

Gabi Förtsch · Heinz Meinholz

Handbuch Betrieblicher Immissions- schutz

2. Auflage

 Springer Vieweg

Handbuch Betrieblicher Immissionsschutz

Gabi Förtsch • Heinz Meinholz

Handbuch Betrieblicher Immissionsschutz

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

 Springer Vieweg

Gabi Förtsch
Förtsch & Meinholz Personal- und
Managementberatung
Villingen-Schwenningen, Deutschland

Heinz Meinholz
Hochschule Furtwangen
Villingen-Schwenningen, Deutschland

ISBN 978-3-658-29146-4 ISBN 978-3-658-29147-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-29147-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2013, 2020, korrigierte Publikation 2021
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich

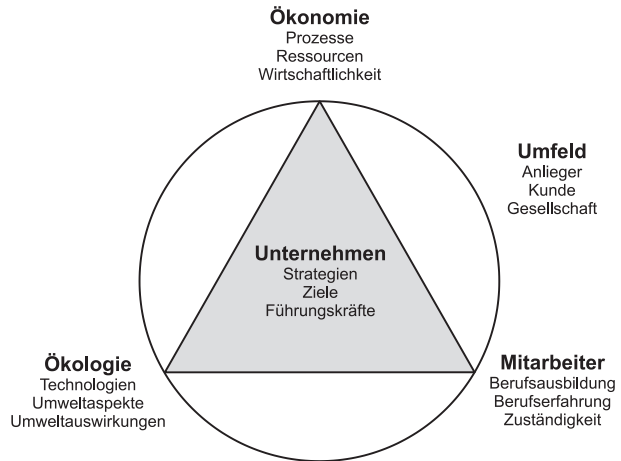
Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

In Zukunft wird das gesellschaftliche Umfeld immer verstärkter Anforderungen an eine nachhaltige Unternehmensführung stellen. Von daher ist das Unternehmen gefordert, gleichzeitig ökonomische, ökologische und soziale Aspekte zum Schutz von Mensch und Umwelt zu erfüllen. Verstärkt werden die Anforderungen durch spezifische Kundenwünsche. Nur wenn sich die Unternehmen den entsprechenden Entwicklungen stellen, können sie die sich daraus ergebenden Möglichkeiten als Chancen nutzen und sich zukunftsorientiert aufstellen. Die Anforderungen des Umfelds müssen vom Unternehmen aufgenommen und in langfristige Strategien umgesetzt werden. Die gesamte Organisation sollte die sich daraus ergebenden Ziele nach intern und extern kommunizieren. Eine nachhaltige Zielerreichung ist nur mit gut ausgebildeten, qualifizierten und motivierten Beschäftigten möglich. Führungskräfte und deren Mitarbeiter müssen sich ihrer spezifischen Verantwortung bewusst sein und dieser nachkommen. Dazu sollten sie in ihrem Verantwortungs- und Aufgabenbereich die Nachhaltigkeitsaspekte erkennen und verstehen. Durch das Engagement der Mitarbeiter lassen sich Prozesse optimieren, Ressourcen einsparen und die Unternehmensleistung erhöhen. Aufgrund ihrer Vorbildfunktion und Kompetenzen tragen Führungskräfte eine besondere Verantwortung zur Erreichung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Ziele in ihrem Organisationsbereich.

Aspekte einer umweltorientierten, nachhaltigen Unternehmensführung



Die Handbuchreihe zum betrieblichen Umweltschutz besteht aus insgesamt 5 Bänden. Das Basiswerk ist das Handbuch zum betrieblichen Umweltmanagement, das durch Themenbände zum Gefahrstoffmanagement, Immissionsschutz und Energiesektor, Gewässerschutz und zur Kreislaufwirtschaft ergänzt wird. Ganzheitlich betrachten sie den betrieblichen Umweltschutz unter organisatorischen, rechtlichen, technologischen und naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten.

Im Kap. 1 wird kurz die Zusammensetzung der Erdatmosphäre erläutert. Troposphäre/Stratosphäre und Tropopause/Stratopause spielen für die atmosphärische Chemie eine wichtige Rolle.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz mit seinen Verordnungen legt die rechtlichen Grundlagen im Immissionsschutz. Es werden die Anforderungen an genehmigungsbedürftige und nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen und das entsprechende Genehmigungsverfahren behandelt. Einige Verordnungen, wie z. B. zu Feuerungsanlagen (1. BImSchV), leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen (2. BImSchV), Störfall-Verordnung (12. BImSchV), Abfallverbrennung (17. BImSchV) und VOC-Verordnung (31. BImSchV) vertiefen die Anforderungen. Die Aufgaben, Anforderungen, Rechte und Pflichten des Immissionsschutzbeauftragten (5. BImSchV) runden das Kap. 2 ab.

Das Kap. 3 behandelt die Herkunft und Senken von Luftverunreinigungen. Dazu werden Kohlendioxid (CO₂) und Kohlenmonoxid (CO), flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOCs) und Methan, Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), Ozon (O₃), halogenierte Kohlenwasserstoffe, Staub und Aerosole, Dioxine und Furane sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) betrachtet.

Zu den wesentlichsten Auswirkungen von Luftverunreinigungen zählen der saure Regen, die Ozonerstörung und der Klimawandel. Die europäische Ozon-Verordnung schränkt die Produktion und Verwendung zahlreicher ozonabbauender Stoffe drastisch ein. Nur so ist eine Wiederherstellung der Ozonschicht gewährleistet. Die Erwärmung der

Erdatmosphäre und damit verbunden der Klimawandel werden in diesem Kap. 4 behandelt. Die enthaltenen Informationen bilden die Basis für eine tiefere Betrachtung des Energiesektors in späteren Kapiteln.

Um zielgerichtet Verbesserungen im Immissionsschutz zu erzielen, ist ein analytischer Nachweis von Luftverunreinigungen und deren zeitlicher Entwicklung notwendig. Beginnend mit der Probenahme werden einige analytische Verfahren wie UV/Vis-Spektroskopie, Infrarotspektroskopie (IR), Gaschromatografie (GC), Prüfröhrchen, Olfaktometrie und die Messung von Stäuben im Kap. 5 behandelt.

Maßnahmen zur Luftreinhaltung (Kap. 6) behandeln die Abscheidung von Stäuben und Aerosolen mittels Massenkraftabscheider, Nassabscheider, Filter und Elektroabscheider. Weitere technische Verfahren umfassen die Physisorption und die Chemisorption mit den entsprechenden Adsorptions- und Absorptionsverfahren. Thermische und katalytische Abluftreinigung schließen das Kapitel ab.

Lärm und Vibrationen (Kap. 7) sind häufig unterschätzte Umweltbelastungen. Der Schutz der Arbeitnehmer vor entsprechenden Belastungen und gesundheitlichen Einschränkungen ist zu gewährleisten. Bezüglich Nachbarschaft geben Immissionsrichtwerte entsprechende Anforderungen vor. Die Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV) zeigt dies für zahlreiche Geräte und Maschinen auf. Das menschliche Ohr und unser Körper reagieren empfindlich auf Lärm und Vibrationen. Es werden die Auswirkungen des Schalls (z. B. Gehörschädigungen) behandelt.

Das Kap. 8 behandelt die Themen Energiemanagement und Energieaudit. Sie sind unternehmensinterne Instrumente, um eine fortlaufende Verbesserung der betrieblichen Nachhaltigkeit zu erzielen. Es werden die Anforderungen der DIN EN ISO 50001 an Energiemanagementsysteme und die damit verbundenen Chancen beschrieben. Ein Vergleich zur DIN EN ISO 14001 Umweltmanagementsysteme eröffnet Wege hin zu einem integrierten Managementsystem. Die regelmäßige Durchführung von Energieaudits eröffnet eine fortlaufende Verbesserung der ökonomischen und ökologischen Faktoren im Energiesektor. Eine Checkliste für ein Energieaudit steht zur Verfügung.

Die Europäische Union will bis 2050 eine CO₂-arme Wirtschaft realisieren. Dazu hat sie einige rechtliche Vorschriften wie die Energieeffizienz-Richtlinie, Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien und die Ökodesign-Richtlinie erlassen. Mit den dort beschriebenen Anforderungen lässt sich die Energieeffizienz von Gebäuden, Anlagen, Prozessen und Produkten deutlich verbessern (Kap. 9).

Auf nationaler Ebene wurden mit dem Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen weitere Grundlagen zur Verbesserung der Energieeffizienz gelegt. Dies betrifft u. a. erneuerbare Energien im Strom- und Wärmesektor und die Einsparung von Energien in Gebäuden und Anlagen (Kap. 10).

Der Energiebedarf der Welt (Kap. 11) wird weiter stark ansteigen. Trotz zahlreicher Anstrengungen in Richtung erneuerbare Energien werden die fossilen Energieträger weiterhin einen hohen Anteil an der Energieerzeugung besitzen. Die statische Reichweite der konventionellen Energieträger bemisst sich teilweise in Jahrhunderten. Um die negativen

Umweltauswirkungen (Klimawandel) zu reduzieren, sind starke Anstrengungen in Richtung erneuerbare Energien notwendig.

Der Energiebedarf für Deutschland basiert heute überwiegend auf fossilen Energieträgern (Kap. 12). Regenerative Energien liefern bisher nur einen kleinen Anteil am Primär- und Endenergieverbrauch. Während die Entwicklung im Stromsektor gut verläuft, sind bei der Wärme und im Verkehrssektor noch erhebliche Anstrengungen notwendig, um bis 2050 eine CO₂-arme Gesellschaft zu verwirklichen.

Biogene Energieträger wie Biogas, Biodiesel und Bioethanol können einen gewissen Beitrag zu erneuerbaren Energien liefern (Kap. 13). Es werden die einzelnen Prozessabläufe zu ihrer Herstellung beschrieben. Es ist zu beachten, dass sie in Konkurrenz zum Lebensmittelsektor stehen und ebenfalls Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Jeder Einsatz von Energieträgern hat Auswirkungen auf die Umwelt. Als Teil des ökologischen Fußabdrucks liefert der Carbon Footprint eine anschauliche Kennziffer für ein Unternehmen. Für verschiedene fossile und regenerative Energieträger wird deren Umweltrelevanz für Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickoxide (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂) miteinander verglichen. Deutlich sind die geringeren Umweltauswirkungen der regenerativen Energieträger zu erkennen. Vielfach werden biogene Energieträger als besonders umweltfreundlich herausgestellt. Die Vorteile bei den Treibhausgasen werden jedoch durch starke Nachteile bei anderen Umweltaspekten kompensiert (Kap. 14).

Das Werk zum betrieblichen Immissionsschutz schließt mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz (Kap. 15). Eine Übersicht zu Anwendungen für die Endenergie eröffnet den Einstieg für verschiedene Anwendungsgebiete. Dazu zählen die Prozesswärme und die Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung. Die Energieeffizienzstrategie für Wohngebäude ist sehr stark vom Alter der Gebäude abhängig. Elektrische Antriebe, Pumpen, Druckluftanlagen, Beleuchtung und die Informations- und Kommunikationstechnologien sowie raumluftechnische Anlagen bieten erhebliches Einsparpotenzial. Eine große Herausforderung ist der Personen- und Güterverkehr. Nur mit einer langfristigen Strategie lässt sich hier eine Verkehrswende erreichen.

Villingen-Schwenningen
Oktober 2019

Gabi Förtsch
Heinz Meinholz

Wichtige und hilfreiche Informationen finden sich z. B. unter folgenden Internetadressen

- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI)
www.bgrci.de
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
www.baua.de
- Bundesministerium der Justiz
www.gesetze-im-internet.de
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
www.bmu.de
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
www.dbu.de
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
www.dguv.de
- Deutsches Institut für Normung e. V.
www.din.de
- Europäische Umweltagentur – European Environment Agency (EEA)
www.eea.europa.eu
- European Chemicals Agency (ECHA)
www.echa.europa.eu
- International Organization for Standardization (ISO)
www.iso.org
- NASA: Climate Change and Global Warming
<https://climate.nasa.gov/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
www.oecd.org
- Umweltbundesamt (UBA)
www.umweltbundesamt.de
- United Nations Environment Programme (UNEP)
www.unep.org
- Verband der chemischen Industrie (VCI)
www.vci.de
- Verein Deutscher Ingenieure e. V.
www.vdi.de

Ergänzend zu diesem Handbuch wurden weitere Werke zum betrieblichen Umweltschutz publiziert

- Förtsch, G; Meinholz, H.; *Handbuch Betriebliches Umweltmanagement*, Springer-Vieweg, **2018**, 978-3-658-19150-4
- Förtsch, G.; Meinholz, H.; *Handbuch Betriebliches Gefahrstoffmanagement*, Springer-Vieweg, **2016**, 978-3-658-13087-9
- Förtsch, G; Meinholz, H.; *Handbuch Betriebliche Kreislaufwirtschaft*, Springer-Spektrum, **2015**, 978-3-658-06440-0
- Förtsch, G.; Meinholz, H.; *Handbuch Betrieblicher Gewässerschutz*, Springer-Spektrum, **2014**, 978-3-658-03323-1

Inhaltsübersicht

1	Die Atmosphäre	1
2	Immissionsschutzrecht	7
3	Herkunft und Senken von Luftverunreinigungen	185
4	Auswirkungen von Luftverunreinigungen	241
5	Nachweis von Luftverunreinigungen	295
6	Maßnahmen zur Luftreinhaltung	319
7	Lärm und Vibrationen	373
8	Energiemanagement und Energieaudit	415
9	Europäisches Energierecht	485
10	Nationales Energierecht	523
11	Der Energiebedarf der Welt	545
12	Der Energiebedarf für Deutschland	557
13	Biogene Energieträger	567
14	Umweltrelevanz von Energieträgern	593
15	Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	609
	Erratum zu: Handbuch Betrieblicher Immissionsschutz	E1
	Anhang: Einheiten und Umrechnungsfaktoren	637
	Stichwortverzeichnis	639

Inhaltsverzeichnis

1 Die Atmosphäre	1
Literatur.....	4
2 Immissionsschutzrecht	7
2.1 Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG).....	7
2.2 Anlagengenehmigungen	10
2.2.1 Genehmigungsbedürftige Anlagen.....	10
2.2.2 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen.....	25
2.2.3 Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV).....	29
2.2.4 Verordnung über das Genehmigungsverfahren (9. BImSchV).....	31
2.2.4.1 Antrag	32
2.2.4.2 Bekanntmachung und Erörterung	40
2.2.4.3 Genehmigung.....	44
2.2.5 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft).....	51
2.2.5.1 Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen.....	51
2.2.5.2 Emissionsbegrenzung von Stäuben.....	54
2.2.5.3 Emissionsbegrenzung gasförmiger anorganischer Stoffe.....	55
2.2.5.4 Emissionsbegrenzung organischer Stoffe	56
2.2.5.5 Krebserzeugende und andere hochtoxische Stoffe	57
2.3 Ermittlung von Emissionen und Immission, sicherheitstechnische Prüfungen nach BImSchG	60
2.4 Beschaffenheit von Anlagen, Stoffen und Erzeugnissen	63
2.4.1 Anforderungen des BImSchG.....	63
2.5 Weitere Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz.....	66
2.5.1 Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV).....	66
2.5.1.1 Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	69
2.5.1.2 Öl- und Gasfeuerungsanlagen.....	69
2.5.1.3 Überwachung	71

2.5.2	Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen (2. BImSchV)	72
2.5.2.1	Anlagenbetrieb	74
2.5.2.2	Eigenkontrolle und Überwachung	76
2.5.3	Auswurfbegrenzung von Holzstaub (7. BImSchV)	79
2.5.4	Störfall-Verordnung (12. BImSchV)	80
2.5.4.1	Grundpflichten	81
2.5.4.2	Sicherheitsmanagementsystem (Anhang III)	85
2.5.4.3	Sicherheitsbericht	87
2.5.4.4	Alarm- und Gefahrenabwehrpläne	89
2.5.4.5	Information der Öffentlichkeit	91
2.5.4.6	Behördenpflichten	93
2.5.4.7	Genehmigungsverfahren nach § 23b BImSchG	96
2.5.4.8	Meldeverfahren	97
2.5.5	Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen (17. BImSchV)	98
2.5.6	Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen (30. BImSchV)	113
2.5.7	VOC-Verordnung (31. BImSchV)	118
2.5.8	Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider (42. BImSchV)	123
2.5.9	Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (44. BImSchV)	131
2.5.9.1	Allgemeine Vorschriften	131
2.5.9.2	Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb	138
2.5.9.3	Messung und Überwachung	145
2.6	Überwachung und Verbesserung der Luftqualität	154
2.7	Betriebsorganisation	158
2.7.1	Anforderungen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	158
2.7.2	Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte (5. BImSchV)	165
2.8	Industrieemissions-Richtlinie (IED) und BVT-Merkblätter	170
2.9	Aufgaben für die Praxis	183
	Weiterführende Literatur	184
3	Herkunft und Senken von Luftverunreinigungen	185
3.1	Troposphäre als Fotoreaktor	185
3.2	Kohlendioxid und Kohlenmonoxid	187
3.2.1	Eigenschaften	187
3.2.2	Kohlenstoffkreislauf	190
3.3	Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC's) und Methan	194
3.3.1	VOC-Quellen	194

3.3.2	Methankreislauf	195
3.4	Schwefelverbindungen	198
3.4.1	Eigenschaften	198
3.4.2	Schwefelkreislauf	200
3.4.3	Nachweis von SO ₂	203
3.5	Stickstoffverbindungen	204
3.5.1	Eigenschaften	204
3.5.2	Stickstoffkreislauf	206
3.5.3	Nachweis von Stickoxiden	212
3.6	Ozon	215
3.6.1	Eigenschaften	215
3.6.2	Ozonkreislauf	215
3.6.3	Nachweis von Ozon	217
3.7	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	218
3.7.1	Eigenschaften	218
3.7.2	Fluorkohlenwasserstoffe (FKW/H-FKW)	219
3.7.3	Ozonschichtschädigende Stoffe	220
3.8	Staub und Aerosole	222
3.8.1	Eigenschaften	222
3.8.2	Mengen	223
3.9	Dioxine und Furane	225
3.9.1	Eigenschaften	225
3.9.2	Entstehung	229
3.9.3	Emissionsquellen und Minderungsmaßnahmen	231
3.10	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	234
3.11	Aufgaben für die Praxis	235
	Literatur	236
4	Auswirkungen von Luftverunreinigungen	241
4.1	Saurer Regen	241
4.2	Stratosphärisches Ozon und Ozonzerstörung	244
4.2.1	Ozon in der Atmosphäre	244
4.2.2	Ozonabbauende Substanzen	245
4.2.3	Wiederherstellung der Ozonschicht	248
4.3	Ozon-Verordnung (EG) 1005/2009	248
4.4	Chemikalien-Ozonschichtverordnung (ChemOzonSchichtV)	258
4.5	Treibhauseffekt und Klimaveränderungen	260
4.5.1	Die Erwärmung der Erde	260
4.5.2	Der Treibhauseffekt	265
4.5.3	Pro-Kopf-Emissionen	270
4.6	Fluorierte Treibhausgase (EU) 517/2014	271
4.7	Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV)	287

4.8	Aufgaben für die Praxis	290
	Literatur.....	291
5	Nachweis von Luftverunreinigungen	295
5.1	Probenahme.....	295
5.2	UV/VIS-Spektroskopie	299
5.3	Infrarotspektroskopie (IR)	305
5.4	Gaschromatografie (GC).....	306
5.5	Prüfröhrchen	311
5.6	Olfaktometrie	313
5.7	Staubmessungen.....	314
5.8	Aufgaben für die Praxis	317
	Literatur.....	317
6	Maßnahmen zur Luftreinhaltung	319
6.1	Entschwefelung von Brennstoffen	319
6.2	Abscheidung von Stäuben und Aerosolen	320
6.2.1	Einleitung.....	320
6.2.2	Massenkraftabscheider.....	321
6.2.3	Nassabscheider.....	324
6.2.4	Filter.....	326
6.2.5	Elektroabscheider.....	331
6.3	Absorptionsverfahren.....	333
6.3.1	Physisorption.....	333
6.3.2	Chemisorption.....	333
6.3.3	Absorptionsanlagen.....	335
6.4	Adsorptionsverfahren.....	338
6.4.1	Physisorption und Chemisorption.....	338
6.4.2	Adsorptionsgleichgewicht.....	340
6.4.3	Adsorptionsmittel.....	341
6.4.4	Betriebsweisen von Adsorptionsanlagen	344
6.5	Thermische Nachverbrennung	345
6.6	Katalytische Abgasreinigung	347
6.6.1	Grundlagen katalytischer Reaktionen.....	347
6.6.2	Katalytische Nachverbrennung.....	351
6.6.3	SCR-/SNCR-Verfahren	353
6.6.4	Der Autoabgaskatalysator	356
6.6.4.1	Dreivegekatalysator	357
6.6.4.2	Katalysatoren bei Dieselfahrzeugen	361
6.7	Biologische Abluftreinigung.....	364
6.7.1	Biofilter und Biorieselbettreaktor	364
6.7.2	Biowäscher.....	366
6.7.3	Mikroorganismen.....	367

6.8	Aufgaben für die Praxis	369
	Literatur.....	369
7	Lärm und Vibrationen	373
7.1	Schutz der Arbeitnehmer.....	373
7.2	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung	377
7.3	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm).....	384
7.3.1	Genehmigungsbedürftige Anlagen.....	385
7.3.2	Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen.....	386
7.3.3	Anforderungen an bestehende Anlagen	387
7.3.4	Immissionsrichtwerte.....	388
7.4	Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV)	390
7.5	Lärm und Vibrationen – naturwissenschaftliche Grundlagen	394
7.5.1	Einleitung.....	394
7.5.2	Das menschliche Ohr	394
7.5.3	Der Schall und seine Kenngrößen.....	397
7.5.4	Vom dB zum dB(A)	399
7.5.5	Gehörschädigungen durch Lärm.....	402
7.5.6	Schalldämmung und Lärminderung.....	403
7.5.7	Vibrationen.....	406
7.6	Aufgaben für die Praxis	410
	Literatur.....	412
8	Energiemanagement und Energieaudit	415
8.1	Einführung	415
8.2	Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001	417
8.2.1	Einführung	417
8.2.2	Ziele und Nutzen eines Energiemanagementsystems	418
8.2.3	Grundsätze und wesentliche Elemente	420
8.2.4	Kontext der Organisation	422
8.2.4.1	Die Organisation und ihre Kontexte	423
8.2.4.2	Erfordernisse und Erwartungen interessierter Parteien.....	424
8.2.4.3	Anwendungsbereich des Energiemanagementsystems.....	424
8.2.4.4	Energiemanagementsystem.....	425
8.2.5	Führung.....	425
8.2.5.1	Führung und Verpflichtung	426
8.2.5.2	Energiepolitik.....	426
8.2.5.3	Rollen, Verantwortlichkeiten und Befugnisse.....	427
8.2.6	Planung	430
8.2.6.1	Maßnahmen zum Umgang mit Risiken und Chancen	430
8.2.6.2	Ziele, Energieziele und Planung zu deren Erreichung.....	430

8.2.6.3	Energetische Bewertung, energetische Ausgangsbasis (EnB) und Energieleistungskennzahlen (EnPI)	431
8.2.6.4	Planung der Energiedatensammlung.....	433
8.2.7	Unterstützung.....	434
8.2.7.1	Ressourcen	434
8.2.7.2	Kompetenz	434
8.2.7.3	Bewusstsein.....	435
8.2.7.4	Kommunikation	436
8.2.7.5	Dokumentierte Information	437
8.2.8	Betrieb.....	438
8.2.8.1	Betriebliche Planung und Steuerung.....	439
8.2.8.2	Auslegung	439
8.2.8.3	Beschaffung	440
8.2.9	Bewertung der Leistung.....	441
8.2.9.1	Überwachung, Messung, Analyse und Bewertung der energiebezogenen Leistung und des EnMS	441
8.2.9.2	Internes Audit.....	443
8.2.9.3	Managementbewertung.....	444
8.2.10	Verbesserung.....	446
8.2.10.1	Nichtkonformität und Korrekturmaßnahmen.....	446
8.2.10.2	Fortlaufende Verbesserung.....	446
8.2.11	Zertifizierungen nach DIN EN ISO 50001	447
8.3	Energieaudit gemäß DIN EN 16247	447
8.3.1	Einführung	447
8.3.2	Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung (SpaEfV).....	449
8.3.3	Kompetenz von Energieauditoren.....	451
8.3.4	Energieaudits von Gebäuden	452
8.3.5	Energieaudits von Prozessen.....	455
8.4	Checkliste für ein Energieaudit.....	459
8.5	Aufgaben für die Praxis	483
	Literatur.....	483
9	Europäisches Energierecht.....	485
9.1	Einführung	485
9.2	Energieeffizienz-Richtlinie 2012/27/EU.....	486
9.3	Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien (RL 2009/28/EG)	490
9.4	Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG.....	498
9.4.1	Einführung	498
9.4.2	Methode zur Festlegung allgemeiner Ökodesign-Anforderungen (Anhang I)	501

9.4.3	Methode zur Festlegung spezifischer Ökodesign-Anforderungen (Anhang II).....	504
9.4.4	Interne Entwurfskontrolle (Anhang IV).....	505
9.4.5	Managementsystem für die Konformitätsbewertung (Anhang V)....	506
9.4.6	Inhalt der Durchführungsmaßnahmen (Anhang VII).....	508
9.4.7	Produktgruppen.....	509
9.5	Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (RL 2010/31/EU)	509
9.6	Aufgaben für die Praxis	521
	Weiterführende Literatur.....	521
10	Nationales Energierecht	523
10.1	Einführung	523
10.2	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)	524
10.3	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017).....	528
10.4	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG).....	528
10.5	Energieeinsparungsgesetz (EnEG).....	530
10.6	Energieeinsparverordnung (EnEV).....	534
10.7	Aufgaben für die Praxis	542
	Weiterführende Literatur.....	543
11	Der Energiebedarf der Welt.....	545
11.1	Einführung	545
11.2	Reserven, Ressourcen und Reichweiten	548
11.3	Erdöl.....	550
11.4	Erdgas	551
11.5	Kohle.....	552
11.6	Kernenergie.....	553
11.7	Regenerative Energien	553
11.8	Aufgaben für die Praxis	554
	Literatur.....	555
12	Der Energiebedarf für Deutschland.....	557
12.1	Einführung	557
12.2	Primärenergieverbrauch	558
12.3	Endenergieverbrauch.....	559
12.4	Erneuerbare Energien.....	562
12.5	Aufgaben für die Praxis	565
	Literatur.....	565
13	Biogene Energieträger	567
13.1	Einführung	567
13.2	Biomasseverordnung (BiomasseV).....	570
13.3	Mengenentwicklung biogener Energieträger	572
13.4	Herstellung von Biodiesel.....	574

13.5	Herstellung von Bioethanol	576
13.5.1	Auswahl der Rohstoffe.....	576
13.5.2	Herstellung des zuckerhaltigen Substrates.....	577
13.5.3	Gewinnung von Ethanol.....	579
13.5.4	Bioethanolproduktion und -verwendung	580
13.6	Gewinnung von Biogas	580
13.6.1	Biochemische Grundlagen der Biogaserzeugung	580
13.6.2	Betriebsparameter bei der anaeroben Abfallbehandlung	583
13.6.3	Verfahrenstechnik der anaeroben Substratbehandlung	587
13.6.4	Vergärungsverfahren	588
13.6.5	Vergärungsprodukte	590
13.7	Aufgaben für die Praxis	590
	Literatur.....	591
14	Umweltrelevanz von Energieträgern.....	593
14.1	Ökologischer Fußabdruck	594
14.2	Carbon Footprint	596
14.3	Umweltrelevanz von fossilen und regenerativen Energieträgern.....	601
14.4	Umweltrelevanz biogener Energieträger.....	605
14.5	Aufgaben für die Praxis	607
	Literatur.....	607
15	Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	609
15.1	Einführung	609
15.2	Prozesswärme und Wärmerückgewinnung	614
15.3	Prozesskälte.....	617
15.4	Gebäude, Heizung, Warmwasser	618
15.5	Elektrische Antriebe.....	621
15.6	Pumpen	621
15.7	Druckluft.....	623
15.8	Beleuchtung	625
15.9	Informations- und Kommunikationstechnologie	626
15.10	Raumlufttechnische Anlagen (RLT)	628
15.11	Personen- und Güterverkehr	629
15.12	Aufgaben für die Praxis	633
	Literatur.....	633
	Erratum zu: Handbuch Betrieblicher Immissionsschutz.....	E1
	Anhang: Einheiten und Umrechnungsfaktoren	637
	Stichwortverzeichnis.....	639



Die Bedeutung der Atmosphäre ist für den Menschen essenziell. Die in der Atmosphäre enthaltenen Luftbestandteile – insbesondere Sauerstoff – sind überlebenswichtig. Zusammen mit den Umweltmedien Wasser und Boden ist sie eine wichtige Quelle für alle biologischen Vorgänge auf der Erde. Die Atmosphäre hat eine Reihe lebenswichtiger Funktionen:

- sie schützt die Lebewesen vor schädlicher UV- und Röntgenstrahlung aus dem Weltall,
- sie lässt lebensnotwendige Wellenlängen des Sonnenlichts auf die Erdoberfläche und Ozeane durch,
- über physikalische Prozesse bestimmt sie das kurzfristige Wettergeschehen und das langfristige Klima,
- durch fotochemische Reaktionen baut sie natürliche und anthropogene Stoffe ab,
- über den Austausch von Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) ist sie in den weltweiten Stoffkreislauf eingebunden.

Durch natürliche oder vom Menschen (anthropogen) verursachte Luftverunreinigungen wird die natürliche Zusammensetzung der Luft kurz-, mittel- oder langfristig verändert. Natürliche Emissionen treten bei Vulkanausbrüchen (z. B. SO_2), Waldbränden (z. B. CO_2) oder Sandstürmen (z. B. Staub) auf. Anthropogene Luftverunreinigungen verursachen in einer komplexen Wechselwirkung Phänomene wie den *Klimawandel* oder das *Ozonloch*. Die Luftschadstoffe können sich regional (z. B. *saurer Regen*) oder global (z. B. *Klimawandel*) auswirken. Durch chemische Reaktionen in der Atmosphäre werden häufig neue Stoffe (z. B. *troposphärisches Ozon*) gebildet, die sich schädlich auf Mensch und Umwelt auswirken.

Die Lufthülle ist im Verhältnis zum Erddurchmesser so dünn wie die Schale eines Apfels. Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Bestandteile wie Stickstoff,

Tab. 1.1 Zusammensetzung der Erdatmosphäre

Bestandteil	Formel	Konzentration
Stickstoff	N ₂	78,08 %
Sauerstoff	O ₂	20,95 %
Argon	Ar	0,934 %
Neon	Ne	18 ppm
Helium	He	5 ppm
Krypton	Kr	1 ppm
Xenon	Xe	0,09 ppm
Kohlendioxid	CO ₂	410 ppm
Methan	CH ₄	1,9 ppm
Wasserstoff	H ₂	0,5 ppm
Distickstoffoxid	N ₂ O	0,33 ppm
Kohlenmonoxid	CO	0,2 ppm
Ozon	O ₃	30–50 ppb
Schwefeldioxid	SO ₂	0,1–2 ppb
FCKW 12	CF ₂ Cl ₂	0,5 ppb
FCKW 11	CFCl ₃	0,2 ppb
Ammoniak	NH ₃	6 ppb
Stickoxide	NO _x (NO; NO ₂)	0,01–5 ppb

Sauerstoff, Edelgase ist in den unteren Atmosphärenschichten bis ca. 80 km Höhe infolge von Durchmischung konstant. Die mittlere Zusammensetzung von trockener Luft ist in Tab. 1.1 angegeben. Geringe Konzentrationen werden nicht mehr in Prozent, sondern üblicherweise in folgenden Einheiten angegeben:

• ppm,	Parts per Million (Teile pro Million)
• ppb,	Parts per Billion (Teile pro Milliarde)
• ppt	Parts per Trillion (Teile pro Billion).

In Abhängigkeit von Temperatur (T), Druck (p) und Molmasse (M) der Stoffe lassen sich die Mischungsverhältnisse mithilfe des Molvolumens (V_M) in Konzentrationen umrechnen. Das Molvolumen ist das Volumen, das ein Mol eines Stoffes einnimmt.

$$c \left[\text{mg} / \text{m}^3 \right] = \frac{M}{V_M} \cdot c \left[\text{ppm} \right]$$

Während die stoffliche Zusammensetzung der Atmosphäre weitgehend homogen ist, gibt es einen ausgeprägten vertikalen und horizontalen Temperaturverlauf. So herrscht bei der horizontalen Temperaturverteilung am Äquator eine andere Temperatur als an den Polen. Bei der vertikalen Temperaturverteilung ergibt sich mit wachsender Höhe eine charakteristische Änderung (Abb. 1.1).

Die auffälligen Temperaturwechsel in ca. 20 km, 50 km und 85 km Höhe bezeichnet man als *Pausen* oder *Inversionen* (Tropopause, Stratopause, Mesopause). So gelangen

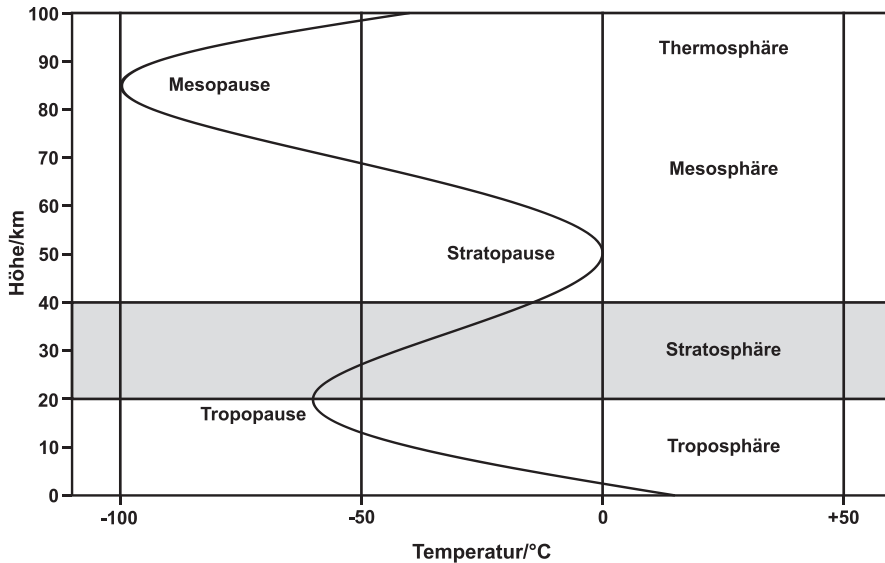


Abb. 1.1 Schichtung der Erdatmosphäre [1]

wegen der Tropopause Spurenstoffe nur sehr langsam von der Troposphäre in die Stratosphäre und umgekehrt.

Troposphäre

Die Höhe der Troposphäre ist von den Jahreszeiten und den geografischen Breiten abhängig. Sie ist im Sommer größer als im Winter und hat über den Tropen eine Höhe von ca. 18 km, über den mittleren Breiten von 10–15 km und an den Polarregionen von ca. 8 km. In ihr sind starke Luftströmungen vorhanden, die das Wettergeschehen entscheidend beeinflussen. Sie enthält fast den gesamten Wasserdampf (ca. 99 %) der Atmosphäre. In der unteren Troposphäre – der planetarischen Grenzschicht – bewirkt der Einfluss der Erdoberfläche starke Veränderungen der meteorologischen Parameter Temperatur, Feuchtigkeit und Windgeschwindigkeit. Innerhalb der Troposphäre nimmt die Temperatur kontinuierlich von +15 °C auf –60 °C ab. Die Troposphäre wird nach oben durch die Tropopause begrenzt, deren Lage stark von der geografischen Breite und der Jahreszeit abhängig ist. Innerhalb der Tropopause ist die Temperatur konstant und liegt bei ca. –60 °C. Hier treten *Jetstreams* mit sehr hohen Windgeschwindigkeiten von bis zu 500 km/h auf.

Stratosphäre

In der Stratosphäre steigt die Lufttemperatur von ca. –60 °C mit der Höhe bis auf 0 °C an. Zu dieser Erwärmung der Stratosphäre kommt es durch die in ihr liegende Ozonschicht. Dabei absorbiert das Ozon den kurzwelligen Teil der UV-Strahlung und schützt somit die Menschen und die Natur vor dieser Strahlung. Sie ist beinahe wolkenfrei, da aufgrund der niedrigen Temperatur in der Tropopause (–60 °C) kaum Wasserdampf aus der Troposphäre

in die Stratosphäre transportiert werden kann. Durch den Temperaturanstieg gibt es nur sehr geringe vertikale Strömungen innerhalb der Stratosphäre. Sie wird in ca. 50 km Höhe durch die Stratopause begrenzt.

Mesosphäre

Die Mesosphäre ist von der Stratosphäre durch die Stratopause getrennt. Sie reicht von etwa 50–85 km über die Erdoberfläche. Da sich ca. 99 % der Atmosphärenmasse in den unteren 30–40 km der Atmosphäre konzentrieren, ist die Luft in der Mesosphäre extrem dünn. Sie besteht überwiegend aus den leichteren Gasen, wobei die Temperatur mit steigender Höhe auf ca. -100 °C im Bereich der Mesopause fällt.

Thermosphäre

Sie ist gekennzeichnet durch einen enormen Temperaturanstieg, der oberhalb von 200 km Höhe je nach Sonnenaktivität (Sonnenflecken) Werte zwischen 500 °C und 2000 °C annehmen kann. Dabei wird die Ionisierung der Luft infolge Absorption von Sonnenstrahlung sehr groß und erreicht in 300 km einen Höchstwert. Man bezeichnet diesen Bereich deshalb auch als Ionosphäre.

Exosphäre

Die Exosphäre markiert den Übergang zwischen Atmosphäre und dem interplanetaren Raum. Die Erdanziehung ist so gering, dass Gasteilchen in den Weltraum entweichen können. In der Exosphäre ist der Druck so niedrig, dass ein hohes Vakuum vorliegt.

Literatur

1. Seinfeld, J. H.; Pandis, S. N.; *Atmospheric Chemistry and Physics*, Wiley, **2006**, 978-0-471-72018-8

Weiterführende Literatur

1. Bachmann, G. et al.; *Nanotechnologien für den Umweltschutz*, VDI Technologiezentrum, **Dezember 2007**
2. Baumbach, G.; *Luftreinhaltung*, Springer, **1993**, 3-540-56823-9
3. Deutsche Rohstoffagentur (DERA); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (GBR); *Edelgase – Versorgung wirklich kritisch? DERA-Rohstoff-informationen 39*, **Oktober 2018**, 978-3-943566-54-3
4. DIN 1343; *Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen – Begriffe und Werte*, Beuth, **Januar 1990**
5. Guderian, R. (Hrsg.); *Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie*, Springer, **2000**, Bd. 1A Atmosphäre, 3-540-66184-0,
6. Möller, D.; *Luft*, de Gruyter, **2003**, 3-11-016431-0
7. Roedel, W.; Wagner, Th.; *Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre*, Springer, **2011**, 978-3-642-15728-8

8. United Nations Environment Programme (UNEP); *Frontiers 2018/19 – Emerging Issues of Environmental Concern*, **2019**, 978-92-807-3737-0
9. United Nations Environment Programme (UNEP); *Global Environment Outlook GEO 6 – Healthy Planet, Healthy People*, **2019**, 978-1-108-70766-4
10. World Meteorological Organization (WMO); *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018*, **2019**, 978-92-63-11233-0
11. Zellner, R.; Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.); *Chemie über den Wolken – und darunter*; Wiley-VCH, **2011**, 978-3-527-32651-8



2.1 Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)

Zweck des Gesetzes (§ 1)

Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, dient dieses Gesetz auch

- der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie
- dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.

Geltungsbereich (§ 2)

Die Vorschriften dieses Gesetzes gelten für

- die Errichtung und den Betrieb von Anlagen,
- das Herstellen, Inverkehrbringen und Einführen von Anlagen, Brennstoffen und Treibstoffen, Stoffen und Erzeugnissen aus Stoffen,
- die Beschaffenheit, die Ausrüstung, den Betrieb und die Prüfung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern und von Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeugen sowie von Schwimmkörpern und schwimmenden Anlagen und
- den Bau öffentlicher Straßen sowie von Eisenbahnen, Magnetschwebebahnen und Straßenbahnen.

Begriffsbestimmungen (§ 3)

- **Schädliche Umwelteinwirkungen:**
sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.
- **Immissionen:**
sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.
- **Emissionen:**
sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Erscheinungen.
- **Luftverunreinigungen:**
sind Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.
- **Anlagen:**
 - Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen,
 - Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen sowie Fahrzeuge und
 - Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.
- **Betriebsbereich:**
ist der gesamte unter der Aufsicht eines Betreibers stehende Bereich, in dem gefährliche Stoffe in einer oder mehreren Anlagen einschließlich gemeinsamer oder verbundener Infrastrukturen oder Tätigkeiten auch bei Lagerung der bezeichneten Mengen tatsächlich vorhanden oder vorgesehen sind oder vorhanden sein werden, soweit vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass die genannten gefährlichen Stoffe bei außer Kontrolle geratenen Prozessen anfallen.
- **Störfallrelevante Errichtung:**
und ein Betrieb oder eine störfallrelevante Änderung einer Anlage oder eines Betriebsbereichs ist eine Errichtung und ein Betrieb einer Anlage, die Betriebsbereich oder Bestandteil eines Betriebsbereichs ist oder eine Änderung einer Anlage oder eines Betriebsbereichs einschließlich der Änderung eines Lagers, eines Verfahrens oder der Art oder physikalischen Form oder der Mengen der gefährlichen Stoffe aus der sich erhebliche Auswirkungen auf die Gefahren schwerer Unfälle ergeben können. Eine störfallrelevante Änderung einer Anlage oder eines Betriebsbereichs liegt zudem vor, wenn eine Änderung dazu führen könnte, dass ein Betriebsbereich der unteren Klasse zu einem Betriebsbereich der oberen Klasse wird oder umgekehrt.
- **Angemessener Sicherheitsabstand:**
ist der Abstand zwischen einem Betriebsbereich oder einer Anlage, die Betriebsbereich oder Bestandteil eines Betriebsbereichs ist und einem benachbarten Schutzobjekt, der zur gebotenen Begrenzung der Auswirkungen auf das benachbarte Schutzobjekt,

welche durch schwere Unfälle hervorgerufen werden können, beiträgt. Der angemessene Sicherheitsabstand ist anhand störfallspezifischer Faktoren zu ermitteln.

- **Benachbarte Schutzobjekte:**

sind ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienende Gebiete, öffentlich genutzte Gebäude und Gebiete, Freizeitgebiete, wichtige Verkehrswege und unter dem Gesichtspunkt des Naturschutzes besonders wertvolle oder besonders empfindliche Gebiete.

- **Stand der Technik:**

ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die in der Anlage aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen sowie des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung, jeweils bezogen auf Anlagen einer bestimmten Art, insbesondere folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Einsatz abfallarmer Technologie,
- Einsatz weniger gefährlicher Stoffe,
- Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle,
- vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im Betrieb erprobt wurden,
- Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen,
- Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,
- Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,
- für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit,
- Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz,
- Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für den Menschen und die Umwelt soweit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern,
- Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für den Menschen und die Umwelt zu verringern,
- Informationen, die von internationalen Organisationen veröffentlicht werden,
- Informationen, die in BVT-Merkblättern enthalten sind.

- **BVT-Merkblatt:**

ist ein Dokument, das aufgrund des Informationsaustausches nach Art. 13 der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) für bestimmte Tätigkeiten erstellt wird und insbesondere die angewandten Techniken, die derzeitigen Emissions- und Verbrauchswerte, alle

Zukunftstechniken sowie die Techniken beschreibt, die für die Festlegung der besten verfügbaren Techniken sowie der BVT-Schlussfolgerungen berücksichtigt wurden.

- **BVT-Schlussfolgerungen:**

sind ein von der Europäischen Kommission erlassenes Dokument, das die Teile eines BVT-Merkblatts mit den Schlussfolgerungen in Bezug auf Folgendes enthält:

- die besten verfügbaren Techniken, ihrer Beschreibung und Informationen zur Bewertung ihrer Anwendbarkeit,
- die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte,
- die zugehörigen Überwachungsmaßnahmen,
- die zugehörigen Verbrauchswerte sowie
- die gegebenenfalls einschlägigen Standortsanierungsmaßnahmen.

- **Emissionsbandbreiten:**

sind die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte. Die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte sind der Bereich von Emissionswerten, die unter normalen Betriebsbedingungen unter Verwendung einer besten verfügbaren Technik oder einer Kombination von besten verfügbaren Techniken entsprechend der Beschreibung in den BVT-Schlussfolgerungen erzielt werden, ausgedrückt als Mittelwert für einen vorgegebenen Zeitraum unter spezifischen Referenzbedingungen.

- **Zukunftstechniken:**

sind neue Techniken für Anlagen nach der Industrieemissions-Richtlinie, die bei gewerblicher Nutzung entweder ein höheres allgemeines Umweltschutzniveau oder zumindest das gleiche Umweltschutzniveau und größere Kostenersparnisse bieten könnten als der bestehende Stand der Technik.

In Tab. 2.1 sind die Verordnungen zu Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zusammengestellt.

2.2 Anlagengenehmigungen

2.2.1 Genehmigungsbedürftige Anlagen

Genehmigung (§ 4)

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebs in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder in anderer Weise die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu belästigen, sowie von ortsfesten Abfallentsorgungsanlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen bedürfen einer Genehmigung. Mit Ausnahme von Abfallentsorgungsanlagen bedürfen Anlagen, die nicht gewerblichen Zwecken dienen und nicht im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden, der Genehmigung nur, wenn sie in besonderem Maße geeignet sind,

Tab. 2.1 Verordnungen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz

BImSchV	Verordnung	Datum
1. BImSchV	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen	10.03.2017
2. BImSchV	Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen	29.03.2017
4. BImSchV	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen	31.05.2017
5. BImSchV	Verordnung über Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte	28.04.2015
7. BImSchV	Verordnung zur Auswurfsbegrenzung von Holzstaub	18.12.1975
9. BImSchV	Verordnung über das Genehmigungsverfahren	08.12.2017
10. BImSchV	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen	01.12.2014
11. BImSchV	Verordnung über Emissionserklärungen	09.01.2017
12. BImSchV	Störfallverordnung	08.12.2017
13. BImSchV	Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	19.12.2017
14. BImSchV	Verordnung über Anlagen der Landesverteidigung	09.04.1986
16. BImSchV	Verkehrslärmschutzverordnung	18.12.2014
17. BImSchV	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen	07.10.2013
18. BImSchV	Sportanlagenlärmschutzverordnung	01.06.2017
20. BImSchV	Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen, Kraftstoffgemischen oder Rohbenzin	24.03.2017
21. BImSchV	Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen	29.03.2017
24. BImSchV	Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung	03.09.1997
25. BImSchV	Verordnung zur Begrenzung von Emissionen aus der Titandioxid-Industrie	24.03.2017
26. BImSchV	Verordnung über elektromagnetische Felder	14.08.2013
27. BImSchV	Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung	02.05.2013
28. BImSchV	Verordnung über Emissionsgrenzwerte für Verbrennungsmotoren	31.08.2015
29. BImSchV	Gebührenverordnung für Maßnahmen bei Typprüfungen von Verbrennungsmotoren	14.08.2012
30. BImSchV	Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen	27.09.2017
31. BImSchV	Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – VOC-Verordnung	24.03.2017
32. BImSchV	Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung	31.08.2015
34. BImSchV	Verordnung über die Lärmkartierung	31.08.2015
35. BImSchV	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung	31.08.2015
36. BImSchV	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote	04.04.2016

(Fortsetzung)

Tab. 2.1 (Fortsetzung)

BImSchV	Verordnung	Datum
39. BImSchV	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen	10.10.2016
41. BImSchV	Bekanntgabeverordnung	29.03.2017
42. BImSchV	Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider	12.07.2017
44. BImSchV	Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	13.06.2019

schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen oder Geräusche hervorgerufen. Die Bundesregierung bestimmt nach Anhörung der beteiligten Kreise durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates die Anlagen, die einer Genehmigung bedürfen (genehmigungsbedürftige Anlagen). In der Rechtsverordnung kann auch vorgesehen werden, dass eine Genehmigung nicht erforderlich ist, wenn eine Anlage insgesamt oder in ihren in der Rechtsverordnung bezeichneten wesentlichen Teilen der Bauart nach zugelassen ist und in Übereinstimmung mit der Bauartzulassung errichtet und betrieben wird.

Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen (§ 5)

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt

- schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können,
- Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen,
- Abfälle vermieden, nicht zu vermeidende Abfälle verwertet und nicht zu verwertende Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden. Abfälle sind nicht zu vermeiden, soweit die Vermeidung technisch nicht möglich oder nicht zumutbar ist. Die Vermeidung ist unzulässig, soweit sie zu nachteiligeren Umweltauswirkungen führt als die Verwertung. Die Verwertung und Beseitigung von Abfällen erfolgt nach den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den sonstigen für die Abfälle geltenden Vorschriften,
- Energie sparsam und effizient verwendet wird.

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten, zu betreiben und stillzulegen, dass auch nach einer Betriebseinstellung

- von der Anlage oder dem Anlagengrundstück keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können,