällen	424	11.3	Periodensystem	511
8.5.2	Entsorgungskonzept radioaktiver Abfälle	424	11.4	Symbole der Verfahrenstechnik	512
8.5.3	Zwischenlagerung	425	11.5	Symbole der Elektrotechnik	513
8.5.4	Endlagerung	426	11.6	Organisationsformen in Unternehmen	514
8.6	Luftreinhaltung	427	11.7	Arbeiten im Team	515
8.6.1	Herkunft der Emissionen	427	11.8	Präsentation durch Vortrag	516
8.6.2	Partikelabscheidung	427	11.9	Normen	517
8.6.3	Abscheidung von Gasen	429		Fachliches Englisch	518
8.7	Behandlung von Altlasten	435		Sachwortverzeichnis	526
8.7.1	Auftreten von Altlasten	435		Bildquellenverzeichnis	535
8.7.2	Erfassung der Altlasten	435		Firmen und Dienststellen	536
8.7.3	In-Site-Verfahren	436			
8.7.4	Ex-Site-Verfahren	439			
8.8	Schutz gegen Elektromog.	443			
8.8.1	Prinzipielle Maßnahmen	443			
8.8.2	Schutz gegen hochfrequente EMIs	444			
8.8.3	Schutz gegen niederfrequente EMIs	444			

Auskunftstellen zum Umweltschutz / Information Offices for Pollution Controls

Außer den aufgeführten Dienststellen können die meisten Landratsämter und Bürgermeisterämter Auskünfte erteilen.

Aktionsgemeinschaft Umwelt, Gesundheit, Ernährung e.V. Reimertswiete 22 20457 Hamburg	Bundesverband Baustoff- Aufbereiter e.V. Brabanter Str. 8 50674 Köln	Deutsches Windenergie-Institut Ebertstr. 96 26382 Wilhelmshaven
Arbeitsgemeinschaft für Umwelt- planung, Energieberatung, Naturschutz Neuhaußstr. 11 60322 Frankfurt	Bundesverband der Altöl- u. Abfallentsorger e.V. Ottoweg 1 48653 Coesfeld	Deutsche Wirtschaft in Shanghai Katja Hellkötter Umwelt-Area-Managerin China 29/F Pos plaza 480 Pudian Road – Pudong Shanghai 200122 China www.china.ahk.de
Bayerisches Institut für Abfall- forschung GmbH Am mittleren Moos 46 B 86167 Augsburg	Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. Hauptstr. 305 51143 Köln	Deutsch-Indische Handelskammer Dr. Ganesh Shankar Umwelt-Area-Manager Indien P.O. Box 11092 Bombay 400020 India www.indo-german.com
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Rosenkavalierplatz 3 81925 München	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V. Frankfurter Str. 720–726 51145 Köln	Deutsch-Indonesische Industrie- und Handelskammer Jan Roennfeld Umwelt-Area-Manager Indonesien P.O. Box 3151 Jakarta 10310 Indonesien www.germancentre.co.id www.io.com/ekonid
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstr. 67 80636 München	Bundesverband Elektronik-, Elektroschrottverwertung e.V. 78234 Engen	Deutsch-Tschechische Industrie- und Handelskammer Hanna Potuckva Vaclavske Namesti 40 11000 Praha 1 Czech Republic
Bayerisches Zentrum für Angewand- te Energieforschung e.V. Am Hubland 97074 Würzburg	Bundesverband Energie, Umwelt, Feuerungen e.V. Birkenwaldstr. 168 70191 Stuttgart	DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Markt 71 53757 Sankt Augustin
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie Kurfürsten-Anlage 62 69115 Heidelberg	Bundesverband Gesundes Bauen und Wohnen e.V. Postfach 15 43 38005 Braunschweig	Forschungsinstitut für Wasser- und Abwasserwirtschaft RWTH Aachen Mies-van-der-Rohe-Str. 17 52056 Aachen
Bremer Umweltinstitut für Analyse und Bewertung von Schadstoffen e.V. Wielandstr. 25 28203 Bremen	Deutsch-Brasilianische Industrie- und Handelskammer Ricardo E. Rose Umwelt-Area-Manager Rua Verbo Divino 1488 04719-904 São Paulo Brasil www.ahkbrasil.com	Fraunhofer-Institut für Umwelt- chemie u. Ökotoxikologie Auf dem Aberg 1 57392 Schmallenberg
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. Im Rheingarten 7 53225 Bonn	Deutsche Bundesstiftung Umwelt An der Bornau 2 49090 Osnabrück	Gesellschaft für Umweltrecht e.V. Bismarckplatz 1 14193 Berlin
Bundesamt für Naturschutz Konstantinstr. 110 53179 Bonn	Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. Köpenicker Str. 325 12555 Berlin	Hessische Landesanstalt für Umwelt Rheingastr. 186 65203 Wiesbaden
Bundesanstalt für Strahlenschutz Albert-Schweitzer-Str. 18 38226 Salzgitter	Deutsche Stiftung für Umweltpolitik Adenauerallee 214 53113 Bonn	
Bundesamt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Vogelpothsweg 50–52 44149 Dortmund	Deutscher Schrott Recycling Entsorgungsverband e.V. Brabanter Str. 8 50674 Köln	
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit Alexanderplatz 6 10178 Berlin		

Dadurch ziehen sich Moleküle gegenseitig an, unabhängig vom Aufbau ihrer Elektronenhüllen. Auch die Anziehung von Edelgasatomen hat diese Ursache.

Die Van-der-Waals-Kräfte sind die schwächsten Kräfte, mit denen sich Moleküle gegenseitig anziehen.

Beträgt die Bindungsenergie einer Atombindung etwa 100 kJ/mol, ist die Bindungsenergie einer Wasserstoffbrückenbindung nur rund 10 kJ/mol und die Energie der Van-der-Waals-Bindung ungefähr 1 kJ/mol.

Metallbindung

Metalle kristallisieren in den meisten Fällen in einer von drei Metallgitterformen (**Bild 1**). Die Gitterpunkte sind durch positive Metall-Ionen (Atomrümpfe) besetzt. Im kubisch-raumzentrierten Gitter hat jedes Metall-Ion acht Nachbarn, im kubisch-flächenzentrierten Gitter und im hexagonalen Gitter zwölf. In Bild 1 sind die Ionen zur besseren Übersicht weit entfernt voneinander gezeichnet, in Wirklichkeit liegen sie viel dichter beieinander. Die abgegebenen Elektronen von den äußersten Schalen der Atome bewegen sich frei zwischen den positiven, fest an ihren Platz gebundenen Metall-Ionen (**Bild 2**). Die Beweglichkeit der freien Elektronen in einem Metall erklärt auch die elektrische Leitfähigkeit der Metalle. Der elektrische Strom besteht im Metall in der Bewegung der freien Elektronen, die sich nur dort durch das Gerüst fester Metall-Ionen hindurchzwängen.

Wiederholung und Vertiefung

1. Wodurch unterscheidet sich die Ionenbindung von der Atombindung?
2. Warum bilden die Salze mit Ionenbindung einen Ionenkristall?
3. Welche Ausnahmen gibt es von der Regel, dass Grundstoffgase Moleküle aus zwei Atomen enthalten?
4. Was versteht man unter a) einer Doppelbindung und b) einer Dreifachbindung?
5. Unter welchen Umständen entstehen Molekular-dipole?
6. Zwischen welchen Atomen kann sich eine Wasserstoffbrückenbindung ausbilden?
7. Wie kommt es zur elektrischen Leitfähigkeit der Metalle?
8. Erklären Sie die Van-der-Waals-Bindung.

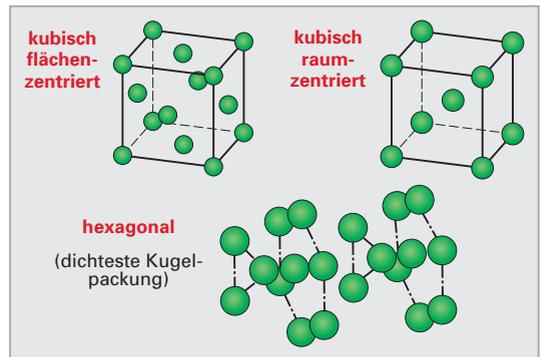


Bild 1: Kristallgitter der Metalle

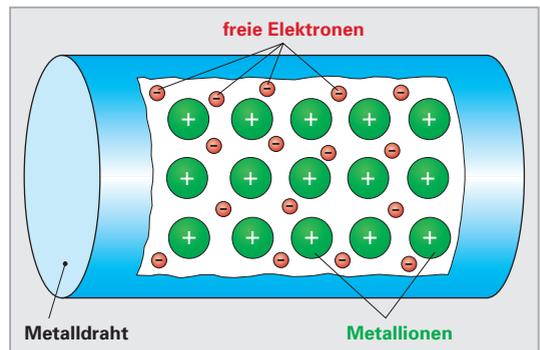
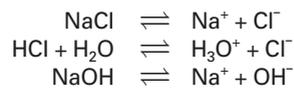


Bild 2: Metallbindung (Gerüst positiver Ionen und frei bewegliche Elektronen)

2.1.3 Anorganische Reaktionen

Ionenreaktionen

Zwischen Ionen können chemische Reaktionen stattfinden, wenn sich die Ionen frei bewegen und miteinander vermischen können. Den Zerfall von Stoffen in frei bewegliche Ionen in der Schmelze oder in einer Lösung nennt man *elektrolytische Dissoziation* (von lat. dissociare = trennen).



- *Basen* sind Stoffe, die in positive Metall-Ionen und negative *Hydroxid-Ionen* OH^- dissoziieren.
- *Laugen* sind wässrige Lösungen von Basen.
- *Säuren* zerfallen im Wasser in *Hydronium-Ionen* H_3O^+ und *Säurerest-Ionen*, z. B. in Cl^- , SO_4^{2-} oder NO_3^- .
- *Salze* liegen schon im Kristallgitter als Ionen vor. Sie dissoziieren in Lösung oder in der Schmelze in positive *Metall-Ionen* und negative *Säurerest-Ionen*.

2.7 Physikalische Grundbegriffe Physical Basics

In den Anlagen der Umwelttechnik wirken Größen aller Arten, insbesondere mechanische und elektrische Größen. *Formelzeichen* sind Abkürzungen für die Größen (**Tabelle 1**). In Büchern sind sie *kursiv* (schräg) gedruckt. *Einheiten* ergänzen den Zahlenwert einer Größe. *Einheitenzeichen* sind die Abkürzungen der Einheiten. Einheitenzeichen werden in Büchern *nicht kursiv* (senkrecht) gedruckt.

Eine spezielle Größe, z. B. eine Messgröße, besteht aus Zahlenwert und Einheit.

2.7.1 Mechanische Größen

Basisgrößen der Mechanik sind Länge, Masse und Zeit (Tabelle 1).

Alle Größen der Mechanik lassen sich durch die Basisgrößen Länge, Masse und Zeit ausdrücken.

Off setzt man vor das Einheitenzeichen ein *Vorsatzzeichen*. Die Vorsätze bedeuten einen Bruchteil oder ein Vielfaches der Einheit (**Tabelle 2**).

Abgeleitete Größen

Die *Geschwindigkeit* v eines Körpers gibt an, welche Strecke s der Körper in der Zeit t zurücklegt.

Geschwindigkeit

$$v = \frac{s}{t}$$
1

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
2

v Geschwindigkeit s Strecke t Zeit	Δs Streckenabschnitt Δt Zeitabschnitt
--	--

Aus den Formeln berechnet man die Einheit der Größe. Aus der Formel $v = \frac{s}{t}$ folgt

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{s}}$$

$[v]$ spricht: „Einheit von v “.

Ändert sich aus einem beliebigen Grund die Geschwindigkeit v , dann tritt eine *Beschleunigung* a (von engl. acceleration) ein. Ist diese negativ, so spricht man auch von einer *Verzögerung*.

Tabelle 1: Wichtige Basisgrößen

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	l , oft s	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A

Tabelle 2: Häufige Vorsätze

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Zahlenwert	Beispiel
n	Nano	10^{-9}	100 nm = 0,1 μ m
μ	Mikro	10^{-6}	100 μ m = 0,1 mm
m	Milli	0,001	2 mm = 0,002 m
c	Centi	0,01	4 cm = 0,04 m
d	Dezi	0,1	5 dm = 0,5 m
k	Kilo	1000	2 km = 2000 m
M	Mega	10^6	2,6 Ms = $2,6 \cdot 10^6$ s
G	Giga	10^9	3 GW = $3 \cdot 10^9$ W = $3 \cdot 10^6$ kW
T	Tera	10^{12}	6 TW = $6 \cdot 10^3$ GW

Beschleunigung

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
3

$$a = \frac{\Delta s}{(\Delta t)^2}$$
4

a Beschleunigung v Geschwindigkeit Δv Änderung von v	Δs Streckenabschnitt Δt Zeitabschnitt
--	--

Aus der Formel $a = \Delta s : (\Delta t)^2$ folgt für

$$[a] = [\Delta s] : [(\Delta t)^2]$$

$$= [s] : [t^2] = \mathbf{m/s^2}$$

Die Masse in kg ist eine vom Ort unabhängige Kenngröße eines jeden Körpers. Um eine Masse zu beschleunigen, muss man Kraft aufwenden.

Grundgesetz der Mechanik

Kraft

F Kraft m Masse a Beschleunigung	<div style="border: 1px solid blue; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> $F = m \cdot a$ 5 </div>
--	--

Für die Einheit der Kraft erhält man

$$[F] = [m] \cdot [a] = \mathbf{kg \cdot m/s^2}$$

2.7.4 Strommessung, Spannungsmessung

Die Messung von Strom und Spannung wird in der Praxis häufig mit einem analogen oder digitalen Multimeter (**Bild 1**) vorgenommen. Die meisten Multimeter bieten zusätzliche Funktionen wie z. B. die direkte Widerstandsmessung oder die Prüfung von Halbleitern.

www.amprobe.de, www.fluke.de,
www.gossenmetrawatt.de

Bevor das Messgerät mit der Messschaltung verbunden wird, muss der richtige Modus und Messbereich eingestellt werden. Kann die Höhe der zu messenden Größe nicht abgeschätzt werden, so wird mit der Messung zunächst im höchsten Messbereich begonnen, um das Messgerät nicht zu beschädigen.

Zur Strommessung wird das Messgerät in Reihe zum Widerstand (in den Stromkreis) geschaltet (**Bild 2**).

Ströme über 10A werden mit einem Zangen-Ampereometer gemessen. Hierbei wird eine Messzange um den stromdurchflossenen Leiter gelegt und durch Erfassung des vom Strom verursachten Magnetfelds die Stromstärke bestimmt.

Zur Spannungsmessung muss das Messgerät parallel zum Widerstand geschaltet werden (**Bild 3**).

Grundsätzlich treten in der Praxis Messfehler auf, deren Auswirkung auf den zu messenden Wert beurteilt werden muss. Bei der Verwendung digitaler Messinstrumente sind klassische Ablesefehler, z. B. durch schräge Blickrichtung zum Zeiger (Parallaxe), ausgeschlossen.

Dennoch können systematische Messfehler eine Rolle spielen, insbesondere, wenn Strom und Spannung an einem Bauteil gleichzeitig gemessen werden sollen. Ob die Strom- oder die Spannungsmessung fehlerhaft ist, hängt von der Anordnung der Messinstrumente im Stromkreis ab. Setzt sich der gemessene Strom aus dem Strom durch das Bauteil und dem Strom durch das Spannungsmessgerät zusammen, so erfolgt die Messung nach der *Stromfehlermethode*. Bei der *Spannungsfehlermethode* wird die Summe aus der Spannung am Bauteil und dem Spannungsfall am Strommesser gemessen.



Bild 1: Digitalmultimeter

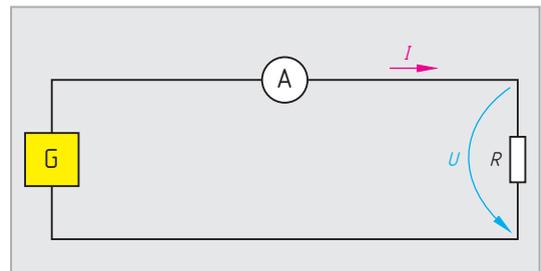


Bild 2: Strommessung

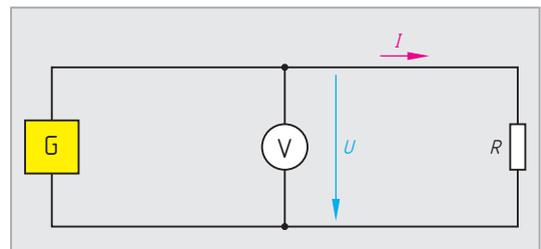


Bild 3: Spannungsmessung

Zur Minimierung dieser Messfehler sollten stets Spannungsmesser mit möglichst hohem Innenwiderstand und Strommesser mit möglichst niedrigem Innenwiderstand eingesetzt werden.

Ionenchromatografie-Anlage (IC-Anlage)

Für die instrumentelle Umweltanalytik in den Bereichen Boden, Wasser und Luft hat die *Ionenchromatografie IC* als eigenständiges HPLC-Verfahren eine herausragende Bedeutung erlangt.

Dabei ist die Bestimmung *anorganischer Anionen* im Trinkwasser zur Kontrolle der Grenzwerte nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) eine der wichtigsten Anwendungen der IC. Nach DIN EN ISO 10304-1 werden die Konzentrationen der gelösten Anionen Bromid (Br^-), Chlorid (Cl^-), Fluorid (F^-), Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), Phosphat (PO_4^{3-}) und Sulfat (SO_4^{2-}) auf diese Weise ermittelt. Diese Methode gilt auch für die Bestimmung dieser Ionen im Grundwasser, Oberflächenwasser Abwasser, Sickerwasser und Meerwasser (**Tabelle 1**).

Die gleichzeitige Bestimmung wichtiger *anorganischen Kationen* wie Ammonium (NH_4^+), Calcium (Ca_2^+), Kalium (K^+), Magnesium (Mg_2^+) und Natrium (Na^+) beispielsweise in Trink-, Oberflächen- oder Mineralwasser lässt sich ebenfalls schnell mittels Ionenchromatografie durchführen (**Bild 1**).

Prinzipiell lassen sich Ionen mit diesem Verfahren auch in Aerosolen und Stäuben nachweisen und bestimmen.

Mit der Ionenchromatografie können umweltrelevante Ionen in wässrigen Lösungen qualitativ und quantitativ bestimmt werden.

Praktisch erfolgt die Ionenchromatografie in einem *Ionenchromatografen*, dessen prinzipieller Aufbau dem einer HPLC-Anlage entspricht (**Bild 1, vorhergehende Seite**).

Das Kernstück der IC-Anlage ist die Trennsäule, die je nach zu trennenden Ionen als Anionenaustauschersäule mit positiv geladener stationärer Phase oder als Kationenaustauschersäule mit negativ geladener stationärer Phase ausgeführt ist.

Die sich in einem wässrigen Lösemittel befindliche Probe mit den zu trennenden Ionen wird auf die Trennsäule aufgegeben und mittels der Hochdruckpumpe durch sie hindurch befördert. Dabei treten die Ionen, abhängig von ihrer Größe und Ladungsstärke, mit der entgegengesetzt geladenen stationären Phase der Trennsäule in verschieden starke Wechselwirkungen, was den Transport durch die Säule entsprechend behindert und zu unterschiedlichen ionenspezifischen Retentionszeiten führt (**Tabelle 2**).

Am Säulenende registriert ein Leitfähigkeits-Sensor in einem Chromatogramm die elektrische Leitfähigkeit



Bild 1: Ionenchromatografie-Anlage (IC-Anlage)

Tabelle 1: Mit IC bestimmbare Stoffe (Beispiele)

Umweltbereich Wasser, Boden, Luft	
Anionen:	Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Sulfat
Kationen:	Ammonium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Natrium

Tabelle 2: Typische Reihenfolge der Retentionszeiten bei der IC (Beispiele)

Anionen:	Fluorid ► Chlorid ► Nitrit ► Phosphat ► Bromid ► Nitrat ► Sulfat
Kationen:	Natrium ► Kalium ► Calcium ► Magnesium

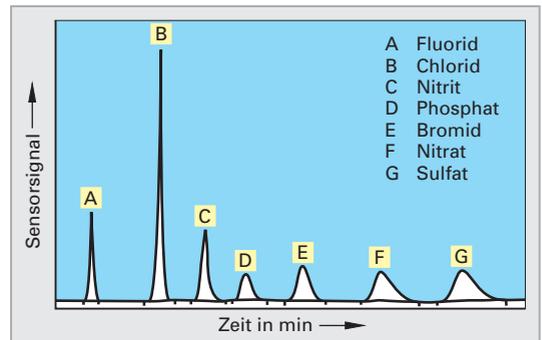


Bild 2: Chromatogramm eines Teststandards für Anionen

der die Säule zeitverzögert einzeln verlassenden Ionen als Stoffpeaks (**Bild 2**). Die Größe der jeweiligen Peakflächen ist dabei proportional der Ionenkonzentration in der aufgegebenen Probe.

Einstab-Messketten arbeiten wie Sensorelemente mit Messelektrode und Bezugs-elektrode, sind aber einfacher zu handhaben und etwas weniger genau.

Zur Trübungsmessung werden Streulicht-Sensorelemente verwendet. Diese beruhen auf dem Streulicht, das beim Durchstrahlen eines getrübbten Mediums entsteht und mittels fotoelektronischer Bauelemente gemessen wird (**Bild 2**). Dabei ist die Stärke des Streulichts ein Maß für die Trübung.

Mit radiometrischen Messungen (Messungen mit Hilfe von radioaktiven Substanzen) können Flüssigkeitsstände und auch Trübungen erfasst werden (**Bild 3**). Als Strahler werden Gammastrahler, z. B. Cäsium-137 oder Kobalt-60, verwendet. Als Detektoren (lat. detectus = entdeckt) werden Sensorelemente verwendet, die einen Kristall enthalten, der bei Bestrahlung mit Gammastrahlen Lichtblitze ausstrahlt. Dieser Szintillationskristall (lat. scintillare = funkeln) bildet den Eingang eines Fotovervielfachers (**Bild 4**). Die schwache Lichtstrahlung des Szintillationskristalls setzt an einer Fotokatode des Fotovervielfachers wenige Elektronen frei. Diese werden durch die anliegende Spannung zur nächsten Elektrode beschleunigt, wo sie durch ihren Aufprall zusätzliche Elektronen (Sekundärelektronen) freisetzen. Das wiederholt sich dann an den nächsten Elektroden (Dynoden), sodass zuletzt trotz der schwachen Lichtblitze ein messbarer Strom vorhanden ist. Dieser ist ein direktes Maß für die Gammastrahlung.

Wiederholung und Vertiefung

1. Beschreiben Sie den Aufbau eines Temperatur-Sensorelements.
2. In welchen Sensoren kommen Wirkwiderstände als Sensorelemente vor?
3. Nennen Sie Sensorelemente, die mit Wechselspannung betrieben werden müssen.
4. In einem Klärwerk soll die Füllhöhe eines Turmes für Klärschlamm überwacht werden. Welche Sensorelemente kommen dafür in Betracht?
5. Welche Möglichkeiten gibt es, den Durchfluss von Flüssigkeiten durch Rohre zu überwachen?
6. Warum können Sensoren, die auf der Lorentzkraft beruhen, nur bei leitenden Flüssigkeiten angewendet werden?
7. Nennen Sie ein Sensorelement, mit dem die Durchflussgeschwindigkeit von elektrisch isolierenden Flüssigkeiten erfasst werden kann.
8. Mit welchen Sensorelementen können die Konzentrationen von Gasen gemessen werden?

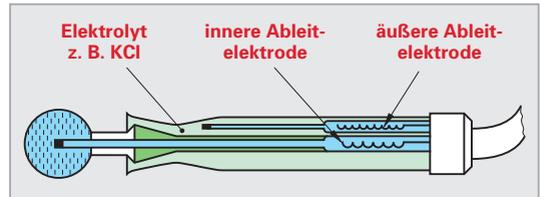


Bild 1: Einstab-Messkette für Messung des pH-Wertes

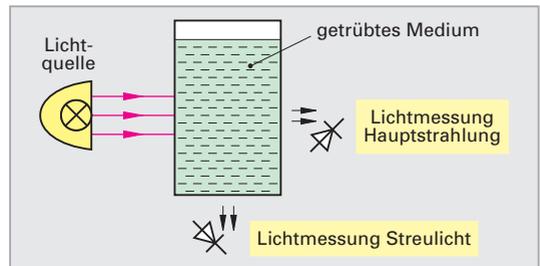


Bild 2: Prinzip der Trübungsmessung

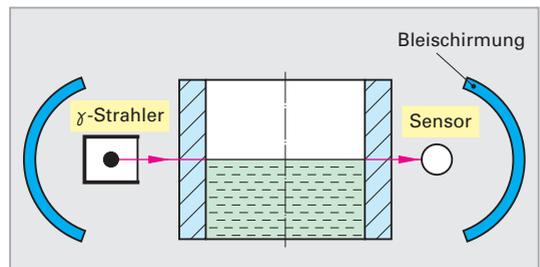


Bild 3: Radiometrische Füllhöhenüberwachung

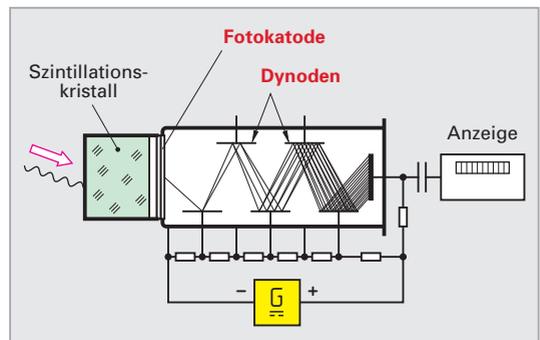


Bild 4: Detektor für radiometrische Sensorik

9. Mit welchen Sensorelementen kann die Luft auf den Gehalt von Kohlenstoffmonoxid überwacht werden?
10. Bei welchen Sensorelementen kommen Glaselektroden vor?

TA Luft

Die TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) dient dem Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen (**Bild 1**). Luftverunreinigungen können durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe entstehen.

Immissionen im Sinne dieser Anleitung sind auf Lebewesen oder Pflanzen einwirkende Luftverunreinigungen (**Bild 2**). Die TA Luft legt fest

- Grenzwerte von gesundheitsschädlichen Immissionen (**Tabelle 1**),
- Immissionswerte, die zu Belästigungen führen,
- erforderliche Schornsteinhöhen sowie
- Anforderungen an Altanlagen.

Das Messen der Immissionswerte erfordert das Einhalten einer vorgegebenen Vorgehensweise. Die Immissionen sind in 1,50 m bis 4 m Höhe über Erdboden sowie in mehr als 1,50 m seitlichem Abstand von Bauwerken zu messen. Weiter gibt es Vorgaben für das Beurteilungsgebiet (Summe der Beurteilungsflächen innerhalb eines Kreises mit einem Radius, welcher der 30-fachen Schornsteinhöhe entspricht), die Beurteilungsfläche (quadratische Teilflächen sind meist 1 km²), den Messzeitraum, die Messstellen, die Messverfahren und die Messhäufigkeit.

Die Immissionswerte sind nach festgelegten Vorgaben zu ermitteln.

Emissionen sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen. Anlagen, die luftverunreinigende Emissionen abgeben, z. B. beim Umgang mit staubenden Gütern, müssen mit Einrichtungen zur Emissionsbegrenzung ausgerüstet sein. Hierbei sind die Massenkonzentrationen und die von einer Anlage ausgehenden Massenströme mit Verunreinigungen zu vermindern, z. B. durch Kapselung von Anlagenteilen oder Optimierung von Betriebsabläufen (**Tabelle 2**). So ist beim Befüllen geschlossener Transportbehälter mit staubenden Gütern die verdrängte Luft zu erfassen und zu entstauben.

Bei Anlagen mit einem Emissionsmassenstrom an staubförmigen Stoffen von mehr als 5 kg/h sollen kontinuierliche Messungen vorgenommen werden. Hinsichtlich dampfförmiger und gasförmiger Emissionen sind in der TA Luft Grenzwerte vorgegeben, bei deren Überschreiten fortlaufende Messungen

ERSTER TEIL IMMISSIONSWERTE, BEURTEILUNG MASSNAHMEN

- § 1 Begriffsbestimmungen
- § 2 Immissionsgrenzwerte, Toleranzmarge und Alarmschwelle
- § 3 Immissionsgrenzwerte, Toleranzmargen für Stickstoffdioxid (NO_x) und Alarmschwelle für Stickstoffdioxid
- § 4 Immissionsgrenzwerte und Toleranzmargen für Schwebstaub
- § 5 Immissionsgrenzwerte und Toleranzmargen für Blei
- § 6 Immissionsgrenzwerte und Toleranzmarge für Benzol
- § 7 Immissionsgrenzwerte und Toleranzmarge für Kohlenmonoxid
- § 8 Ausgangsbeurteilung der Luftqualität

Bild 1: Auszug aus Verordnung über Immissionswerte

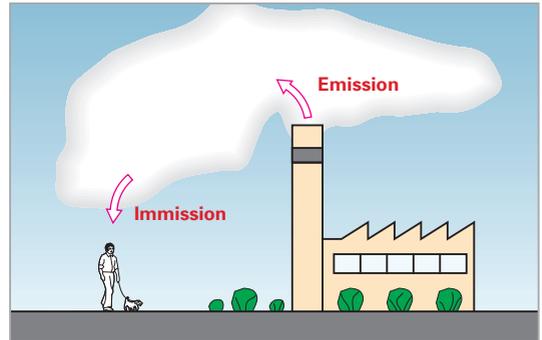


Bild 2: Zusammenwirken von Immission und Emission

Tabelle 1: Grenzwerte von gesundheitsschädlichen Immissionen (Jahresmittelwerte)

Schadstoff	Grenzwert in µg/m ³
Schwebstaub	40
Blei	0,5
Benzol	10
Chlor	100
Kohlenstoffmonoxid	10 000
Schwefeldioxid	50
Stickstoffdioxid	40
Ozon	110

Tabelle 2: Umgang mit staubenden Gütern

Art	Maßnahmen
Aufbereitung und Herstellung	Kapselung, Erfassung staubhaltiger Abgase und Zuführung zu einer Entstaubungseinrichtung.
Transport, Be- und Entladung	Geschlossene Behältnisse, Absaug- und Entstaubungseinrichtungen.
Lagerung	Siloeinsatz, Abdeckungen, Windschutzbepflanzungen, Begrünung, Befeuchtung.

Wirkungen auf den Menschen

Allgemein anerkannte Wirkung von nicht ionisierenden hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die mit ihnen verbundene Wärmeentwicklung im Körper. Aus den Messwerten ist ersichtlich, dass die Leistungen der Sender sehr verschieden sind und ebenso ihre typischen Leistungsflussdichten (**Tabelle 1, Bild 1**).

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass nicht die großen Sender zu hohen Leistungsflussdichten führen, sondern das Handy (Smartphone) oder ein schnurloses Telefon. Das ist darin begründet, dass diese Geräte dicht am Körper betrieben werden. Besonders ungünstig ist der übliche Betrieb dicht am Kopf. Dabei kann die von der Strahlung beim Senden des Gerätes hervorgerufene Strahlung im ungünstigen Fall so groß sein, dass eine Schädigung des Auges eintritt.

Die höchsten Strahlungsflussdichten treten am Handy und am schnurlosen Telefon auf.

Dagegen ist die übliche Leistungsflussdichte von Mobilfunkmasten keineswegs groß. Das liegt auch daran, dass die Strahlung derartiger Masten horizontal gerichtet ist, sodass in unmittelbarer Nähe unterhalb des Mastes die Leistungsflussdichte klein ist (**Bild 2**).

Nicht allgemein anerkannt sind schädliche Wirkungen auf das Nervensystem bei Einhaltung der Grenzwerte. Diese werden aber vermutet, und zwar bei niederfrequenten und bei hochfrequenten elektromagnetischen Feldern.

Bei niederfrequenten Feldern sind am ehesten dort schädliche Einflüsse zu befürchten, wo sie sehr lange auf den Menschen einwirken. Das ist im Wohnbereich vor allem im Schlafzimmer zu erwarten.

Weitere Informationen www.elektrosmog.de und Maßnahmen gegen Elektrosmog, Abschnitt 8.8).

Wiederholung und Vertiefung

1. Wie kommen elektrische Felder zustande und wie magnetische?
2. Welche Einheiten haben die Feldstärken der elektrischen Felder und der magnetischen Felder?
3. Was versteht man unter ionisierenden Strahlen?
4. Durch welche Größe gibt man die Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder an?
5. Welche Bestandteile hat ein elektromagnetisches Feld?

Tabelle 1: Daten von Sendern von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Messgröße	Rundfunk	Fernsehen	Mobilfunkmast	Handy
P	100 kW	300 kW	50 W	$\leq 2 \text{ W}$
f in MHz	88–108	174–216	890–1880	890–1880
S_G in W/m^2	2	2	4,5	–
d_G in m	250	150	8	0
d in m	1500	1500	50	0,03
S in W/m^2	0,05	0,02	0,001	≤ 2

d_G Abstand für Grenzwertmessung
 d typischer Messabstand
 S typischer Messwert der Leistungsflussdichte bei d
 f Frequenz
 P Senderleistung
 S_G Grenzwert der Leistungsflussdichte

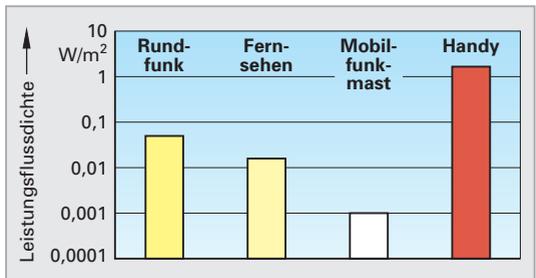


Bild 1: Vergleich typischer Leistungsflussdichten

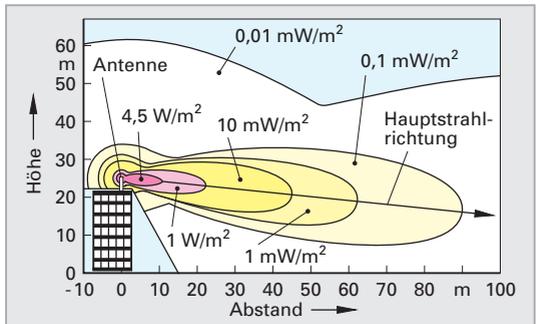


Bild 2: Strahlung bei einem Mobilfunkmast

6. Nennen Sie vier Quellen von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern.
7. Geben Sie die Grenzwerte von elektromagnetischen Feldern mit 50 Hz für Privatpersonen in Deutschland an.
8. Wie groß sind die Grenzwerte für elektromagnetische Felder mit 2,2 GHz nach der BlmSchV?

6.4 Arbeitsschutzbestimmungen Regulations for Work Protection

6.4.1 Gefahrenquellen

Arbeitnehmer sind in ihrem Berufsleben vielen Gefahren ausgesetzt, die zu Gesundheitsschädigungen führen können (**Bild 1**). Viele Gefahrenquellen wirken auf den Arbeitnehmer ohne sein Zutun. Hierzu gehören insbesondere Gefahren, die durch geeignete Umweltschutzmaßnahmen in ihrer Wirkung vermindert oder sogar ausgeschlossen werden können, z. B. Lärm, Strahlenbelastungen, Belastungen mit biologischen Arbeitsstoffen, chemische Dämpfe und Gase.

Diese vermeidbaren Belastungen werden häufig sowohl vom Arbeitgeber als auch vom Arbeitnehmer nicht ernst genommen, da in geringer Dosierung wenig Schaden oder keine sofort erkennbaren Beeinträchtigungen hervorgerufen werden (**Bild 2**). Oft ist der Schaden erst nach vielen Jahren erkennbar, dann jedoch nicht mehr heilbar (Abschnitt 6.4.7).

Gefahren, deren schädigende Wirkung sich erst nach Jahren auswirkt, sind besonders ernst zu nehmen.

Je nach Arbeitsplatz ist der Arbeitnehmer unterschiedlichen Gefahrenquellen ausgesetzt (**Tabelle 1**). Bei einer langjährigen Dauereinwirkung können hieraus die so genannten Berufskrankheiten resultieren. Die Tarifparteien (Arbeitgeberverbände, Arbeitnehmerverbände) haben in Tarifverträgen für Arbeitnehmer, die unvermeidbaren schädlichen Einwirkungen ständig ausgesetzt sind, Lohnzuschläge vereinbart, wie z. B. die Lärmzulage. Allerdings wird dadurch der gesundheitliche Schaden, z. B. die Schwerhörigkeit, nicht verhindert (Abschnitt 6.4.7).

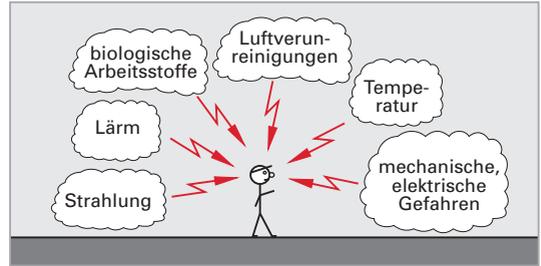


Bild 1: Belastende Einflüsse am Arbeitsplatz

Tabelle 1: Gefahrenquellen an Arbeitsplätzen

Arbeitsplatz	Gefahrenquelle	Auswirkung
Arbeitsmaschine	Lärm Kühlschmierstoff Späne	Schwerhörigkeit Hautkrankheiten Schnittwunden
Galvanik	Säuren	Hautkrankheiten
Lackiererei	Laugen Farbmittel Phosphate Methanol	Erkrankungen der Atmungsorgane
Schleiferei	Kobaltstaub Schleifschlamm	Krebs erregend Hautkrankheiten
Schreinerei	Staub Abbeizmittel	Lungenkrebs Hautkrankheiten, Lungenschädigungen
Schweißerei	Kohlenstoffmonoxid Zinkoxid Chromate	Erkrankungen der Atmungsorgane, Krebs erregend

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, den Arbeitnehmer auf die Gefahren am Arbeitsplatz hinzuweisen und entsprechende Schutzmaßnahmen zu veranlassen.

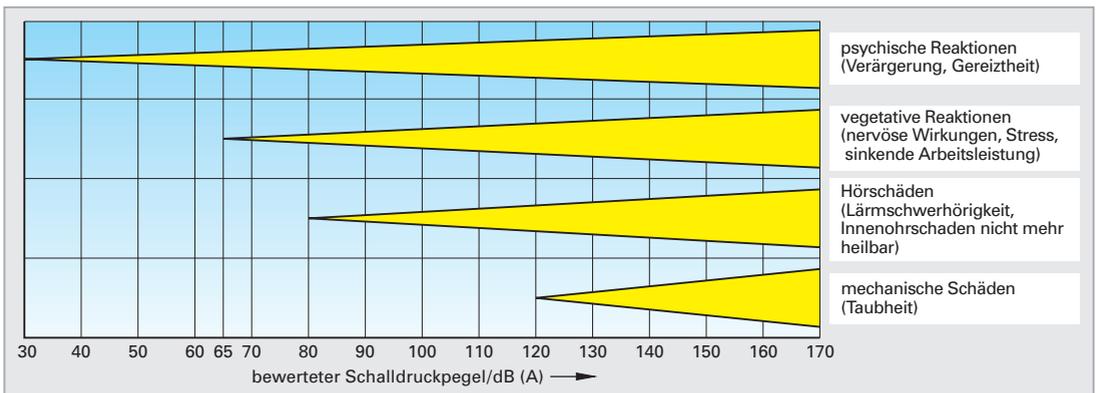


Bild 2: dB(A)-abhängige gesundheitliche Folgen beim Menschen

6.4.10 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

In elektrischen Anlagen können Fehler auftreten, die zu Unfällen führen. Gegen diese Fehler gibt es Schutzmaßnahmen je nach Art der Stromversorgung. Man bezeichnet die verschiedenen Arten als *Verteilungssysteme* und ab Hausanschluss einfach als *Systeme*.

Systemformen

In Deutschland ist für die öffentliche Stromversorgung ab Trafostation meist ein *Vierleiternetz* bis zum Hausanschlusskasten HAK vorhanden, bei dem der PEN-Leiter ab Trafo möglichst oft geerdet ist, z. B. bei jedem angeschlossenen Haus durch einen *Fundamenterder* oder einen *Ringerder*. Bis zu den HAK liegt dann ein Netz in Verbindung mit Erde (T) und mit Neutralleiter (N), kombiniert (C von combined) mit Schutzleiter PE, also ein TN-C-System. Die Großbuchstaben für die Systemformen enthalten codiert ihre Eigenschaft (**Tabelle 1**).

Ab HAK oder auch danach wird der PEN aufgeteilt (S von separated) in einen PE-Leiter und einen N-Leiter. Dadurch liegt ab Auftrennung ein TN-S-System vor (**Bild 1**). Wenn die Auftrennung des PEN nicht für alle Endstromkreise gilt, ist das ein TN-C-S-System (**Bild 2**).

Tabelle 1: Kennzeichnung der Systemform		
Stelle	Buchstabe	Bedeutung
1	T (frz. terre = Erde) I isoliert	Netz nahe am Trafo und sonst geerdet isoliert oder über Kondensator geerdet
2	T (wie oben) N von neutral	Körper geerdet Neutralleiter, Sternpunkt-leiter
3 und 4	C combined S separated	N + PE kombiniert PEN N und PE getrennt

Bei den TN-Systemen muss der PE-Leiter vorhanden und sehr viel besser geerdet sein als jede sonst vorhandene Erdverbindung in der Anlage. Ist das nicht der Fall, so liegt ein TT-System vor (**Bild 3**).

Beim IT-System ist der Endstromkreis durch einen sicheren Transformator vom Verteilungsnetz getrennt und dadurch gegen Erde isoliert (I) oder über die große Impedanz des Überwachungsgerätes geerdet (**Bild 4**). Die leitenden Körper der Betriebsmittel sind geerdet (T). Beim IT-System ist der Fehlerstrom beim ersten Fehler so klein, dass eine Abschaltung nicht erfolgt. Der Fehler wird aber optisch oder akustisch gemeldet. Durch einen zweiten Fehler erfolgt Abschaltung.

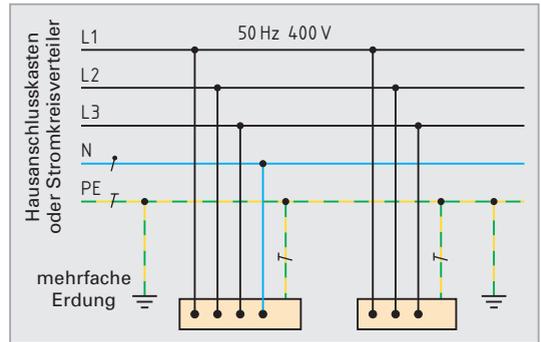


Bild 1: TN-S-System

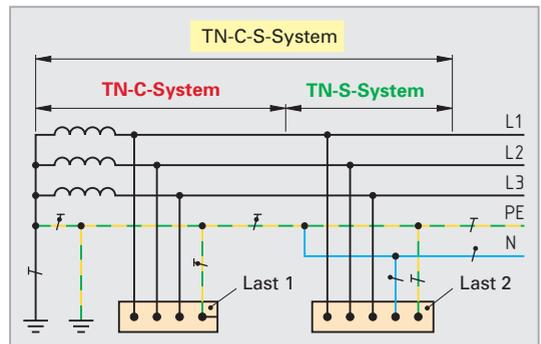


Bild 2: TN-C-S-System

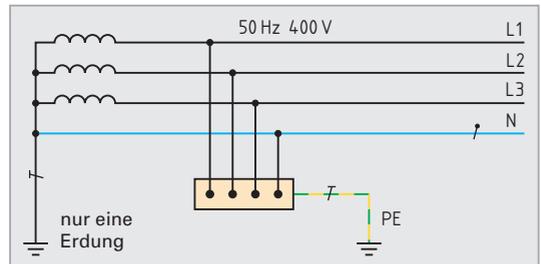


Bild 3: TT-System

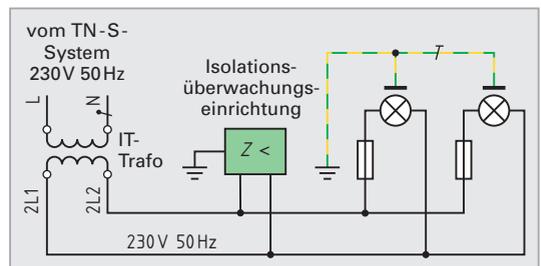


Bild 4: IT-System in der Verbrauchereinrichtung, angeschlossen an TN-S-System

6.9 Gründe der Klimaerwärmung Reasons of Global Warming

Kohlenstoffdioxid CO_2 ist natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Das farblose, unbrennbare und leicht säuerlich riechende Gas wird im Rahmen des Kohlenstoff-Kreislaufs als Endprodukt der biologischen Oxidation (Zellatmung) aller Lebewesen in die Atmosphäre abgegeben und wird bei der Fotosynthese der Pflanzen wieder aus ihr aufgenommen (CO_2 -Kreislauf, **Bild 1**).

Die Bedeutung des CO_2 sowie des Wasserdampfes für die Temperatur der Atmosphäre liegt darin, dass sie die kurzwellige Lichtstrahlung der Sonne zur Erde durchlassen, die langwellige Wärmeabstrahlung der Erde (Infrarotstrahlung) wieder zur Erde zurückreflektieren und somit zu einer globalen Durchschnittstemperatur von rund 15°C beitragen (*natürlicher Treibhauseffekt*, **Bild 2**).

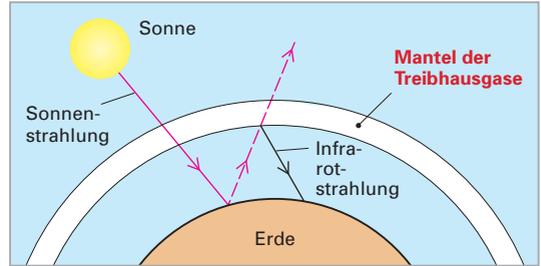


Bild 2: Wirkung der Treibhausgase in der Erdatmosphäre

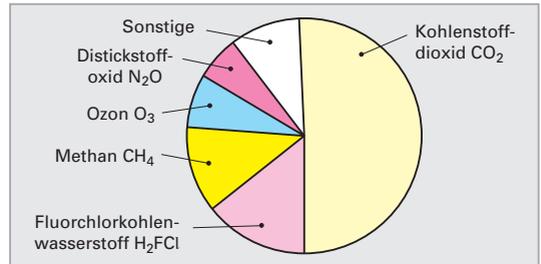


Bild 3: Verantwortliche Treibhausgase für den zusätzlichen Treibhauseffekt

Treibhausgase sorgen für mildes Klima und ermöglichen das Leben in unserer heutigen Form.

Daneben gibt es einen *zusätzlichen Treibhauseffekt*, der insbesondere von Menschen oder Tieren verursacht wird.

Durch den Verbrauch der fossilen Brennstoffe Kohle, Erdgas und Erdöl wird das natürliche Kohlenstoffgleichgewicht der Erde seit der Industriali-

sierung zunehmend gestört. Das zusätzlich freigesetzte CO_2 heizt zusammen mit den *Spurengasen* (**Bild 3**, machen in der Luft der Erdatmosphäre nur einen sehr kleinen Anteil aus), z.B. Methan, Ozon, Distickstoffoxid, die Lufthülle und die Erdoberfläche weiter auf, weil immer mehr langwellige Wärmeabstrahlung auf die Erde zurückreflektiert wird. Dieser

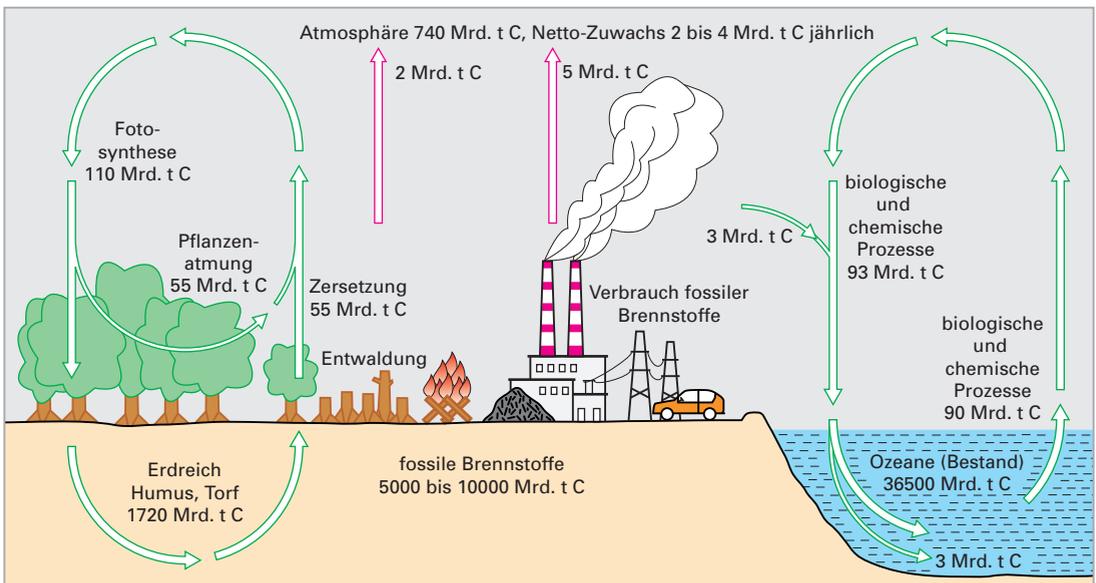


Bild 1: Kreislauf des Kohlenstoffs auf der Erde

Die Stromerzeugung beruht auf der Umwandlung einer vorhandenen Energie in elektrische Energie (**Bild 1**). In den meisten Ländern erfolgt die Stromerzeugung zum größten Teil durch Verbrennung von Kohle, Erdgas (zunehmend) oder Öl (abnehmend) (**Bild 2**). Zunehmend ist in den meisten Ländern die Stromerzeugung durch Kernenergie (Atomkraft, Atomstrom). In Schweden lag 2015 der Anteil der Kernenergie bei 42 %.

Man spricht von regenerativer (erneuerbarer) Stromerzeugung, wenn der Energieträger sich durch Naturkräfte ständig erneuert. Diese Stromerzeugung deckt in Deutschland etwa 23 % des Verbrauchs an elektrischer Energie. Den größten Anteil dabei haben im öffentlichen Versorgungsnetz mit etwa 55 % der regenerativen Stromerzeugung die Windkraftwerke und Wasserkraftwerke. Die Stromerzeugung in kWh der Windkraftwerke überstieg in Deutschland 2012 die Stromerzeugung der Wasserkraftwerke. Diese beiden wichtigsten regenerativen Stromerzeuger deckten in Deutschland 2015 zusammen etwa 16 % des Strombedarfs.

Wiederholung und Vertiefung

1. Welche Eigenschaft hat der Strom in Bezug auf seine Speicherung?
2. Wie lautet der Energieerhaltungssatz?
3. Auf welche grundsätzliche Weise wird der elektrische Strom gewonnen?
4. Was versteht man unter regenerativer Stromerzeugung?

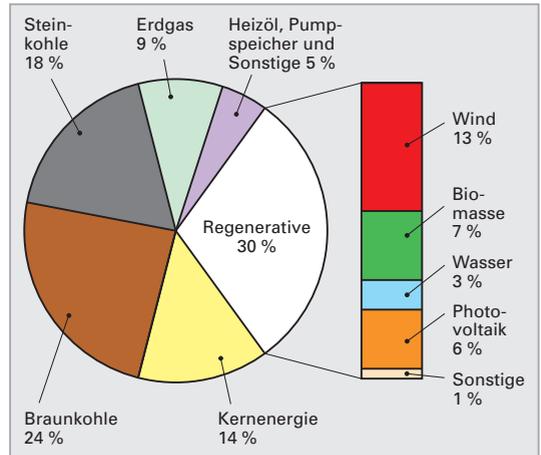


Bild 1: Anteile an der Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland

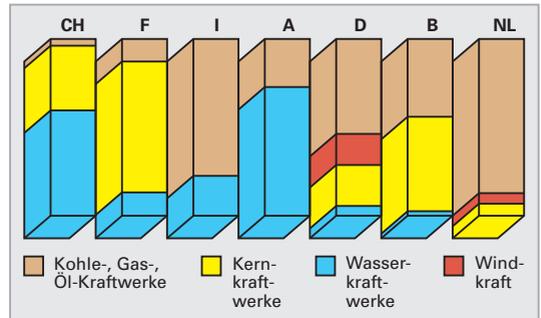


Bild 2: Kraftwerksanteile an der Stromversorgung in Westeuropa

**7.2 Wasserkraftwerke
Water Power Stations**

Die Verwertung der Wasserkraft ist uralte und erfolgte in Mühlen. Wasserkraftwerke verwerten die Strömungsenergie oder die potenzielle Energie des Wassers zur Stromgewinnung. Dabei wird die mechanische Energie des Wassers in einer Turbine in Bewegungsenergie zum Antrieb eines Generators umgesetzt.

7.2.1 Laufkraftwerke

Laufkraftwerke benötigen dauernd fließendes Wasser, z. B. eines Flusses (**Bild 1**). Meist haben Laufkraftwerke eine nach dem Erfinder benannte *Kaplanturbine* mit senkrechter Welle oder mit waagerechter Welle. Kaplan-turbinen mit waagerechter Welle ermöglichen den unauffälligen Einbau der Anlage in das Gewässer. Der Höhenunterschied (die Fallhöhe) kann bis etwa 30 m betragen.

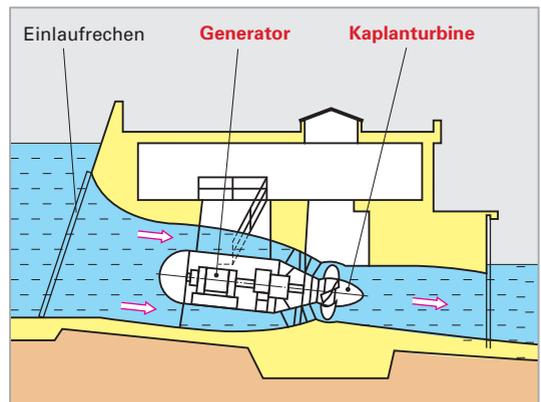


Bild 3: Laufkraftwerk mit Kaplanturbine

7.5 Stromtransport Power Transport

7.5.1 Anlass und Mittel für den Stromtransport

Die elektrische Energie wird fast immer an Orten erzeugt, die mehr oder weniger weit vom Ort des Verbrauchs entfernt sind.

Besonders bei Windkraftkonvertern sind die Anforderungen an den Stromtransport hoch. Windkraftanlagen sind dort wirtschaftlich, wo oft ein Wind weht, also an der Küste oder im Meer. Von dort ist die Stromenergie bis zum weit entfernten Verbrauchsort zu transportieren.

Mittel für den Stromtransport sind in der Energietechnik Leiter aus Kupfer oder aus Aluminium. Dabei gibt es isolierte Leiter, z.B. als Teile von Erdkabeln, nicht isolierte Leiter, z.B. als Freileitungseile.

7.5.2 Wirtschaftlicher Transport

Der Stromtransport darf nicht zu hohen Verlusten an Energie führen. Energieverluste entstehen in der Leitung, weil die Leiter elektrische Widerstände darstellen (**Bild 1**). In ihnen entstehen Verlustleistungen, welche die Erwärmung der Leiter hervorrufen. Man spricht von *Leitungsverlusten*.

Der *Leiterwiderstand* ist umso größer, je länger der Leiter und je kleiner der Leiterquerschnitt sowie die Leitfähigkeit sind (**Formel 1**). Die Leitfähigkeit gibt an, wie viele Meter Leiterdraht von 1 mm² Querschnitt den Widerstand von 1 Ω darstellen, Einheit m/(mm² · Ω) (**Tabelle 1**). Bei DC und bei AC fließt der Strom in einem Leiter zur Last und im anderen Leiter wieder zurück. Deshalb ist der *Leitungswiderstand* das Zweifache vom Leiterwiderstand (**Formel 2**). Bei Gleichstrom DC ist die übertragene Leistung umso größer, je größer Spannung und Stromstärke am Ende der Leitung sind (**Formel 3**). Bei Wechselstrom AC ist die Leistung infolge der Induktivität (Seite 64) kleiner. Das berücksichtigt der Faktor cos φ (**Formel 4**). Die Abnahme der Spannung wird als *Spannungsfall* bezeichnet. Dieser nimmt mit der Stromstärke und dem Leitungswiderstand zu (**Formeln 5 und 6**).

Der Spannungsfall soll bei langen Leitungen nicht größer sein als 10 %, weil sonst die Transportkosten zu groß werden.

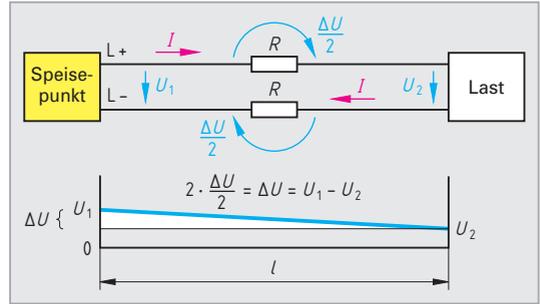


Bild 1: Stromtransport bei Gleichstrom

Leiterwiderstand

$$R = \frac{l}{A \cdot \gamma} \quad 1$$

Leitungswiderstand

$$R_{Ltg} = \frac{2 \cdot l}{A \cdot \gamma} \quad 2$$

übertragene Leistung

bei DC

$$P = U \cdot I \quad 3$$

bei AC

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 4$$

Spannungsfall

bei DC

$$U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{A \cdot \gamma} \quad 5$$

bei AC

$$U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{A \cdot \gamma} \quad 6$$

A	Leiterquerschnitt	R	Leiterwiderstand
I	Stromstärke	R _{Ltg}	Leitungswiderstand
l	Leitungslänge	ΔU	Spannungsfall
P	übertragene Leistung	cos φ	Leistungsfaktor
		γ	Leitfähigkeit (Gamma)

Tabelle 1: Leitfähigkeit γ in m/(mm² · Ω)

Leitertemperatur in °C	Cu	Al
20	56	35
50	50	31
70	46	29

Für Mitteleuropa kann als Leiter-Betriebstemperatur 50 °C angenommen werden.

Beispiel:

Eine zwiadrige Kupferleitung mit A = 120 mm² kann mit 328 A Gleichstrom belastet werden (Tabellenbuch Elektrotechnik, Gruppe E), die Betriebsspannung ist U₁ = 1000 V. Der Spannungsverlust soll höchstens 10 % von 1000 V = 100 V betragen. Wie lang darf die Leitung höchstens sein?

Lösung nach **Formel 5**:

$$I = \frac{\Delta U \cdot A \cdot \gamma}{2 \cdot l} = \frac{100 \text{ V} \cdot 120 \text{ mm}^2 \cdot 50 \text{ m}/(\text{mm}^2 \cdot \Omega)}{2 \cdot 328 \text{ A}} = 914,6 \text{ m}$$

7.6.3 Photovoltaik

Das größte Potenzial der regenerativen Stromerzeugung hat in Europa die Solarenergie, und zwar in Form der Photovoltaik (Kurzform PV, auch Fotovoltaik geschrieben, Kunstwort von griech. Photo = Licht und engl. voltage = Spannung). PV-Anlagen sind in Deutschland an vielen Orten zu sehen (**Bild 1**).

PV-Zelle: Spannungserzeuger nach dem Prinzip der Photovoltaik (Spannungserzeugung durch Licht im Fotoelement) beruhen auf der Ladungstrennung durch die Energie der elektromagnetischen Strahlung, z. B. Licht. Diese Ladungstrennung kann erfolgen, wenn eine Halbleiterschicht vom Typ P (P-Leiter) mit einer solchen vom Typ N (N-Leiter) zusammenstößt (**Bild 2**). Bei diesem PN-Übergang entsteht eine elektrisch isolierende Sperrschicht. Gelangt nun eine genügend energiereiche elektromagnetische Strahlung, z. B. Licht, in die Sperrschicht, so entsteht ein Ladungsträgerpaar, nämlich ein Elektron (-) und ein Loch (+) (**Bild 3**).

In der PV-Zelle wird Gleichspannung erzeugt.

Die in einer PV-Zelle erzeugte Spannung beträgt nur etwa 0,6 V. An der Berührungsstelle von P-Leiter und N-Leiter findet dauernd ein Ladungsausgleich statt, sodass der Wirkungsgrad niedrig ist. Der Ladungsausgleich ist besonders groß bei durch Sonneneinstrahlung gegebenen Temperaturen von bis 100 °C.

Der Zellenwirkungsgrad (Wirkungsgrad der Zelle) ist je nach Herstellung verschieden. Zunächst unterscheidet man kristalline Zellen und Dünnschichtzellen. Kristalline Zellen bestehen immer aus Halbleiter-Silicium. Dabei gibt es monokristalline (einkristallige) und polykristalline (vielkristallige) Zellen. Diese beiden Typen haben die größten Wirkungsgrade (**Tabelle 1, folgende Seite**), erfordern aber bei der Herstellung des Siliciums am meisten Energie und die größten Kosten. Dünnschichtzellen gibt es aus amorphem (nichtkristallinem) Silicium (a-Si), aus Kupfer-Indium-Selenid (CIS) oder aus Cadmium-Tellurid (CdTe). Deren Herstellung ist erheblich einfacher, sodass der Preis niedriger ist. Der Zellenwirkungsgrad ist auch niedriger.

Den höchsten Wirkungsgrad haben monokristalline Si-Zellen, gefolgt von polykristallinen Si-Zellen.



Bild 1: PV-Anlage

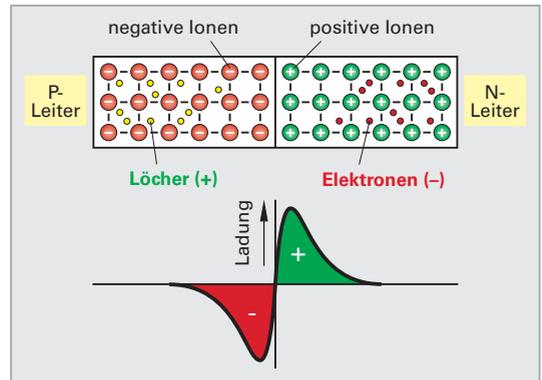


Bild 2: PN-Übergang

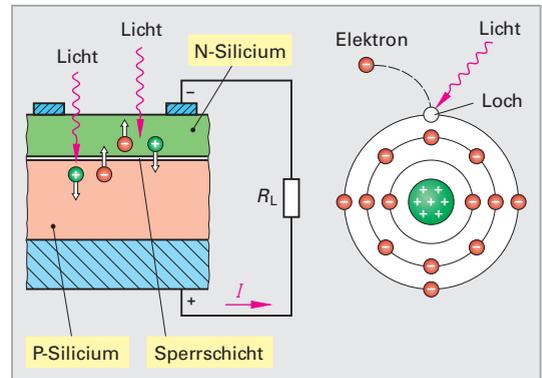


Bild 3: Fotovoltaische Stromerzeugung

Die PV-Zellen müssen gegen die metallische Tragkonstruktion sorgfältig abgedichtet sein. Bei Wasserzutritt führt die Gleichspannung zu einer starken Korrosion der PV-Zellen und der Leitungen.

PV-Modul: Zur Erzeugung einer Spannung über 0,6 V werden viele Solarzellen in Reihe geschaltet (**Bild 1, folgende Seite**). Dadurch addieren sich die Spannungen der einzelnen Solarzellen.

7.12.6 Kontrolliertes Lüften

In wärmegeprägten Gebäuden mit entsprechend abgedichteten Fenstern ist auf ausreichendes Lüften zu achten, um Schimmelbildungen zu vermeiden. Ferner ist zu beachten, dass die Gebäudewärme nicht unnötigerweise infolge Lüftens verschwendet wird bzw. dass nicht zu viel Frischluft wieder erwärmt werden muss.

Mittels Wärmetauschern (Wärmeaustauschern) kann der nach außen abzugebenden Luft (Fortluft) die Wärme bis zu 90% entzogen und der von außen eingeleiteten Luft zugeführt werden (Wärmerückgewinnung, **Bild 1**). Die Kammer des Wärmetauschers besteht z. B. aus eng nebeneinander gesetzten Platten (**Bild 2**). Dieses kontrollierte Lüften erfolgt über eine entsprechende Regelung. Neben z. B. Kohlenstoffdioxid wird auch Luftfeuchtigkeit abtransportiert. Beim Luftaustausch wird meist mittels Filter die Luft bzgl. vorhandener Schmutzpartikel noch gereinigt.

Das Auslegen der computergesteuerten Luftaustauschanlagen erfolgt nach Anzahl der Personen in einem Raum und der Art des Raumes, z. B. Bad, Küche, Aufenthaltsraum. Je Person und Stunde rechnet man mit einem Luftmengenverbrauch von ca. 30 m³. Etwa die knappe Hälfte der Luftmenge eines Raumes sollte je Stunde ausgetauscht werden. Auf Austrocknung der Luft ist insbesondere im Winter zu achten.

Bei der Aktivlüftung erfolgt das Erwärmen der zugeführten Luft über eine Wärmepumpe oder einen Wärmetauscher. Die Lüftungsleitungen, getrennt nach Abluft und Frischluft, werden meist unter dem Estrich und in Installationsschächten verlegt. Die Ein- und Ausströmöffnungen dürfen nicht zu dicht nebeneinander liegen (**Bild 3**). Bei der Passivlüftung wird die zugeführte Frischluft über in 1,5 m bis 2 m Tiefe im Erdboden verlegte Rohre gewärmt bzw. gekühlt (Erdwärmeübertragung). Ein Erdwärmetauscher verbessert den Wirkungsgrad.

Dezentrale Lüftungsanlagen erlauben das direkte Absaugen schlechter Luft (Gerüche, Luftfeuchtigkeit, Luftverunreinigungen) nach außen, ohne diese durchs ganze Gebäude zu schleusen, z. B. über Fenster-Abluftventilatoren mit Wärmetauschern. Bei einer zentralen Anlage existiert ein zentraler Ventilator zum Luftansaugen (**Bild 4**). Ein automatisiert geregelter Luftaustausch basiert z. B. auf Messwerten der Luftfeuchtigkeit oder des CO₂-Gehaltes.

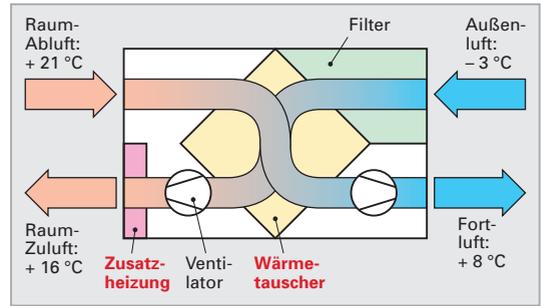


Bild 1: Wärmerückgewinnung mit Wärmetauscher

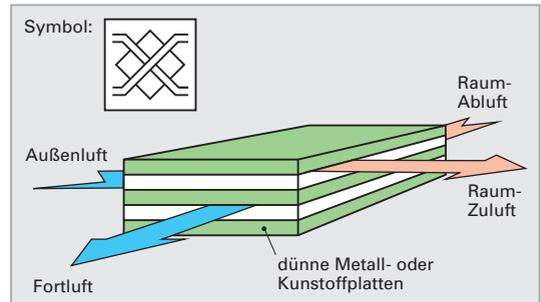


Bild 2: Wirkungsweise eines Platten-Wärmetauschers

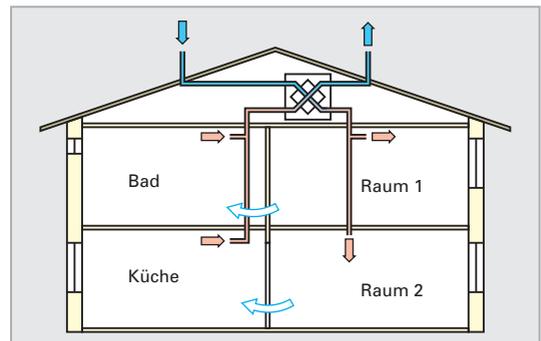


Bild 3: Aktivlüftung mit Wärmetauscher

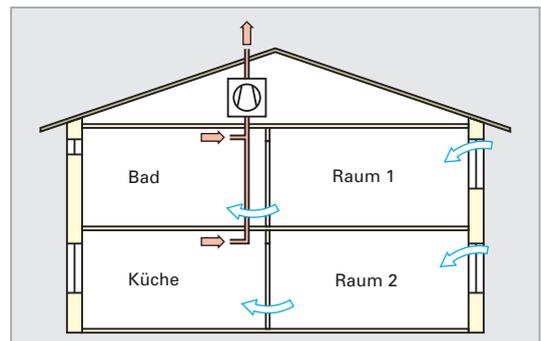


Bild 4: Zentrale Lüftungsanlage

7.12.9 Energieeffiziente Elektromotoren

Der größte Energieanteil des weltweit erzeugten Stromes wird zum Betrieb von Elektromotoren verwendet. Dabei handelt es sich nicht nur um große Motoren der industriellen Anlagen, sondern auch um Kleinmotoren im Haushalt für Kühlgeräte und Haushaltsmaschinen.

Jeder Elektromotor besteht aus einem *Ständer* (Stator) und einem *Läufer* (Rotor, **Bild 1**). In beiden Teilen fließt meist ein elektrischer Strom in elektrischen Leitern, die wegen ihres Widerstandes erwärmt werden. Diese *Stromerwärmung* im Läufer und im Stator stellt einen Energieverlust dar und schadet damit der Energieeffizienz. Dieselbe Folgen haben Reibungsverluste, Lüftungsverluste und Verluste durch Ummagnetisierung von Ständer und Läufer.

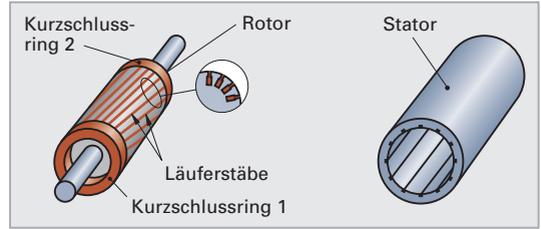


Bild 1: Stromleiter beim Käfigläufermotor

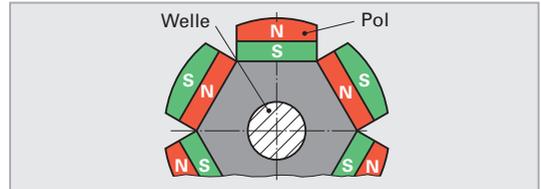


Bild 2: Prinzip des Läufers eines Synchronmotors mit Permanenterregung

Stromwärme, Lüftung, Reibung und Ummagnetisierung von Elektromotoren verringern die Effizienz des Motors.

Die Verbesserung der Effizienz von Motoren wurde vor allem durch Maßnahmen zur Verringerung der Stromwärme erzielt. So wurden im Laufe der Jahre bei den meist verwendeten Käfigläufermotoren nach **Bild 1** die Läuferkäfige aus Aluminium durch Kupferkäfige ersetzt und beim Ständer wurde die Kühlung verbessert bis hin zur Wasserkühlung bei Motoren ab etwa 4 kW.

Man kann nun Motoren bauen, bei denen Stromwärme und Ummagnetisierung nur im Ständer auftreten. Bei diesen *Synchronmotoren* (Abschnitt 8.9.4) enthält der Läufer Permanentmagnete (Dauer-magnete) anstelle einer stromdurchflossenen Wicklung. Dadurch kann im Läufer von Synchronmotoren fast keine Stromerwärmung stattfinden (**Bild 2**).

Synchronmotoren können die höchste Energieeffizienz erreichen.

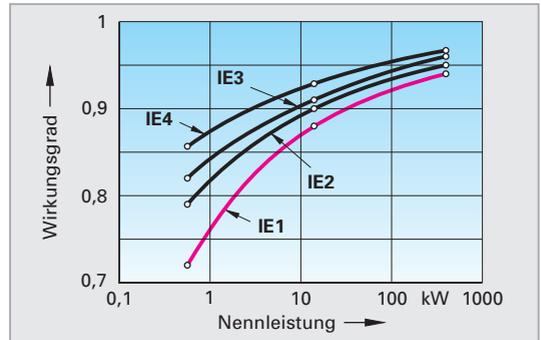


Bild 3: Mindestwirkungsgrade von vierpoligen Drehstrommotoren nach IEC 60034

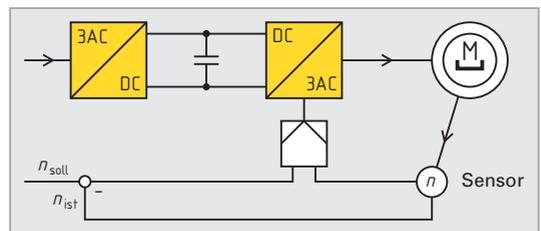


Bild 4: System regelbarer Synchronmotoren mit Permanenterregung

Die Mindestwirkungsgrade von elektrischen Antrieben sind nach EN DIN 60034-30 genormt, und zwar in den 4 Klassen IE1 bis IE4 (IE von International Efficiency, **Bild 3**). In dieser Norm ist nichts über die Bauform gesagt. Jedoch kommen die Klassen IE1 bis IE3 bei allen Elektromotoren vor, IE4 aber nur bei den Synchronmotoren. Motoren der Klasse IE1 sollen in industriellen Neuanlagen nicht mehr eingebaut werden, kommen aber in alten Anlagen ebenso vor wie Motoren mit kleineren Wirkungsgraden.

Die hohe Energieeffizienz von Synchronmotoren mit Permanenterregung hat ihren Preis. Zum einen

sind gute Permanentmagnete wegen ihres Gehaltes an „seltene Erden“ teuer. Außerdem ist zum Hochfahren des Läufers auf die synchrone Drehzahl eine aufwendige und anfällige Elektronik erforderlich (**Bild 4**). Dabei muss beim Hochfahren oder bei Frequenzänderung zur Drehzahlsteuerung die Drehzahl n_{ist} erfasst werden, z. B. mittels Sensor, um nach ihr die Frequenz einzustellen, z. B. auf einen erhöhten Wert.

8.3.6 Abfallverwertung von festen Stoffen

Behandlung sortenreinen Abfalls

Sortenreiner Abfall, z. B. Pressteile aus Polyethylen oder nach Fraktionen getrennter Bauschutt, muss meist vor der Weiterverarbeitung zerkleinert werden. Die Zerkleinerungsmaschinen arbeiten nach verschiedenen Prinzipien.

Sehr große spröde Teile, z. B. Steine, werden in einem *Backenbrecher* zerkleinert (**Bild 1**). Der Abstand der Spaltbreite der beweglichen Backe von der festen Backe ist verstellbar, sodass die Korngröße je nach Bedarf verändert werden kann.

Dieselbe Aufgabe kann ein *Walzenbrecher* erfüllen (**Bild 2**). Bei ihm erfassen zwei sich gegenläufig drehende Walzen das spröde Zerkleinerungsgut und zerkleinern es durch Druckkraft, Reibung und Schlag.

Teile mit großem Rauminhalt, z. B. Autokarosserien, können einem *Schneidwalzenzerkleinerer* zugeführt werden. Dieser *Schredder* (auch Shredder von engl. to shred = zerfetzen) enthält Schneidwalzen. Zwei mit Reißmessern besetzte Wellen drehen sich langsam gegeneinander. Dabei erfassen sie das Material und brechen, zerschneiden und zerreißen es. Schredder werden meist zur Vorverkleinerung eingesetzt.

Schredder zerkleinern große Teile aus beliebigem Material in Stücke.

Auf kleinere Teilgröße als ein Schredder zerkleinert bei spröden Materialien ein *Prallbrecher* (**Bild 3**). Bei ihm dreht sich der Rotor mit Prall-Leisten mit hoher Drehzahl in einem Gehäuse mit Prallplatten. Das Zerkleinerungsgut wird von den Prall-Leisten gegen die Prallplatten geschleudert und zerbricht dabei.

Bei schlagzähen und spröden Stoffen, z. B. bei PVC, erfolgt die Zerkleinerung durch *Prallscheibenmühlen*. Bei diesen Mühlen dreht sich eine geriffelte Mahlscheibe mit hoher Drehzahl gegen eine feststehende Mahlscheibe. Die Endkorngröße kann durch den einstellbaren Abstand der beiden Mahlscheiben gesteuert werden.

Harte Stoffe in trockenem oder nassem Zustand können in Trommelmühlen, die „Kugeln“ enthalten, zerkleinert werden (**Bild 1, folgende Seite**). Diese bestehen aus einer verschleißfest ausgekleideten, rotierenden Trommel, die zu etwa einem

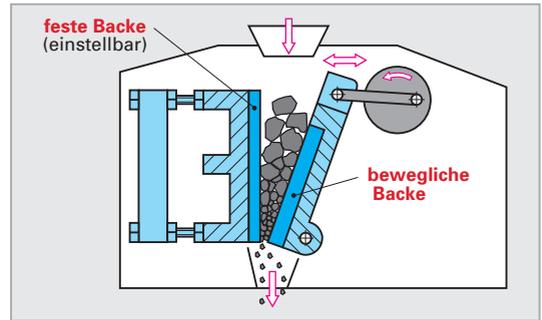


Bild 1: Backenbrecher

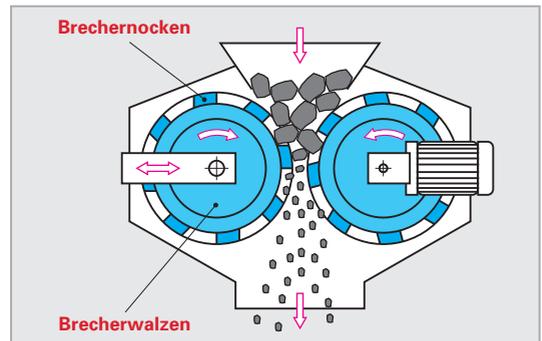


Bild 2: Walzenbrecher

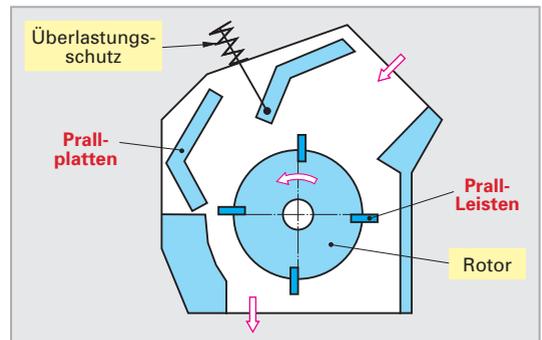


Bild 3: Prallbrecher

Drittel mit harten Mahlkörpern, z. B. Kugeln aus Porzellan oder Stahl, gefüllt ist. Das Mahlgut wird durch diese Mahlkörper zerkleinert. Derartige Mühlen nennt man auch Kugelmühlen.

Die Zerkleinerung schlagzäher Materialien kann in *Zahnscheibenmühlen* erfolgen (**Bild 2, folgende Seite**). Bei diesen dreht sich eine Rotor-Zahnscheibe bei feststehender Stator-Zahnscheibe. Der Abstand der beiden Zahnscheiben ist verstellbar. Die Zerkleinerung erfolgt durch Druck, Reibung und Schlag.

Verwendung von Biogas

Die Verwertung der Energie des Biogases erfolgt meist durch Umsetzung in elektrische Energie. Dabei werden elektrische Generatoren durch Gasmotoren oder Gasturbinen angetrieben.

Ein **Gasmotor** kann im Prinzip wie ein Benzinmotor (Ottomotor) aufgebaut sein. Da das Biogas ein *Schwachgas* ist, also mit kleinerem spezifischen Energiegehalt als z. B. Erdgas, wird davon nur selten Gebrauch gemacht. Dagegen wendet man das *Dieselpinzip* an, weil das zu einem höheren Wirkungsgrad führt.

Beim *Dieselmotor* liegt ein Viertaktmotor vor mit folgenden Takten:

1. Takt: Luft wird angesaugt.
2. Takt: Luft wird komprimiert und sehr heiß.
3. Takt (Arbeitstakt): Öl wird eingespritzt und entzündet sich. Über Kolben, Pleuel und Kurbelwelle erfolgt mechanische Arbeit.
4. Takt: Kolben drückt Abgas über Auslassventil ins Freie.

Der Dieselmotor zum Betrieb mit Dieselöl ist als Gasmotor ungeeignet, weil bei Zugabe des Brenngases anders als bei Dieselöl keine Zündung erfolgen würde. Für den Gasbetrieb muss deshalb der Dieselmotor modifiziert (geändert) werden.

Beim **Zündstrahlmotor** wird das Biogas mit Verbrennungsluft gemischt und im 1. Takt angesaugt (**Bild 1**). Im 2. Takt wird komprimiert und anschließend wird über eine Einspritzdüse eine *kleine Menge* Öl, z. B. Biodiesel, als *Zündstrahl* eingespritzt. Dieser entzündet sich wegen der Komprimierung und zündet nun seinerseits das Biogas-Luftgemisch. Danach folgen wie beim Dieselmotor der 3. Takt und der 4. Takt.

Der Zündstrahlmotor arbeitet anfangs wie ein Benzinmotor, aber danach durch Zündung mittels eingespritzten Zündöls wie ein Dieselmotor.

Zündstrahlmotoren werden mit Bemessungsleistungen von 40 kW bis 1 000 kW = 1 MW betrieben.

Gasturbinen werden mit Bemessungsleistungen ab etwa 300 kW betrieben (**Bild 2**). Bei ihnen erfolgen Kompression und Verbrennung sowie Ausdehnung unter Leistungsabgabe nicht taktweise, sondern kontinuierlich (ständig).

Gasturbinen bestehen aus einem Verdichter, einer Brennkammer und der eigentlichen Turbine (**Bild 3**).

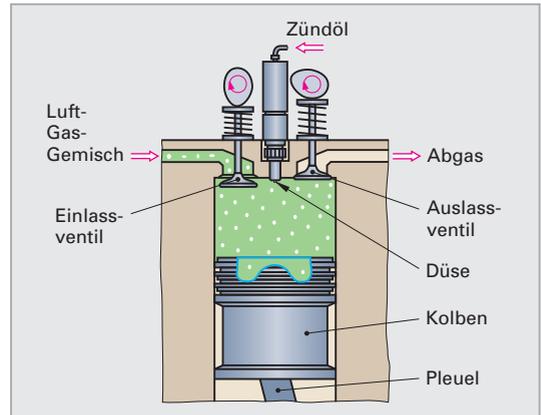


Bild 1: Zündstrahlmotor bei Ende von Takt 1
www.schnellmotor.de

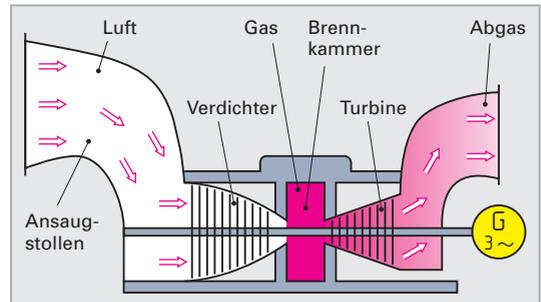


Bild 2: Prinzip der Kraftwerks-Gasturbine



Bild 3: Läufer einer Gasturbine www.siemens.com

Im Verdichter wird die Verbrennungsluft komprimiert, in der Brennkammer wird das Brenngas, z. B. Biogas, zugegeben, das ständig verbrennt. Unter Zunahme des Volumens treibt dann das Verbrennungsprodukt die Turbine an, welche ihrerseits den elektrischen Generator antreibt.

8.3.8 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 Einsatzgutes 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 Einsatzgutes im Brennraum. Verbrennen die C-Bestandteile zu CO und danach CO zu CO₂, 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 CO₂ 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 Einsatzgutes 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.

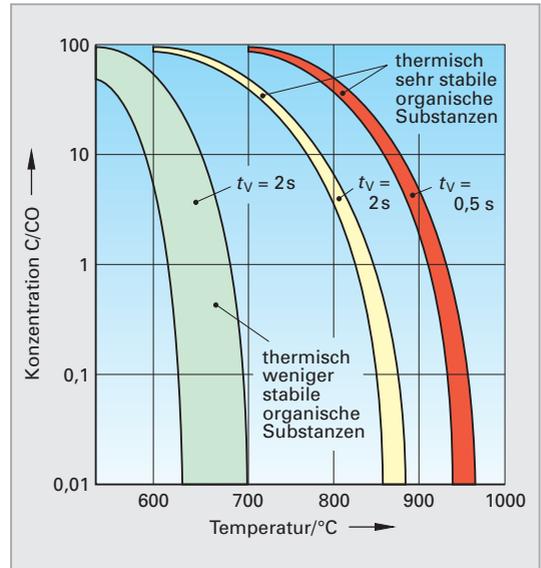


Bild 1: Abhängigkeit der Verbrennung von Verbrennungstemperatur und Verweildauer t_v

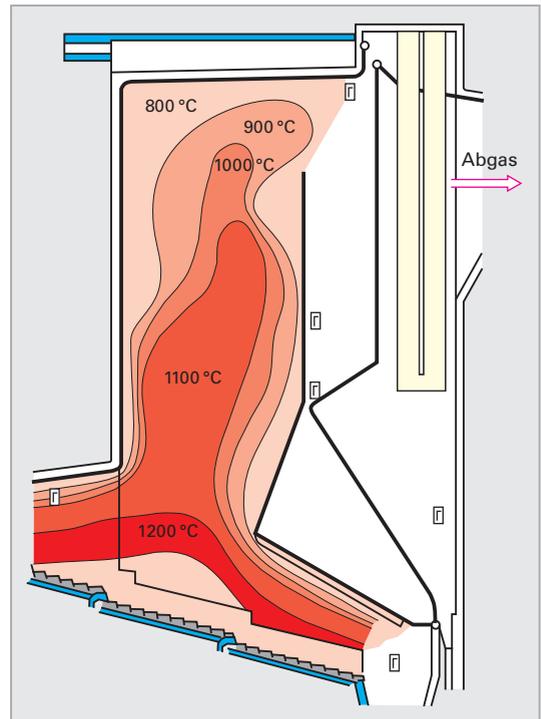


Bild 2: Temperaturen im Verbrennungsraum einer Verbrennungsanlage

9.3 Kanalsysteme Sewer Systems

9.3.1 Aufbau

Außerhalb von Gebäuden werden Regenwasser (RW), Schmutzwasser (SW) oder Mischwasser (MW) über erdverlegte *Grundleitungen* zum Anschlusskanal geleitet. Der *Anschlusskanal* führt das Regenwasser, Schmutzwasser oder Mischwasser z. B. von einem Schacht nahe der Grundstücksgrenze zum öffentlichen Abwasserkanal (Ortskanal, **Bild 1**).

Anlagen zur geordneten Ableitung von Abwässern (Kanalisation) bestehen aus unterirdischen Kanalnetzen mit zugehörigen Sammel- und Reinigungsanlagen. In der Hauskanalisation werden Rohrdurchmesser DN 100 (10 cm) bis DN 200 (20 cm) verwendet. Das öffentliche Kanalnetz (Ortskanalisation) besitzt Rohre ab Durchmesser DN 250 (25 cm) bis z. B. DN 800 (80 cm, **Bild 2**). Die Ortskanalisation umfasst die Straßenkanäle, die zu Sammlern führen.

Abwasseranlagen bestehen aus verschiedenen Leitungsabschnitten und Kanalabschnitten.

Abwasserkanäle werden meist mit einem Gefälle von 0,1 % bis 2 % verlegt. Man spricht von *Freispiegelleitungen*, d. h. der Wasserstand liegt im Normalfall unter dem Rohrscheitel.

Kanäle sind so zu bemessen, dass sie nur in Ausnahmefällen komplett mit Wasser gefüllt sind.

Ist das Rohrgefälle zu gering oder sind sogar Steigungen (Höhenunterschiede) zu überwinden, dann sind Pumpenanlagen vorzusehen. In Verbindung mit Pumpenanlagen können auch kleinere Rohrquerschnitte verwendet werden. Die Pumpenanlagen müssen regelmäßig kontrolliert und gewartet werden.

Zwischen längeren Rohrabschnitten liegen Kontrollschächte. Hauptabwassersammler können bei Bedarf auch begehrbar ausgeführt sein, z. B. in Ballungsräumen. Kanäle oder Kanalrohre sind je nach Erdreich und Belastung in Faserbeton, Guss, Stahl, Steinzeug, Kunststoff oder Beton ausgeführt.

Für entlegene Ansiedlungen werden auch Druck- oder Vakuumentwässerungen oder dezentrale Kleinkläranlagen gebaut.

www.baulinks.de/sanitär

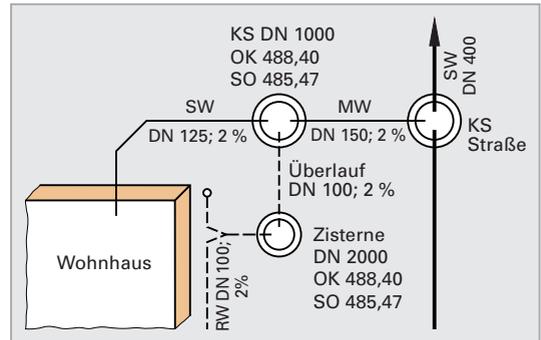


Bild 1: Hausanschluss an Ortskanal (KS Kontrollschacht, OK Oberkante, SO Sole [Boden])



Bild 2: Rohre für Abwasserableitungen

www.deutscher-baukatalog.de

Wiederholung und Vertiefung

1. Welchen Vorteil besitzt die grafische Abbildung einer Rohrleitungsanlage mit genormten grafischen Symbolen?
2. Nennen Sie Einsatzbeispiele von Rohrleitungen.
3. Welche Komponenten kommen in einem Rohrleitungssystem vor?
4. Welchen Vorteil bringt das Normen der Komponenten für Rohrleitungen mit sich?
5. Erklären Sie den Begriff Rohrklasse.
6. Was versteht man unter einem Ausgleichselement?
7. Nennen Sie Beispiele von Armaturen. Welche Aufgabe besitzen Sicherheitsventile?
8. Was versteht man unter einem Entlüfter?
9. Wodurch unterscheidet sich die vorbeugende Instandhaltung von der zustandsorientierten Instandhaltung?
10. Erklären Sie den Unterschied zwischen Instandhaltung und Instandsetzung.
11. Wodurch unterscheiden sich die Rohre der Hauskanalisation von denen der öffentlichen Kanalisation?

10.7.2 Industrie-PC

Industrie-PC (IPC) werden z.B. zur Prozessvisualisierung oder Automatisierung von Anlagen in der Produktion oder in Gebäuden verwendet. IPC erfassen Daten und geben Daten aus, die im Zusammenhang mit steuerung- und regelungstechnischen Aufgaben stehen. Umwelteinflüsse, z. B. Staub, Feuchtigkeit, Temperaturen, Strahlwasser, Erschütterungen oder elektromagnetische Störungen müssen beherrscht werden. Erforderliche Schutzarten, z. B. IP 64 (International Protection), müssen gewährleistet sein. Zu verarbeiten sind Prozessdaten ohne nennenswerte Zeitverzögerung (Echtzeit).

Je nach Einsatzgebiet sind unterschiedlich ausgestattete IPC erforderlich. Oft reichen auch im industriellen Umfeld Büro-PC aus. Bei IPC erfolgt aktive Kühlung z. B. durch Lüfter. Die zugeführte Luft wird gefiltert. An den Gehäusen sind robuste, dichte und geschirmte Steckerverbindungen nach außen angebracht. Die Gehäuse sind, wenn notwendig, gekapselt (separates Gehäuse).

IPC gibt es in unterschiedlichen Gerätearten:

- Touch-PC (Panel-PC) besitzen keine Tastatur. Der PC ist prinzipiell am Bildschirm eingebaut (Display-PC, **Bild 1**).
- Hutschienen-PC (**Bild 2**) sind aufgeschnappt auf die Hutschienen im Schaltschrank (Schaltschrank-PC).
- Schaltschrank-PC in einem 19"-Rahmen (Rack, **Bild 3**) entsprechen einem PC in Tower-Ausführung.
- Single-Board-Computer besitzen eine nicht genormte Platine mit Flash-Speicher. Sie sind nicht erweiterbar. Sie sind z. B. in Steuermodulen enthalten und oft für die jeweilige Aufgabenstellung angepasst.

Die Prozessorkühlung bei IPC erfolgt bei Bedarf nicht (nur) durch Luftzufuhr, sondern durch Heatpipes (Ableitung der Wärme über ein Wärmerohr, **Bild 4**). Die Außenwände sind z. B. aus Aluminium oder als Kühlkörper ausgeprägt (passive/indirekte Kühlung). Derartige PC werden als lüfterlose PC bezeichnet.

Industrie-PC sind häufig in Schaltschränken untergebracht, z. T. auch in klimatisierten.

Bei IPC sind oft keine Festplatten, sondern Solid-State-Disks (SSD, Flash-Speicher) vorhanden.



Bild 1: Rückansicht eines Touch-PC
(www.siemens.com)



Bild 2: Hutschienen-PC (www.beckhoff.com)



Bild 3: IPC für 19"-Rahmen (www.siemens.com)

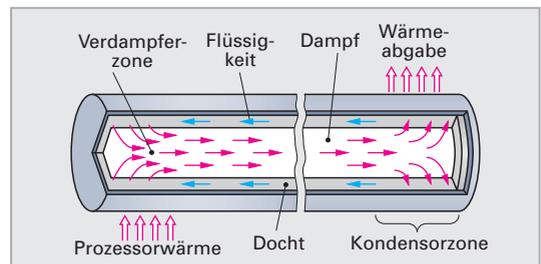


Bild 4: Heatpipe für Ableitung der Prozessorkühlung