

BRANDSchutz
Deutsche Feuerwehr-Zeitung



DAS FEUERWEHR- LEHRBUCH

GRUNDLAGEN
TECHNIK
EINSATZ

7., erweiterte und
überarbeitete Auflage

Kohlhammer

Kohlhammer

Das Feuerwehr- Lehrbuch

Grundlagen – Technik – Einsatz

7., erweiterte und überarbeitete Auflage

herausgegeben von der Redaktion der Fachzeitschrift
BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung

Mit Beiträgen von

Nils Beneke, Alexander Blasczyk, Dr. Andreas Bräutigam, Johannes Feyrer, Ralf Fischer, Sebastian Fischer, Manfred Fiß, Dr. Karsten Homrighausen, Frank Hüsch, Florentin von Kaufmann, Frieder Kircher, Bernhard Kunkel, Claus Lange, Jörg Mezger, Prof. Dr. Stefan Oppermann, Volker Ott, Tim Pelzl, Dr. Markus Pulm, Prof. Dr. Michael Reick, Meike Rothe, Andreas Rudlof, Godo Savinsky, Carsten Sorg, Jochen Thorns, Klaus Thrien, Jan Ole Unger, Jürgen Warmbier, Andreas Weich-Arin, Rüdiger Weich, Prof. Dr. Lucia Wickert und Christoph Wöhrle

Verlag W. Kohlhammer

Wichtiger Hinweis

Trotz größter Sorgfalt bei der Zusammenstellung der in diesem Werk enthaltenen Texte und Abbildungen können Fehler und Irrtümer nicht ausgeschlossen werden. Da sich insbesondere Rechts- und Dienstvorschriften, Normen, technische und auch taktische Regeln in Fluss befinden und fortwährend dem Stand der Technik sowie aktuellen Erkenntnissen angepasst werden, können der Verlag, die Herausgeber und die Autoren für fehlerhafte Angaben und Darstellungen sowie deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Die Praxisübertragung der dargestellten Vorgehensweisen und Tipps erfolgt auf eigenes Risiko. Grundsätzlich sind die Feuerwehr-Dienstvorschriften, die Unfallverhütungsvorschriften sowie die einschlägigen Normen in der jeweils aktuellen Fassung zu beachten. Die Darstellung erfolgt zur besseren Lesbarkeit nur in der maskulinen Form.

Für Anregungen, Hinweise auf Fehler und Verbesserungsvorschläge sind die Herausgeber und die Autoren dankbar. Bitte richten Sie diese an die Redaktion BRANDSchutz, W. Kohlhammer GmbH, D-70549 Stuttgart, E-Mail: brandschutz.d fz@kohlhammer.de.

Sofern nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen vom Autor des jeweiligen Kapitels, die Zeichnungen vom Verlag W. Kohlhammer. Teilweise wurden Grafiken mit freundlicher Genehmigung der Firegrafics GmbH (www.firegrafics.ch) verwendet. Dank gilt den Kameradinnen und Kameraden der Feuerwehr Filderstadt für die Mitwirkung bei der Erstellung zahlreicher Abbildungen für alle Kapitel.

Dieses Werk ist auch in der BRANDSchutz-App als digitale Ausgabe verfügbar. Weitere Informationen gibt es im Internet unter www.kohlhammer-feuerwehr.de.

7. Auflage 2022

Alle Rechte vorbehalten
© W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart
Gesamtherstellung: W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Print:
ISBN 978-3-17-040620-9

E-Book-Format:
pdf: ISBN 978-3-17-040622-3

Für den Inhalt abgedruckter oder verlinkter Websites ist ausschließlich der jeweilige Betreiber verantwortlich. Die W. Kohlhammer GmbH hat keinen Einfluss auf die verknüpften Seiten und übernimmt hierfür keinerlei Haftung.

Rechtsgrundlagen und Organisation	A
Naturwissenschaftliche Grundlagen	B
Technische Grundlagen und Einsatztechnik	C
Feuerwehrbedarfsplanung	D
Allgemeine Einsatzlehre	E
Notfallmedizinische Grundlagen	F
Leitern bei der Feuerwehr	G
Brandbekämpfung	H
Retten, Selbstretten und Sichern in absturzgefährdeten Bereichen	I
Technische Hilfeleistung und Rettung	J
ABC-Einsatz, Umweltschutz und besondere Gefahrenlagen	K
Vorbeugender Brandschutz	L
Die Autoren, Stichwortverzeichnis	M

A	Rechtsgrundlagen und Organisation	
	1	Einführung 13
	2	Rechtsgrundlagen 18
	3	Organisation 35
	4	Sicherheit und Gesundheitsschutz im Feuerwehrdienst 45
B	Naturwissenschaftliche Grundlagen	
	5	Chemische Grundlagen 59
	6	Physikalische Grundlagen 70
	7	Brand- und Löschlehre 76
C	Technische Grundlagen und Einsatztechnik	
	9	Baukunde 105
	10	Normen im Feuerwehrbereich 122
	11	Fahrzeugkunde 125
	12	Pumpen in der Feuerwehr 144
D	Feuerwehrbedarfsplanung	
	13	Persönliche Schutzausrüstung 150
	14	Einsatz der Wärmebildkamera 164
	15	Knoten, Stiche und Bunde 169
	16	Einsatzvorbereitung und Einsatzplanung 179
E	Allgemeine Einsatzlehre	
	17	Grundlagen des Sprechfunks 211
	18	Einsatzdurchführung 218
	19	Gefahren der Einsatzstelle 248
	20	Grundlagen des Einsatzes 276
F	Notfallmedizinische Grundlagen	
	21	Anatomie und grundlegende Funktionen des menschlichen Körpers 289
G	22	Basismaßnahmen zum Erhalt der Vitalfunktionen 309
	Leitern bei der Feuerwehr	
G	23	Tragbare Leitern bei der Feuerwehr 331
	24	Vornahme von tragbaren Leitern 341
	25	Einsätze mit Hubrettungsfahrzeugen 365
	26	Anleiterbereitschaft 395
H	Brandbekämpfung	
	27	Grundtätigkeiten bei der Brandbekämpfung 401
	28	Löscheinsatz nach FwDV 3 420
	29	Brandmeldeanlagen, Löschanlagen und Löschwasseranlagen 457
	30	Gebäudebrände und Innenbrandbekämpfung 482
	31	Atemschutzeinsatz 522
	32	Atemschutznotfälle 568
33	Einsatzstellenbelüftung 585	

34	Löschwasserversorgung und -förderung.....	601
35	Brandeinsätze in besonderen Gebäuden und Objekten.....	636
35.1	Brände von Kraftfahrzeugen.....	636
35.2	Brände von Schienenfahrzeugen	641
35.3	Brände in Hochhäusern	643
35.4	Brände in Tiefgaragen	653
35.5	Brände in Tunnelanlagen.....	657
35.6	Brände auf Binnenschiffen	670
35.7	Brände und Unfälle von Luftfahrzeugen	675
35.8	Brände in Industrieanlagen.....	678
35.9	Brände im Bereich von Biogasanlagen und landwirtschaftlicher Betriebe.....	688
35.10	Brände von Windenergieanlagen	695
35.11	Silobrände.....	699
35.12	Brände im Bereich von Solaranlagen.....	703
35.13	Einsätze im Bereich militärischer Anlagen	711
35.14	Brände in Krankenhäusern	719
35.15	Brände in Laboratorien und Forschungsbereichen	725
35.16	Brände in Versammlungsstätten	733
35.17	Dachstuhlbrände.....	739
35.18	Schornsteinbrände	742
36	Brände von Wald- und Freiflächen	746
37	Löschwasserrückhaltung.....	752
38	Umgang mit kalten Brandstellen, Umweltschutzaspekte bei Einsätzen sowie Brandursachen.....	760

H

Retten, Selbstretten und Sichern in absturzgefährdeten Bereichen

39	Einführung in die Absturzsicherung.....	767
40	Theoretische Grundlagen, Stiche und Knoten	770
41	Halten und Auffangen.....	774
42	Selbstretten.....	793
43	Einfaches Retten aus Höhen und Tiefen	797

I

Technische Hilfeleistung und Rettung

44	Einführung in die Aufgaben, Grundbegriffe, Einsatzgrundsätze	807
45	Grundtätigkeiten der Technischen Hilfeleistung	812
46	Absicherung und Ausleuchten von Einsatzstellen.....	844
47	Menschenrettung ohne und mit einfachen Hilfsmitteln.....	856
48	Technische Rettung nach Verkehrsunfällen.....	866
49	Technische Rettung nach Bauunfällen und Gebäudeeinstürzen.....	906
50	Technische Rettung nach Maschinenunfällen	909
51	Notfall-Türöffnung	930
52	Motorkettensägen	950

J

ABC-Einsatz, Umweltschutz und besondere Gefahrenlagen

53	Herausforderung »ABC-Einsätze«	963
54	Gefährdung durch und Wirkung von ABC-Gefahrstoffen.....	965
55	Klassifizierung und Kennzeichnung von Gefährlichen Stoffen	969

K

K	56	Grundlagen des ABC-Einsatzes	978
	57	Standardablauf eines ABC-Einsatzes.....	981
	58	Erstmaßnahmen im ABC-Einsatz.....	999
	59	Ergänzende (besondere) Maßnahmen beim ABC-Einsatz	1003
	60	Einsatztaktische Handhabung der ABC-Sonderausstattung/Geräte	1029
	61	Messeinsatz	1047
		Bestandteile und Toxizität von Brandrauch	1056
	62	Grenzwerte im ABC-Einsatz.....	1069
	63	Hygiene im Einsatzdienst	1083
	64	Katastrophenschutz: Organisation und Mitwirkung	1087
65	Verhalten bei Terror- und Amoklagen	1089	
L	Grundprinzipien des Vorbeugenden Brandschutzes		
	66	Grundlagen des Vorbeugenden Brandschutzes.....	1095
	67	Brandsicherheitswachdienst	1109
	68	Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen	1113
M	Die Autoren		
		Stichwortverzeichnis	1118
		Stichwortverzeichnis	1124

Benutzerhinweise

Die Inhalte des Ausbildungswerks »Das Feuerwehr-Lehrbuch« richten sich nach dem Lernzielkatalog für den mittleren feuerwehrtechnischen Dienst und den Feuerwehr-Dienstvorschriften. Daher eignet sich das Werk sowohl für die Ausbildung in der Freiwilligen Feuerwehr, abgedeckt durch die Inhalte der Feuerwehr-Dienstvorschriften, als auch für die Ausbildung hauptberuflicher Feuerwehrangehöriger im Rahmen der Laufbahnausbildung.

Obwohl sich »Das Feuerwehr-Lehrbuch« als Werk für die Grundausbildung der genannten Zielgruppen sieht, haben die Herausgeber Inhalte aufgenommen, die zum Blick »über den Tellerrand der Grundausbildung« auch für Feuerwehrangehörige interessant sein können, die ihre Grund- oder Truppführerausbildung absolviert haben – auch wenn es sich teilweise um Wissen der Gruppen- oder Zugführerausbildung handelt. Aber: Der Truppführer ist das Auge des Gruppenführers und sollte auch über Wissen verfügen, das nicht zum Lerninhalt der genannten Lehrgänge gehört.

Um ein schnelles Lernen zu ermöglichen, verfügt »Das Feuerwehr-Lehrbuch« über verschiedene didaktisch-grafische Elemente.

Mittels einer farbigen seitlichen Griffleiste, des Inhaltsverzeichnisses und des Stichwortverzeichnisses lassen sich die gewünschten Inhalte schnell auffinden. Die Griffleiste gliedert »Das Feuerwehr-Lehrbuch« in die entsprechenden Hauptkapitel.

Innerhalb der Kapitel verweist der rote ► Pfeil auf Tabellen, Abbildungen oder andere Kapitel, die weiterführende Informationen enthalten. Wichtige Begriffe, die entsprechend erklärt und/oder definiert werden und nicht durch die Überschrift eingeführt sind, werden im Kapitel durch < **Schlüsselwörter** > dargestellt. Sie sind so schnell aufzufinden.

»Das Feuerwehr-Lehrbuch« soll ein Buch der Praxis sein. Die rechts abgebildeten Kästen bieten zusätzliche Informationen zum Text sowie den Abbildungen und sollen ein strukturiertes Lernen erleichtern, indem die wichtigsten Inhalte schnell erfasst werden können.



Merke:

In diesen Kästen werden Merksätze und wichtige Inhalte zum Merken zusammengefasst, die jeder Feuerwehrangehörige verinnerlicht haben sollte.



Achtung:

In diesen Kästen werden Merksätze und Warnhinweise gegeben, die für die Einsatzpraxis wichtig sind. Die Beachtung verhütet Unfälle und sichert den Einsatzserfolg. In diesem Kasten werden auch Verbote dargestellt.



Praxis-Tipp:

In diesen Kästen werden Tipps und Erfahrungen weitergegeben, die sich in der Praxis als sinnvoll herausgestellt haben und helfen, den Einsatz zu vereinfachen.

INFO

Diese Informations-Kästen weisen auf weitere (externe) Informationsquellen hin, die im Zusammenhang mit den Kapiteln stehen. Weitere Angebote zum »Das Feuerwehr-Lehrbuch« gibt es im Internet unter www.feuerwehr-lehrbuch.de.

IM EINSATZ

Im-Einsatz-Kasten

In diesen Kästen werden bewährte Vorgehensweisen Schritt für Schritt zum Üben und Nachmachen vorgestellt.

A Rechtsgrundlagen und Organisation

1. Einführung	13
2. Rechtsgrundlagen.....	18
3. Organisation	35
4. Sicherheit und Gesundheitsschutz im Feuerwehrdienst	45

1 Einführung

von Jochen Thorns

1.1 Aufgaben der Feuerwehr

»Hilfeleistung bei Schadenfeuern (Bränden), und öffentlichen, durch Naturereignisse, Einstürze oder Unglücksfälle verursachte Notstände sowie die Technische Hilfeleistung zur Rettung von Menschen und Tieren aus lebensbedrohlichen Lagen« – so oder so ähnlich werden in den Feuerwehr- bzw. Brandschutzgesetzen der Länder die Aufgaben der Feuerwehren in Deutschland juristisch beschrieben. Manchmal kommen noch die Brandschutzerziehung oder andere Sonderaufgaben hinzu. Bereits an diesen so genannten Pflicht-Aufgaben der Feuerwehren wird deutlich, dass die Brandbekämpfung, also die »Feuerwehr« im wörtlichen Sinn, oft nur noch einen geringen Teil der Einsätze und Aufgaben einer Feuerwehr ausmacht. Feuerwehr ist heute mehr als nur »Feuer löschen« – die Feuerwehr ist für die Bürger das sprichwörtliche »Mädchen für alles«. Wissen die Menschen in einer scheinbar ausweglosen Lage nicht mehr weiter, wird die Feuerwehr gerufen, die fast immer professionell helfen kann. Dabei spielt die soziale und

die wirtschaftliche Stellung des Hilfebedürftigen oder seine Religion und Herkunft keine Rolle. Diese schnelle und unbürokratische Hilfe wird belohnt: Bereits seit Jahren liegen die Feuerwehrleute in einer Vertrauens-Umfrage des Magazins »Reader's Digest« mit Abstand auf dem ersten Platz: Mehr als 90 Prozent der Deutschen haben ein hohes Vertrauen in die Arbeit und die Fähigkeiten der Feuerwehrangehörigen.

Die Aufgaben der Feuerwehren sind in so genannte Pflicht- und in Kann-Aufgaben unterteilt. Die **< Pflicht-Aufgaben >** sind im jeweiligen Feuerwehrgesetz des Landes in den ersten Paragraphen geregelt. Diese Aufgaben muss jede Feuerwehr bearbeiten können. Wie bereits erwähnt, zählen dazu im Allgemeinen die Bekämpfung von Schadenfeuern, die Rettung von Menschen und Tieren aus lebensbedrohlichen Lagen und die Hilfeleistung bei öffentlichen Notständen. Letztere ist in den jeweiligen Landesgesetzen in der Regel noch spezifiziert. Die **< Kann-Aufgaben >** sind hingegen im Regelungsumfang der jeweiligen Kommune angesiedelt. Sie regelt per Feuerwehrsatzung oder



Bild 1.1 Aufgaben der Feuerwehr

Organisationsanweisung (► Kapitel 16), welche Aufgaben die Feuerwehr in originärer Zuständigkeit zusätzlich zu den Pflicht-Aufgaben noch übernehmen soll. Ein häufiges Beispiel hierbei ist die Beseitigung von Ölverschmutzungen auf Straßen oder die Mitwirkung bzw. Durchführung des Rettungsdienstes. Um die Pflicht- und die Kann-Aufgaben der jeweils eigenen Feuerwehr genau zu kennen, ist ein Blick in die Satzung der eigenen Feuerwehr sowie ein Blick in das jeweilige Landesbrandschutzgesetz notwendig.

1.2 Ansprüche und Erwartungshaltungen

Dem hohen Vertrauen der Bevölkerung in die Fähigkeiten der Feuerwehrangehörigen ist natürlich auch die hohe Erwartungshaltung des Hilfesuchenden bzw. Betroffenen geschuldet: Er erwartet – zu Recht! – eine schnelle, pro-



Bild 1.2 Beispiel für die schadenarme Einsatztaktik: Ein Mobiler Rauchverschluss wird am Schlauchtragekorb mitgeführt und kann so vor dem Eindringen in die Wohnung zur Verhinderung einer unkontrollierten Rauchausbreitung in den Treppenraum schnell montiert werden.

fessionelle und erfolgreiche Hilfe durch das »Unternehmen Feuerwehr«. Dies erfordert eine genaue Einsatzplanung im Vorfeld, sehr gut ausgebildete und fortlaufend geschulte Einsatzkräfte sowie eine hochqualifizierte Einsatzführung, welche die entsprechenden Einsatzmöglichkeiten kennt und in entsprechende Maßnahmen umsetzen kann. Dabei wird deutlich, dass sich die Feuerwehr aus Mannschaft und Gerät zusammensetzt. Einerseits ist modernes, gut gepflegtes und so letztlich einsatzbereites Gerät notwendig. Andererseits muss es aber durch eine umfassend geschulte und zeitnah zur Verfügung stehende Mannschaft zum Einsatz gebracht werden.

1.2.1 Die Feuerwehr als Dienstleister – Verpflichtung zur schadenarmen Einsatztaktik

Die Feuerwehr wird nicht nur als »Mädchen für alles«, sondern vor allem auch als moderner Dienstleister wahrgenommen, der »Sicherheit produziert«. Daraus ergeben sich Ansprüche der Bevölkerung in die Kompetenz, die Schnelligkeit, die fachgerechte erfolgreiche Abwicklung des Einsatzes, die umfassende Beratung und vor allem auch an die Schadenminierung. Der Sachschaden darf nach dem Einsatz nicht größer sein als zuvor – diese Maxime kommt einer Selbstverpflichtung gleich und erfordert eine **< schadenarme Einsatztaktik >** [1]. Darunter wird die Abarbeitung eines Einsatzes verstanden, ohne – bei Anwendung der herkömmlichen Einsatztaktik fast zwangsläufig auftretende – Folgeschäden, wie eine unkontrollierte Rauchausbreitung, zu verursachen. Die schadenarme Einsatztaktik (► Kapitel 30) kann beispielsweise umfassen:

- die Rauchfreihaltung des Treppenraums, wenn dieser noch nicht verraucht ist, durch taktische Ventilation und den Einsatz eines Mobilen Rauchverschlusses,
- die Nutzung eines alternativen Angriffsweges, wenn dadurch eine Rauchausbreitung verhindert werden kann. Beispielsweise könnte ein Kellerbrand durch den Zugang über eine Kelleraußentreppe anstelle über den innenliegenden notwendigen Treppen-



Bild 1.3 Zur Kundenorientierung gehört auch das Business-Continuity-Management. Die Feuerwehr könnte dabei z. B. noch während der Brandbekämpfung Maschinen vor Wasser schützen.

raum bekämpft werden. Gleiches gilt für einen Zimmerbrand, der eventuell über einen Balkon oder das Fenster mittels Leitern der Feuerwehr erreicht und gelöscht werden kann.

- die »besenreine« Einsatzstelle. Es müssen nicht alle Feuerwehrleute durch die Brandwohnung laufen und den Brandschutt mit den Feuerwehrstiefeln im »sauberen« Wohnbereich verteilen, weil »man einmal gucken wollte«.
- Rücksicht auf Besitztümer der Betroffenen. Auch der Angriffstrupp muss nicht wahllos Türen und Fenster einschlagen, wenn dies nicht gezielt erforderlich sein sollte. Genau so können auch Gegenstände, Möbel und Blumen vorsichtig zur Seite geräumt werden, wenn diese den Einsatz behindern.
- Folgeschadensvermeidung beispielsweise durch die Aufnahme von Löschwasser noch während der Löscharbeiten mittels Wassersauger oder die Abdeckung von Gegenständen mit Kunststoffplanen.

Durch die Wahrnehmung der Feuerwehr als moderner Dienstleister muss die Feuerwehr

wie ein Wirtschaftsunternehmen funktionieren, agieren und letztlich sich auch entsprechend präsentieren. Der betroffene Bürger muss als Kunde gesehen werden und nicht nur entsprechend behandelt, sondern insbesondere – soweit möglich – in die Gefahrenabwehr mit eingebunden werden. Durch diese Kundenbeziehung (immerhin zahlt der Betroffene für die »Dienstleistung Feuerwehr« indirekt über Steuern und Abgaben oder direkt über einen Einsatzkostenbescheid) wird zu recht eine hochprofessionelle Arbeit, ein professionelles Auftreten und eine Art »Rundumbetreuung« in einer Krise erwartet – jederzeit und innerhalb weniger Minuten.

Zur Kundenorientierung der Feuerwehr gehört auch das so genannte **< Business-Continuity-Management >**. Darunter wird ein firmeninternes Notfallmanagement verstanden, das nach einem Schadenfall (z. B. einem Brand) Maßnahmen trifft, um die Produktion und die Lieferfähigkeit möglichst uneingeschränkt aufrechtzuerhalten bzw. in kürzester Zeit wieder herzustellen [2]. Teil dieses Notfallmanagements ist auch die Prävention: Die Firma

kann z. B. Maßnahmen des Vorbeugenden Brandschutzes durchführen, um einen Brand möglichst schadlos zu überstehen.

Insbesondere die Feuerwehr (und jeder einzelne Feuerwehrangehörige) kann einen Teil zur Funktionsfähigkeit dieses Notfallmanagements beitragen. So kann im Rahmen von Begehungen und Brandverhütungsschauen auf die Notwendigkeit der Einhaltung der baurechtlichen Brandschutzauflagen hingewiesen werden, die primär dem Unternehmen dienen und im Brandfall vor weitreichenden Schäden bewahren.

Das Business-Continuity-Management basiert auf der gegenseitigen Hilfe: Die Firma kann die Feuerwehr bei der Gefahrenabwehr unterstützen (vorbeugende Maßnahmen, Einsatzplanung, Unterstützungsleistungen durch Haustechniker oder Gabelstaplerfahrer, Versorgung); die Feuerwehr sollte im Sinne der Dienstleistung ebenso die Firma unterstützen. Dies kann beispielsweise durch Einbeziehung eines Firmenvertreters in die Einsatzleitung, die Berücksichtigung von Wünschen und Zielen der Firma (soweit sinnvoll und rechtskonform im Sinne der Gefahrenabwehr), die Abstimmung der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit oder aber auch durch Serviceleistungen wie dem Zur-Verfügungstellen von Geräten oder der Aufnahme von Löschwasser noch während der Löscharbeiten erfolgen. Die Liste ließe sich beliebig erweitern.

1.2.2 Erwartungshaltung an Feuerwehrangehörige

Die Zeiten in denen der Feuerwehrangehörige mit schnell übergeworfener Jacke im Privat-Pkw zum Einsatz eilt, um dann in Jeans zum Innenangriff überzugehen, während gleichzeitig mit drei C- und einem B-Rohr der Zimmerbrand im Außenangriff bekämpft wird, sind (hoffentlich) vorbei. Zur vom Kunden erwarteten Professionalität gehören eine korrekt und vollständig angelegte Schutzkleidung, das Anrücken zur Einsatzstelle im modern und zweckmäßig ausgestatteten Einsatzfahrzeug, eine klare Strukturierung der Einsatzstelle und letztlich ein geordneter Einsatz im Sinne



Achtung:

Trotz Dienstleistungsgedanken sind die Leistungen der Feuerwehr weiterhin begrenzt, insbesondere durch Kostenordnungen der Kommune und allgemeine Gesetze und Verordnungen. Ein Beispiel: Die Aufnahme von Löschwasser mittels Wassersauger nach der Brandbekämpfung ist sicher kundenorientiert, um einen Folgeschaden zu vermeiden. Das gleichzeitige, »besenreine« Ausräumen der kompletten Wohnung geht hingegen über das Ziel hinaus und ist als Einsatz in der Regel kostenpflichtig. Bei den Tätigkeiten ist grundsätzlich der Aspekt der Einsatzkosten und der Kostenerstattungspflicht des Verursachers zu beachten und ggf. durch den Einsatzleiter auch mit dem Verursacher zu klären.

der Schadenminimierung. Eine professionelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit und eine Betreuung sowie Beratung des betroffenen Kunden nach der Gefahrenabwehr runden das Bild einer modernen, zukunftsfähigen Gefahrenabwehrorganisation wie der Feuerwehr ab.

Diese Dienstleistungseinstellung muss jeder einzelne Feuerwehrangehörige »leben«. Diese – für manchen vielleicht neue – Kundenorientierung führt neben den allgemeinen Anforderungen an Feuerwehrangehörige aufgrund der Landesbrandschutzgesetze, Satzungen oder auch laubahnrechtlichen Vorschriften auch zu feuerwehrinternen Erwartungshaltungen wie beispielsweise einer fortlaufenden, eigenständigen und eigenverantwortlichen Aus- und Fortbildung jedes einzelnen Feuerwehrangehörigen, der Erhaltung der eigenen körperlichen Gesundheit und Fitness sowie allgemein der Einsatzfähigkeit.

Dies bedeutet konkret, dass alle Feuerwehrangehörigen selbstverständlich an der angebotenen Aus- und Fortbildung auf Standortebene teilnehmen, sich jedoch auch selbst mittels Fachliteratur, E-Learning, Messen und Seminaren weiterbilden müssen. Ebenso wichtig ist die eigene Erhaltung der Fitness, da Dienst-

sportangebote dazu – insbesondere im ehrenamtlichen Bereich – in der Regel nicht ausreichen. Ebenso wichtig ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Vorsorgeuntersuchungen, wie G 26/3, aus eigenem Antrieb. Und letztlich ist es auch im eigenen Interesse, bei einer Erkrankung nicht zu Einsätzen auszurücken.

1.2.3 Erwartungshaltung des Feuerwehrangehörigen

Wie es eine Erwartungshaltung der »Kunden« der Feuerwehr an die Feuerwehrangehörigen gibt, hat auch der Feuerwehrangehörige Erwartungen an den Feuerwehrdienst.

Selbstverständlich ist, dass der Feuerwehrangehörige Anspruch auf eine attraktive, fachlich korrekte und regelmäßige Aus- und Fortbildung hat. Hier sind die Führungskräfte gefordert, denn Ausbildung ist Führungsaufgabe! Gleiches gilt für den Umgang in der Feuerwehr: Außerhalb des Einsatzes sollte ein kollegiales bzw. kameradschaftliches Miteinander herrschen.

Jeder Feuerwehrangehörige muss vom Träger der Feuerwehr gegen Unfall beim zuständigen Unfallversicherungsträger (z. B. Feuerwehr-Unfallkasse) versichert sein. Zudem hat die Einsatzkraft nach Einsätzen oder Lehrgängen Anspruch auf Lohnfortzahlung.

Dennoch: Fragt nicht jeder (gerade im ehrenamtlichen Bereich) auch nach dem Vorteil, dem »Mehrwert«, den man davon hat? Aufgrund der demografischen Entwicklung wird es in Zukunft für den Träger der Feuerwehr immer wichtiger, Anreize für den Feuerwehrdienst zu schaffen. Dies könnten Aufwandsentschädigungen für Funktionsträger sein, die auch an moderne Stundensätze angepasst sein sollten. Genauso sind aber auch andere Anreizsysteme denkbar, wie beispielsweise eine Feuerwehrrente für alle, die regelmäßig am Einsatz- und Übungsdienst teilnehmen, Geldprämien für die Teilnahme an den Einsätzen, kostenfreie oder ermäßigte Nutzung von kommunalen Einrichtungen (z. B. Schwimmbad, Bibliothek, Verkehrsmittel etc.). Hier gibt es vielfältige Modelle und Varianten. Was letztlich vor Ort realisiert wird, ist Sache des

Trägers der Feuerwehr – viele gute Ideen sind bundesweit bereits umgesetzt worden.

1.3 Verhalten gegenüber Betroffenen

Nach schwierigen Einsätzen, oft mit Toten oder schwer Verletzten, geraten die Einsatzkräfte immer wieder einmal ungerechtfertigt in die Kritik: »Die Feuerwehr ist zu spät gekommen und hat nichts getan!« So oder so ähnlich lauten die Vorwürfe. In der Regel sind diese Vorwürfe objektiv nicht gerechtfertigt, was auch entsprechend aufgrund der Dokumentation des Einsatzes wiederlegt werden kann.

Angehörige von Opfern, aber auch unbeteiligte Dritte (Zeugen, Passanten, Nachbarn), können die Ereignisse offenbar leichter verarbeiten, wenn ein Schuldiger verantwortlich gemacht werden kann. Fehlt die Unglücks-/Brandursache (z. B. aufgrund noch laufender polizeilicher Ermittlungen), müssen die Einsatzkräfte als Sündenböcke herhalten. Das so genannte **<Sündenbock-Phänomen>** tritt besonders bei Ereignissen auf, nach denen sich Menschen mit der Frage auseinandersetzen müssen, ob sie selbst alles richtig gemacht haben (► Kapitel 18.4). Die Einsatzkräfte treffen die Vorwürfe oft hart: Sie gaben ihr Bestes und werden nun angegriffen, dass sie nicht gut genug oder schnell genug gearbeitet hätten. Feuerwehrleute müssen lernen, dass diese Verhaltensweise von emotional Betroffenen normal ist und sie damit nicht persönlich angegriffen werden. Die jetzt – oft in den Medien – entstehende Image- und Vertrauenskrise der Feuerwehr kann in einem solchen Fall nur durch eine gezielte Krisenkommunikation bewältigt werden [3]. Der Pressesprecher und der Leiter der Feuerwehr müssen eingeschaltet werden.

Literatur

- [1] Pulm, M.: Falsche Taktik – Große Schäden, 9. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2021.
- [2] Pulm, M.: »Keeping the wheels in motion« – eine Herausforderung der Feuerwehr, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 5/2008, S. 315 ff.
- [3] Wilke, J.-P.: Wenn Retter zu Tätern gemacht werden, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 7/2008, S. 488 ff.

A

2 Rechtsgrundlagen

von Ralf Fischer

2.1 Rechtsquellen

Wie in allen Bereichen der öffentlichen Daseinsvorsorge und der Behörden mit Sicherheitsaufgaben gibt es auch im Bereich des Feuerschutzes eine Vielzahl relevanter Rechtsvorschriften. Diese unterscheiden sich in

- Gesetze, die vom Bundestag oder dem jeweiligen Landtag erlassen werden. Für den Bereich des Feuerschutzes sind die Bundesländer allein zuständig.
- Rechtsverordnungen (z. B. Werkfeuerwehrevordnungen, Laufbahnverordnungen), die vom Fachministerium aufgrund einer gesetzlichen Ermächtigung erlassen werden. Im Bereich des Feuerschutzes ermächtigen die Brandschutzgesetze der Bundesländer die Innenminister zu Rechtsverordnungen¹.
- Verwaltungsvorschriften, die von der obersten Aufsichtsbehörde erlassen werden, um eine gleichmäßige Anwendung und Auslegung von Gesetzen und Rechtsverordnungen zu erreichen;
- Erlasse als Weisung der obersten Dienstaufsichtsbehörde.

Von großer Bedeutung sind auch Rechtsnormen der Europäischen Union (EU). Die Bundesrepublik Deutschland hat mit Abschluss des Vertrages über die Gründung der Europäischen Gemeinschaft (EG-Vertrag) und weiterer Verträge (zuletzt der Vertrag von Lissabon vom 17.12.2007) sowie des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) von der Möglichkeit des Artikel 23 Grundgesetz (GG), Hoheitsrechte zu übertragen, Gebrauch gemacht. In Art. 288 AEUV (vormals 249 des EG-Vertrages) wird der Europäischen Gemeinschaft das Recht eingeräumt, Verordnungen (z. B. die DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2019/947 DER KOMMISS-

SION vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge (Drohnenverordnung), die Richtlinien (z. B. Richtlinie 2003/88/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. November 2003 über bestimmte Aspekte der Arbeitszeitgestaltung) und Beschlüsse (Beschluss Nr. 1082/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2013 zu schwerwiegenden grenzüberschreitenden Gesundheitsgefahren) zu erlassen

Die Wirkungen europäischen Rechts sind unterschiedlich:

- Die Verordnung ist ein in Artikel 288 AEUV genannter Rechtssetzungsakt. Sie hat allgemeine Geltung und ist in allen ihren Teilen verbindlich und gilt unmittelbar in jedem Mitgliedstaat, ohne dass es einer Umsetzung in nationales Recht bedarf.
- Die EU kann auch Durchführungsverordnungen erlassen. Dabei handelt es sich um Rechtsakte, deren Geltung von der Grundverordnung abhängt. Während die Grundverordnung (wie im deutschem Recht ein Gesetz) wesentliche Bestimmungen enthält, regelt die Durchführungsverordnung die technischen Einzelheiten (wie im deutschem Recht eine Rechtsverordnung).
- Richtlinien, die Gesetzgebungsakte sind, werden in der Regel auf Vorschlag der Kommission vom Rat und vom Europäischen Parlament nach dem ordentlichen oder einem besonderen Gesetzgebungsverfahren erlassen. Die Richtlinie ist für jeden Mitgliedstaat, an den sie gerichtet wird, hinsichtlich des zu erreichenden Ziels verbindlich, überlässt jedoch den innerstaat-

¹ Zum Beispiel: Art. 31 bayFwG; § 49 BbgBKG; § 22 Abs. 2 hamb. FwG; § 69 HBKG; § 32 mvBrSchG; § 36 NBrandSchG; § 56 nrwBHKG; § 43 rlpLBKG; § 54 SBKG; § 33 sa-anhBrSchG; § 42 shBrSchG; § 54 thürBKG.

lichen Stellen die Wahl der Form und der Mittel. Das Inkrafttreten der Richtlinie hat grundsätzlich keine unmittelbare Wirkung auf das innerstaatliche Recht. Sobald sie auf europäischer Ebene angenommen wurde, muss sie allerdings von den Mitgliedstaaten in innerstaatliches Recht umgesetzt werden. Nach Art. 291 Abs. 1 AEUV ergreifen die Mitgliedsstaaten alle zur Durchführung der verbindlichen Rechtsakte der Union erforderlichen Maßnahmen nach innerstaatlichem Recht. Die Richtlinie muss grundsätzlich innerhalb der von den Organen festgesetzten Frist (sechs Monate bis zwei Jahre) umgesetzt werden. Privatpersonen haben unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit, im Falle nicht ordnungsgemäß oder nicht fristgerecht umgesetzter Richtlinien, eine Entschädigung zu erhalten. Ferner hat die Richtlinie dann nach Auffassung des Europäischen Gerichtshofs unmittelbare Wirkung zwischen Bürgern und Staat.

- Beschlüsse sind in allen ihren Teilen verbindlich. Sind sie an bestimmte Adressaten gerichtet, so sind sie nur für diese verbindlich. Wird ein Beschluss durch den Rat und das Parlament im ordentlichen Gesetzgebungsverfahren oder im besonderen Gesetzgebungsverfahren angenommen, so ist er ein Gesetzgebungsakt.
- Die Empfehlungen und Stellungnahmen sind nicht verbindlich.

2.2 Die Feuerwehr als kommunale Einrichtung

Die öffentlichen Feuerwehren sind kommunale Einrichtungen, werden also von den Gemeinden unterhalten. Sie sind weder als Polizei noch als Ordnungsbehörden anzusehen². Eine Ausnahme bildet Berlin³. Die Feuerwehr ist

für die Gefahrenabwehr zuständig, wenn eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit besteht, die mit den speziellen Einsatzmöglichkeiten der Feuerwehr abgewehrt werden kann.

2.3 Verfassungsrechtliche Einordnung

Die Unterhaltung einer Feuerwehr ist seit jeher eine Angelegenheit der örtlichen Gemeinschaft, die als Kernaufgabe den Gemeinden nach Art. 28 Abs. 2 GG nicht entzogen werden, da die Verfassung hier vorschreibt, dass die Gemeinden das Recht haben, Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft im Rahmen der Gesetze in eigener Verantwortung zu lösen. Eine Landes- oder Bundesfeuerwehr anstelle der kommunalen Feuerwehren wäre also verfassungswidrig.

2.4 Aufgaben von Gemeinden, Kreisen und Ländern

2.4.1 Gemeinden

Die Gemeinden müssen die örtlichen Feuerwehren unterhalten, also dafür Sorge tragen, dass diese sachlich und personell ausreichend ausgestattet sind. Ferner hat die Gemeinde ihre Feuerwehr nach den Vorgaben der jeweiligen Landesgesetze zu organisieren und weitere Maßnahmen zur Abwehr von Schadenereignissen (z. B. Sicherstellung einer angemessenen Löschwasserversorgung) zu ergreifen.

2.4.2 Kreise

In der Bundesrepublik gibt es 294 Kreise bzw. Landkreise. Die Kreisordnungen der Länder übertragen den Kreisen die Kompetenz, überörtliche Aufgaben wahrzunehmen. Diese Aufgaben umfassen – gemeindeübergreifend – das gesamte Kreisgebiet. Hierzu gehören nach dem jeweiligen Landesrecht beispielsweise die Einrichtung von Leitstellen für Feuerschutz und Rettungsdienst, die Leitung und die Koordination im Katastrophenschutz und das Vorhalten von Einrichtungen für den Feuerschutz,

² Ausdrücklich betont dies: § 1 Abs. 1 S. 2 bwFwG; § 8 Abs. 3 BremHilfeG; vgl. auch VG Oldenburg (SgEFeu § 4 Nr. 4), OLG Hamm (SgEFeu § 5 Abs. 1 Nr. 1, Nr. 2, § 7 Abs. 2 Nr. 1).

³ § 1 Abs. 2 berlFwG bezeichnet die Berliner Feuerwehr als eine nachgeordnete Ordnungsbehörde.

soweit ein überörtlicher Bedarf besteht (Kreis-schirrmeisterei, Kreisatemschutzwerkstatt etc.)⁴. Außerdem nehmen die Kreise Ausbildungsaufgaben wahr, soweit diese auf örtlicher Ebene nicht geleistet werden können.

Kreisfreie Städte nehmen die zuvor genannten Aufgaben selbst wahr.

Bei kreisangehörigen Gemeinden sind die Landkreise Aufsichtsbehörden im Bereich Feuerschutz.

2.4.3 Länder

Die Innenministerien der Länder sind oberste Aufsichtsbehörden im Bereich des Feuer- und Katastrophenschutzes. Die Länder unterhalten zentrale Ausbildungsstätten, treffen die erforderlichen zentralen Maßnahmen und fördern den Feuerschutz.

2.5 Handeln im Einsatz

Die Feuerwehr handelt bei Eingriffen in die Rechte Dritter rechtmäßig, wenn ihre Anordnungen (Verwaltungsakt) oder ihr tatsächliches Tun (Realakt) allen Anforderungen entsprechen, welche die Rechtsordnung fordert. Es wird unterschieden in formelle Rechtmäßigkeit und materielle Rechtmäßigkeit, die beide vorliegen müssen. Formell rechtmäßig ist das Handeln, wenn

- die Feuerwehr zuständig ist (Zuständigkeit⁵) und



Merke:

Bei Eingriffen in die Rechte Dritter (zum Beispiel Betreten von Wohnungen) ist immer zu prüfen, ob die Feuerwehr zuständig ist und die Maßnahme vom jeweiligen Brand-schutzgesetz erlaubt ist.

- die Verfahrensvorschriften und
- die Formvorschriften beachtet wurden.

Materiell rechtmäßig ist das Handeln, wenn

- eine gesetzliche Ermächtigungsgrundlage⁶ besteht,
- vom Ermessen fehlerfreier Gebrauch⁷ gemacht wird,

- der Grundsatz der Bestimmtheit und
- der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit beachtet wurden.

2.6 Formen des Handelns

Im Einsatz handelt die Feuerwehr zum einen durch tatsächliches Tun, z. B. die Durchführung eines Löschangriffs. Ein solches Handeln nennt man Realakt. Zum anderen ist aber häufig auch eine Anordnung der Feuerwehr, z. B. ein Platzverweis oder die Heranziehung von Personen, erforderlich. Eine solche Anordnung stellt dann einen so genannten Verwaltungsakt (VA) dar.

2.6.1 Realakt

Die Feuerwehr handelt, im Gegensatz zu anderen Behörden, in der Gefahrenabwehr überwiegend durch Realakte und nicht durch Verwaltungsakte. Als Realakt oder schlichtes Verwaltungshandeln bezeichnet man alle Maßnahmen, die nicht auf einen Rechtserfolg (z. B. Gebot oder Verbot), sondern einen tatsächlichen Erfolg (»Feuer aus«) gerichtet sind.

Um Realakte handelt es sich insbesondere auch bei den Fällen der unmittelbaren Ausführung einer Maßnahme, wenn dem Betroffenen wegen der Eilbedürftigkeit nicht zuvor eine Duldungsanordnung bekannt gegeben werden konnte. Es kommt also zu einem Vollzug ohne Verwaltungsakt, dem so genannten Sofortvollzug. Ein Beispiel für einen Realakt und die Abgrenzung zum Verwaltungsakt zeigt der ► Beispielkasten auf der nächsten Seite.

Die unmittelbare Ausführung einer Maßnahme (Sofortvollzug) als Realakt ist von Fällen zu unterscheiden, in denen ein Verwaltungsakt dem Betroffenen bekannt gegeben und wegen der Eilbedürftigkeit sofort vollzogen wird. Es handelt sich dann um den sofortigen Vollzug eines Verwaltungsaktes und nicht um einen Realakt.

⁴ Zum Beispiel: § 4 bwFwG; Art. 2 bayFwG; § 4 BbgBKG; § 4 HBKG; § 4 nrwBHKG.

⁵ Siehe auch: Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Punkt 3.2.1.

⁶ vgl. Fischer, a. a. O., Punkte 3.2.3 bis 3.2.4.6.

⁷ vgl. Fischer, a. a. O., Punkte 3.2.5 bis 3.2.6.3.

BEISPIEL REALAKT

Bei einem Brandeinsatz ordnet der Einsatzleiter das Aufbrechen eines Tores an, um auf dem dahinter liegenden Grundstück Wasser entnehmen zu können. Weder der von dieser Maßnahme betroffene Eigentümer noch eine vertretungsberechtigte Person ist anwesend. Am Tor und dem Grundstück entsteht ein Schaden. Ein Verwaltungsakt auf Duldung der Löschwasserentnahme und des Betretens des Grundstücks liegt wegen fehlender Bekanntgabe an den Betroffenen nicht vor⁸. Ein solcher Verwaltungsakt an den Betroffenen wäre jedoch normalerweise Voraussetzung für den Vollzug. Nur weil er wegen der gesteigerten Eilbedürftigkeit nicht ergehen kann, wird die Maßnahme sofort ausgeführt (Realakt).

BEISPIEL VERWALTUNGSAKT

Beispiel 1: Erwirbt die Feuerwehr an einer Tankstelle Treibstoff, handelt sie wie jeder Bürger privatrechtlich und schließt einen Kaufvertrag nach den § 433 ff. BGB ab. Es handelt sich nicht um einen Verwaltungsakt.

Beispiel 2: Die Feuerwehr zieht bei einem Einsatz zur Unterstützung einen Landwirt mit seinem Traktor mit Seilwinde heran. Der Landwirt wird hier nicht im Rahmen eines Werkvertrages für die Feuerwehr tätig. Denn er darf sich der hoheitlichen Anordnung (VA) des Einsatzleiters tätig zu werden aufgrund der Vorschriften des jeweiligen Brandschutzgesetzes nicht entziehen. Das Rechtsverhältnis zwischen dem Heringezogenen und der Feuerwehr bestimmt sich in einem solchen Fall also ausschließlich nach öffentlichem Recht, sprich dem jeweiligen Brandschutzgesetz des Landes.

2.6.2 Verwaltungsakt

Die Feuerwehr greift im Einsatz durch Anordnungen oder durch tatsächliches Handeln in die Rechte anderer ein. In Betracht kommen Verbote, Gebote und Duldungsgebote. Solche Anordnungen sind grundsätzlich als belastende Verwaltungsakte (VA) zur Gefahrenabwehr anzusehen. Der Verwaltungsakt ist in § 35 VwVfG⁹ definiert. Ein Verwaltungsakt liegt, verkürzt ausgedrückt, immer dann vor, wenn gleichzeitig

- die Feuerwehr einen Einzelfall hoheitlich regelt und
- die Regelung unmittelbare Aussenwirkung hat.

Grundsätzlich handelt die Feuerwehr im Einsatz hoheitlich, wenn sie aufgrund der Brandschutzgesetze der Länder tätig wird, es also um den Vollzug von öffentlich-rechtlichen Vorschriften geht. Keine Verwaltungsakte sind mangels hoheitlicher Regelung hingegen alle privatrechtlichen Rechtsakte, bei denen kein Über-/Unterordnungsverhältnis besteht.

Die Einordnung einer Anordnung als Verwaltungsakt ist von erheblicher rechtlicher Bedeutung. Denn bei einem Verwaltungsakt sind das Verwaltungsverfahrens-, das Verwaltungsvollstreckungs- und das Verwaltungsprozessrecht anzuwenden.

Das Verwaltungsverfahren richtet sich bei Maßnahmen der Feuerwehr nach den Verwaltungsverfahrensgesetzen (VwVfG) der Länder¹⁰. Im Einsatz sind nur wenige Vorschriften

des VwVfG von Bedeutung, da naturgemäß ein »förmliches Verwaltungsverfahren« nicht durchgeführt werden kann.

Von wesentlicher Bedeutung beim Feuerwehreinsatz ist die fehlerunabhängige Rechtswirksamkeit des Verwaltungsaktes. Der Verwaltungsakt wird in dem Moment rechtswirksam, in dem er dem Betroffenen bekannt gegeben wird (§ 43 Abs. 1 VwVfG) und zwar ohne Rücksicht auf seine Rechtmäßigkeit. Der Verwaltungsakt ist somit auch dann verbindlich, wenn er rechtswidrig sein sollte. Im Einsatz kann jedoch eine rechtswidrige Anordnung zu Schadensersatzansprüchen führen.

Nur ein offensichtlich und schwerwiegend rechtswidriger Verwaltungsakt ist von vornherein nichtig und damit auch für den Betroffene

⁸ Hiervon gehen auch § 6 Abs. 2 VwVG (Bund) und § 55 Abs. 2 VwVG (NW) aus. Vereinzelt wird jedoch im sofortigen Vollzug ein konkludenter Verwaltungsakt auf Duldung gesehen.

⁹ § 35 VwVfG: Verwaltungsakt ist jede Verfügung, Entscheidung oder andere hoheitliche Maßnahme, die eine Behörde zur Regelung eines Einzelfalles auf dem Gebiet des öffentlichen Rechts trifft und die auf unmittelbare Rechtswirkung nach außen gerichtet ist. Allgemeinverfügung ist ein Verwaltungsakt, der sich an einem nach allgemeinen Merkmalen bestimmten oder bestimmbar Personenkreis richtet oder die öffentlich-rechtliche Eigenschaft einer Sache oder ihre Benutzung durch die Allgemeinheit betrifft.

¹⁰ Das Verwaltungsverfahrensgesetz des Bundes und die Verwaltungsverfahrensgesetze der Länder sind weitgehend identisch.

nen nicht bindend (§ 44 VwVfG). Immer nichtig sind unter anderem Verwaltungsakte, die

- aus tatsächlichen Gründen niemand ausführen kann,
- die Begehung einer rechtswidrigen Tat verlangen, welche einen Straf- oder Bußgeldtatbestand verwirklicht,
- gegen die guten Sitten verstoßen.

Solche nichtigen Verwaltungsakte werden im Feuerwehreinsatz allerdings sehr selten sein.

Rechtmäßige Anordnungen der Feuerwehr können als Verwaltungsakte von ihr selbst vollstreckt werden. Die Vollstreckung richtet sich nach den Vorschriften der Verwaltungsvollstreckungsgesetze der Länder. Als Zwangsmittel kommen im Einsatz insbesondere die Ersatzvornahme und unmittelbarer Zwang in Betracht (► Abschnitt »Zwangsmittel«).

BEISPIEL VOLLSTRECKUNG VA

Ein Schaulustiger wird aufgefordert, sein behindert abgestelltes Fahrzeug beiseite zu fahren. Als dieser sich weigert, vollstreckt der Einsatzleiter die Anordnung, indem er das Fahrzeug beiseite ziehen lässt (Ersatzvornahme).



Merke:

Die Feuerwehr kann ihre Anordnungen auch zwangsweise nach den jeweiligen Verwaltungsvollstreckungsgesetzen durchsetzen.

2.6.3 Zulässige Maßnahmen im Einsatz

Bevor Maßnahmen und Anordnungen durch die Feuerwehr getroffen werden, sind Zuständigkeit, Ermächtigungsgrundlage für die Maßnahme oder Anordnung zu prüfen. Besteht dann ein Ermessenspielraum ist vom Ermessen fehlerfreier Gebrauch zu machen.

ZUSTÄNDIGKEIT

Die öffentlichen Feuerwehren sind kommunale Einrichtungen. Sie sind weder als Polizei noch als Ordnungsbehörden anzusehen¹¹. Eine Ausnahme bildet insofern Berlin (► Fußnote 3).

Im Rahmen der Gefahrenabwehr obliegt den Feuerwehren die Aufgabe des Brandschutzes und der Technischen Hilfeleistung bei Un-

glücksfällen und öffentlichen Notständen (ggf. auch weitere Aufgaben, z. B. in Hamburg auch der Rettungsdienst)¹². Eine Besonderheit ergibt sich für Baden-Württemberg, wo eine Pflichtaufgabe bei Unglücksfällen und Naturereignissen nur dann vorliegt, wenn diese gleichzeitig einen öffentlichen Notstand darstellen¹³.

Voraussetzung für ein Tätigwerden der Feuerwehr im Einsatz ist eine Gefahr. Der Gefahrenbegriff kommt aus dem Polizeirecht¹⁴. Unter einer konkreten Gefahr ist dabei eine Sachlage zu verstehen, die bei verständiger und fachgerechter Würdigung in naher Zukunft die hinreichende Wahrscheinlichkeit eines Schadeneintritts oder einer Beeinträchtigung der öffentlichen Sicherheit in sich birgt. Dabei ist unter Schaden die objektive Minderung eines vorhandenen normalen Zustandes von Rechtsgütern durch von außen kommende Einflüsse zu verstehen. Diese konkrete Gefahr ist zu unterscheiden von der abstrakten Gefahr, die für sich allein im Einsatzrecht jedoch keine Rolle spielt. Daneben gibt es in einzelnen Gesetzen qualifizierte Gefahrenbegriffe:

- dringende Gefahr: die erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Schadeneintritts;
- unmittelbar drohende Gefahr: zeitlich nahe und erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Schadeneintritts;
- gegenwärtige Gefahr: Definition wie »unmittelbar drohende Gefahr«¹⁵;

¹¹ Ausdrücklich betonen dies § 1 Abs. 1 S. 2 bwFwG; § 8 Abs. 3 BremHilfG; vgl. auch VG Oldenburg (SgEFeu § 4 Nr. 4), OLG Hamm (SgEFeu § 5 Abs. 1 Nr. 1, Nr. 2, § 7 Abs. 2 Nr. 1).

¹² Art. 4 bayFwG; § 3 Abs. 1 berlFwG, §§ 1 Abs. 1, 24 Abs. 1 BbgBKG; § 3 hmbFwG; § 6 HBKG; § 1 Abs. 1 mvBSchG; § 2 Abs. 1 NBrandSchG; § 1 Abs. 1 und § 3 Abs. 1 nrwBHKG; § 8 Abs. 1 rhpFBKG; §§ 1, 7 SBKG; § 16 Abs. 1 sächsBRKG; § 1 sa-anh.BSchHG; § 6 shBrSchG; §§ 2 Abs. 1 Nr. 1, 9 Abs. 1 thürBKG.

¹³ § 2 Abs. 1 bwFwG.

¹⁴ Damit meint das materielle Polizeirecht all jene Tätigkeiten, die inhaltlich dadurch gekennzeichnet sind, dass sie der Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit dienen (vgl. Schenke: Polizei- und Ordnungsrecht § 1 Rdnr. 9 mit Hinweis auf die Begrifflichkeiten z. B. in Baden-Württemberg, Sachsen, Bremen und dem Saarland. Vereinzelt werden die Begriffe auch in Nordrhein-Westfalen im allgemeinen Sprachgebrauch genutzt: »Offenes Licht und Feuer sind feuerschutzpolizeilich verboten«.

¹⁵ Vgl. für die Entsprechung von unmittelbar drohender Gefahr und gegenwärtiger Gefahr BVerwGE 45, 51, 57; OVG Bremen (NVwZ 2001, 221).

- erhebliche Gefahr: Wahrscheinlichkeit des Schadeneintritts bei einem bedeutsamen Rechtsgut, z. B. Leben, Gesundheit, bedeutende Sachwerte;
- gemeine Gefahr: Wahrscheinlichkeit eines Schadens für eine unbestimmte Vielzahl von Personen oder erheblichen Sachwerten oder unüberschaubares Gefahrenpotenzial;
- Gefahr in Verzug: dringende Wahrscheinlichkeit des Schadeneintritts, wenn nicht sofort zur Verhinderung eingegriffen wird oder bei verzögertem Eingreifen die Effektivität der Schadenbekämpfung zumindest in Frage gestellt wird.

Von diesen qualifizierten Gefahrenbegriffen ist die **<Anscheinsgefahr>** zu unterscheiden. Im eigentlichen Sinne besteht bei der Anscheinsgefahr gar keine Gefahr. Eine Anscheinsgefahr ist gegeben, wenn im Zeitpunkt des polizeilichen Einschreitens bei verständiger Würdigung des Sachverhalts objektive Anhaltspunkte für eine Gefahr vorliegen, sich aber nachträglich ergibt, dass ein Schadeneintritt bei einer nachträglichen Betrachtung objektiv nicht zu erwarten gewesen ist¹⁶. Bei Vorliegen einer Anscheinsgefahr ist das Eingreifen grundsätzlich in gleicher Weise gerechtfertigt, als wenn die Gefahr tatsächlich vorgelegen hätte.

Die **<Zuständigkeit>** der Feuerwehren bei der Gefahrenabwehr wird in den Gesetzen der Bundesländer mit unbestimmten Rechtsbegriffen wie

- Vorbeugender Brandschutz (als vorbeugende Gefahrenabwehr),
 - abwehrender Brandschutz (Bekämpfung von Schadenfeuern),
 - Unglücksfälle und
 - öffentliche Notstände/Katastrophen
- definiert. Unbestimmte Rechtsbegriffe sind auszulegen. Dadurch entstehen zum Teil nicht unerhebliche Unsicherheiten im Bereich der Zuständigkeiten.

Unter dem Begriff Brandschutz ist die Verhinderung (Vorbeugender Brandschutz) oder die Bekämpfung (abwehrender Brandschutz) von Schadenfeuern zu verstehen. Zum Teil nutzen die Gesetze auch direkt den Begriff Schadenfeuer¹⁷. Ein **<Schadenfeuer>** wird nach einer älteren Definition des Oberver-

waltungsgerichts Münster als ein selbstständig fortschreitendes, unkontrollierbares Feuer außerhalb einer Feuerstätte definiert, das nicht zum Verbrennen bestimmte oder nicht wertlose Gegenstände vernichtet. Unbestimmte Rechtsbegriffe sind immer im Lichte der Verfassung (des Grundgesetzes) auszulegen. Daher ist die Definition des Oberverwaltungsgerichts Münster für ein Schadenfeuern nicht mehr zeitgemäß und ergänzungsbedürftig: Ein Schadenfeuer liegt auch dann vor, wenn Sachen verbrennen, die vom Berechtigten hierzu bestimmt wurden oder die völlig wertlos sind, wenn die Verbrennung offensichtlich rechtswidrig ist und durch diese mit einem Schaden an Leben und Gesundheit (Art. 2 GG), Eigentum von bedeutendem Wert (Art. 14 GG) oder der Umwelt (Art. 20a GG) gerechnet werden muss¹⁸.

Ein **<Unglücksfall>** ist ein plötzliches Ereignis, von dem eine erhebliche Gefahr für Menschen, Tiere, Sachen oder Umwelt ausgeht¹⁹. Die Feuerwehr ist zuständig, wenn sie durch Technische Hilfeleistung die Gefahr abwehren kann. Beispiele für solche Unglücksfälle sind Verkehrsunfälle, Unfälle in Betrieben, Explosionen, Einstürze sowie das Auslaufen oder Freiwerden gefährlicher Stoffe und Güter. Nach nicht unumstrittener Rechtsprechung soll ein Unglücksfall auch bei einer Straßenverunreinigung (Ölspur) anzunehmen sein, die zu einer Verkehrsgefahr und mithin zu einem Unglücksfall führen kann²⁰.

Ein **<öffentlicher Notstand>** ist anzunehmen, wenn eine erhebliche Gefahr für die

¹⁶ OVG Münster (NJW 1980, 138); Heise: § 15 NRWPolG Rdnr. 25; Rietdorf-Heise-Böckenförde-Strehlau, § 1 OBGRdnr. 13; Hoffmann-Riem, In: Festschrift für Wacke, S. 327 ff. m. w. Nachweisen.

¹⁷ So noch § 1 Abs. 1 FSHG; das aktuelle BHKG verwendet nur noch den Begriff »Brandschutz«. »Abwehrender Brandschutz« meint jedoch immer die Bekämpfung von Schadenfeuern (vgl. auch Schneider: BHKG, 9. Auflage, § 1 Rdnr. 37, W. Kohlhammer GmbH).

¹⁸ Fischer, Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, 4. Auflage, S. 51, 3.2.1.1.2 a; Schneider, Brandschutz-, Hilfeleistungs-, Katastrophenschutzgesetz Nordrhein-Westfalen, § 1 Rdnr. 37, OVG Münster Urt. v. 24.6.2008 – 9 A 3961/06, SgE Feu § 1 I FSHG Nr. 94).

¹⁹ Vgl. z. B. VG Münster (SgEFeu § 1 Abs. 1 Nr. 7, Nr. 15).

²⁰ OVG Münster (9 A 4239/04, Urteil vom 16. Februar 2007); mit deutlicher Kritik: Fischer, In: Der Feuerwehrmann 2007, S. 62.

öffentliche Sicherheit nicht nur für einzelne Personen, sondern für die Allgemeinheit, also eine unbestimmte oder unbestimmbare Anzahl von Personen besteht. Solche Gefahren können sich aus Naturereignissen (Sturm, Hochwasser) ergeben. Aber auch die Störung wichtiger Anlagen kann zu einer von der Feuerwehr zu bekämpfenden Gefahr werden, wenn andere Möglichkeiten, die Gefahr abzuwenden, nicht bestehen und über die reine Störung der Anlage hinaus weitere Schäden für eine unbestimmte oder unbestimmbare Anzahl von Menschen, Tieren, Sachen oder an der Umwelt zu befürchten sind (z. B. eine Störung der Trinkwasserversorgung).

Amtshilfe

Außerhalb ihrer Zuständigkeit leisten die Feuerwehren Amtshilfe bzw. außerhalb der örtlichen Zuständigkeit überörtliche Hilfe.

Die allgemeine Verpflichtung des Bundes und der Länder zu gegenseitiger Rechts- und Amtshilfe ist in Art. 35 GG geregelt. Diese allgemeine Verpflichtung wird durch die §§ 4 bis 8 des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVfG) und die Verwaltungsverfahrensgesetze der Länder in einfaches Recht umgesetzt. Paragraph 4 VwVfG stellt nochmals die allgemeine Amtshilfepflicht fest und definiert den Begriff der Amtshilfe als ergänzende Hilfe einer Behörde für eine andere. Diese Hilfe kann in der Vornahme rechtlicher oder tatsächlicher Handlungen oder einer Kombination beider bestehen.

Ämter einer Gemeinde sind keine Behörden im Sinne des § 1 Abs. 4 VwVfG. Das gilt auch für die Feuerwehr. Dies wiederum bedeutet, dass nicht die Feuerwehr im eigentlichen Sinn Amtshilfe leistet, sondern die Gemeinde.

BEISPIELE AMTSHILFE

Beispiel 1: Die Feuerwehr leuchtet für die Polizei eine polizeiliche Einsatzstelle aus (tatsächliche Handlung).

Beispiel 2: Die Feuerwehr bittet die Polizei um Vollzugshilfe nach einem von der Feuerwehr erteilten Platzverweis. Die Polizei droht dem Störer unmittelbaren Zwang an, worauf dieser dem Platzverweis Folge leistet (rechtliche Handlung).

Um Amtshilfe handelt es sich nach § 4 Abs. 2 VwVfG nicht, wenn sich Behörden innerhalb eines bestehenden Weisungsverhältnisses Hilfe leisten (z. B. Ämter einer Gemeinde untereinander) oder die Hilfeleistung in Handlungen

BEISPIEL KEINE AMTSHILFE

Der Einsatzleiter der Feuerwehr fordert die Polizei zur Verkehrsregelung im Bereich der Einsatzstelle an. Die Polizei wird nicht in Amtshilfe für die Feuerwehr tätig, da sie eine Aufgabe wahrnimmt, die in ihre originäre Zuständigkeit fällt.

BEISPIEL MEHRFACHE ZUSTÄNDIGKEIT

Bei einer größeren Schadenlage kommt es durch Schaulustige zu erheblichen Behinderungen der Einsatzkräfte der Feuerwehr. Erteilt ein Angehöriger der Feuerwehr einen Platzverweis, kann er ihn unter den Voraussetzungen des Verwaltungsvollstreckungsgesetzes des jeweiligen Bundeslandes nach vorheriger Androhung auch im Wege der Verwaltungsvollstreckung zwangsweise durchsetzen. Sieht er sich hierzu nicht in der Lage, kann er die Polizei bei der Vollstreckung um Amtshilfe bitten (so genannte Vollzugshilfe). Unabhängig davon kann aber auch die Polizei einen Platzverweis selbst erlassen und diesen durchsetzen.



Quelle: Archiv R. Fischer

Bild 2.1 Durchsetzung eines Platzverweises im Wege der Amts- bzw. Vollzugshilfe oder als Wahrnehmung einer eigenen polizeilichen Aufgabe (Symbolfoto)



Merke:

Die Gemeinde kann durch die Feuerwehr anderen Behörden Amtshilfe leisten. Die Feuerwehr der Gemeinde kann aber auch andere Behörden um Amtshilfe bzw. Vollzugshilfe ersuchen.

besteht, die der ersuchten Behörde als eigene Aufgabe obliegen.

Bei mehrfacher Zuständigkeit kommt es darauf an, wer die Aufgabe übernommen hat.

Ermächtigungen nach den Brandschutzgesetzen der Bundesländer

Betretungsrecht und Nutzungsrecht

Die Feuerwehr wird durch die Brandschutzgesetze nicht nur zum Betreten des vom Schadeneignis betroffenen Grundstücks, sondern auch der Nachbargrundstücke ermächtigt. Dem Recht zum Betreten des Grundstücks steht das Recht zum Befahren gleich. Die Feuerwehr hat darüber hinaus auch das Recht, Wasservorräte auf den Grundstücken zu nutzen und den Einsatz störende Pflanzen, Sachen oder Gebäude bzw. Gebäudeteile zu entfernen²¹. Die Vorschriften sind als ein zur Gefahrenabwehr weitgehendes Nutzungsrecht auszulegen, das zu einer allgemeinen Duldungspflicht aller geeigneten und erforderlichen einsatzbedingten Maßnahmen führt. Besonderes gilt dies für das Betreten von Wohnungen, da diese unter dem Schutz des Art. 13 GG stehen.

Als Wohnung sind alle Räume einzustufen, die der allgemeinen Zugänglichkeit entzogen sind und dem privaten Leben dienen²². Fremde Wohnungen dürfen von der Feuerwehr gegen den Willen des Berechtigten nur zu Zwecken der unmittelbaren Gefahrenabwehr betreten werden. Die Ermächtigung hierzu ergibt sich aus den Brandschutzgesetzen²³. Das Betretungsrecht gilt nur für die Einsatzkräfte der Feuerwehr und ggf. von ihr zur Schadenbekämpfung herbeigezogene Dritte. Die Feuerwehr ist nicht befugt, anderen Personen den Zutritt ohne die Zustimmung des Berechtigten zu erlauben.

Sperren von Einsatzstellen und Platzverweis

Das Sperren von Einsatzstellen wird bei allen größeren Schadeneignissen im Regelfall erforderlich sein, um einen sicheren und unge störten Einsatzablauf zu ermöglichen. Darüber hinaus dient die Maßnahme dem Schutz Dritter, welche durch das Schadeneignis und das Einsatzgeschehen gefährdet werden können.

In den vergangenen Jahren hat sich insofern die Situation für die Feuerwehr durch eine zunehmende »Gaffermentalität« verschärft. Häufig nutzen dann auch Appelle an die Vernunft nicht mehr. Durch einen Platzverweis wird eine Person von der Einsatzstelle verwiesen oder ihr das Betreten der Einsatzstelle verboten. Leider enthalten trotzdem noch nicht alle Brandschutzgesetze eine eindeutige Ermächtigungsgrundlage für die Feuerwehr. Besteht keine Ermächtigungsgrundlage gegen störende Personen vorzugehen, muss das Eintreffen der Polizei²⁴ abgewartet werden. Führt das Verhalten störender Personen jedoch zu einer unmittelbaren, erheblichen Gefahr, so sind Maßnahmen gegen diese Personen nach § 34 Strafgesetzbuch (StGB) gerechtfertigt, wenn sie in einem angemessenen Verhältnis zur Gefahr stehen. Den Feuerwehrangehörigen droht dann zumindest nicht die Gefahr einer strafrechtlichen Verfolgung aufgrund der Versäumnisse des Gesetzgebers.

Als Einsatzstelle ist der gesamte Bereich zu bezeichnen, der unmittelbar vom Schadeneignis betroffen ist, sowie der Bereich, in dem die Feuerwehr darüber hinaus tätig wird. Damit ist auch eine weiter entfernte Wasserentnahmestelle eine Einsatzstelle der Feuerwehr.

²¹ Baden-Württemberg § 31 FwG; Bayern Art. 23 Abs. 2, Abs. 3 FwG; Berlin § 14 Abs. 1 FwG; Brandenburg § 15 Abs. 1 BbgBKG; Bremen § 4 Abs. 3 BremHilfeG; Hessen § 46 Abs. 1 HBKG; Mecklenburg-Vorpommern § 24 BSchG; Niedersachsen § 30 Abs. 3, Abs. 4 NBSchG; Nordrhein-Westfalen §§ 34 Abs. 1 S. 1, 43 Abs. 1 und 2 BHKG; Rheinland-Pfalz § 28 Abs. 1 BKG; Saarland § 40 Abs. 1 SBKG; Sachsen § 55 Abs. 1 sächsBRKG; Sachsen-Anhalt § 26 Abs. 3, Abs. 4 BSchG; Schleswig-Holstein § 28 Abs. 1, Abs. 2 BSchG; Thüringen § 29 Abs. 1 BKG.

²² Einzelheiten zum Wohnungsbegriff siehe: Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Punkt 3.2.4.3.

²³ § 31 bwFwG; Art. 23 Abs. 2, bayFwG; § 15 Abs. 1 BbgBKG; §§ 4 Abs. 3, 5 Abs. 3 Nr. 1 BremHilfeG, § 46 Abs. 1 HBKG; § 24 mvBrSchG; § 24 Abs. 1 Nr. 3 NBrandSchG; §§ 34 Abs. 1 S. 1, 43 Abs. 2 S. 1 nrwBHKG; § 28 Abs. 1 rlpBKG; § 40 Abs. 1 SBKG; § 19 Abs. 1, Abs. 2 SBSchG; § 26 Abs. 3 Nr. 1 sa-anhBrSHG; § 28 Abs. 1, Abs. 2 shBrSchG; § 29 Abs. 1 thürBKG.

²⁴ Die Polizei ist aufgrund der Polizeigesetze zum Platzverweis befugt; fehlt eine spezielle Ermächtigung, ergibt sich die Befugnis zum Platzverweis aus der polizeilichen Generalklausel, vgl.: Art. 16 bayPAG; § 29 berlASOG; § 31 hamSOG; § 52 mvSOG; § 17 ndsGefAG, § 34, 35 nrwPolG, § 14 rhpfPOG, § 13 saarlPolG, § 22 sächsPolG, § 37 sa-anhSOG; § 201 shLVwG; § 18 thürPAG.

Die Bundesländer haben folgende Regelungen:

- Baden-Württemberg (§ 30 Abs. 3 FwG): Innerhalb ihres Aufgabenbereichs haben der technische Leiter der Feuerwehr oder von ihm beauftragte Personen die Möglichkeit, Anordnungen gegenüber den an der Einsatzstelle anwesenden Personen zu treffen. Dieses umfassende Anordnungsrecht ermöglicht alle Anordnungen, die zur Sicherstellung des Einsatzerfolges erforderlich sind. Es kann durch den Einsatzleiter auch auf andere Personen übertragen.
- Bayern (Art. 25 FwG): In Bayern haben Führungsdienstgrade der Feuerwehr nach § 25 FwG das Recht, Einsatzstellen zu sperren und Personen aus dem Einsatzbereich zu verweisen, solange noch keine Polizei eingetroffen ist. Diese Befugnis können sie im Einzelfall auf Mannschaftsdienstgrade übertragen.
- Berlin: Die Berliner Feuerwehr ist eine nachgeordnete Ordnungsbehörde und besitzt damit die den Ordnungsbehörden nach dem Allgemeines Sicherheits- und Ordnungsgesetz erteilten Befugnisse (§ 1 Abs. 2 berlFwG; § 2 Abs. 2 berlASOG). Die Berliner Feuerwehr kann bei einem eigenem Einsatz im Rahmen einer Hilfszuständigkeit alle Maßnahmen nach dem ASOG ergreifen, um eine Gefahr abzuwehren. Voraussetzung ist, dass die Gefahrenabwehr durch eine andere Behörde nicht oder nicht rechtzeitig möglich erscheint (§ 3 berlASOG). Damit besteht insbesondere auch die Befugnis zum Platzverweis nach § 29 Abs. 1 berlASOG.
- Brandenburg: Nach § 9 Abs. 4 BbgBKG ist die Einsatzleitung befugt, die notwendigen Sicherungsmaßnahmen zu treffen, um an der Einsatzstelle ungehindert tätig sein zu können.
- Bremen (§ 4 Abs. 3 BremHilfeG): Gemäß § 4 Abs. 3 BremHilfeG kann die Feuerwehr Räumungs-, Sicherungs- und Absperrmaßnahmen anordnen, um es den Einsatzkräften zu ermöglichen, am Schadenort ungehindert tätig sein oder von dort ausgehende Gefahren abzuwehren zu können. Ist die Polizei vor Ort bereits tätig, sind die Maßnahmen nur nach Abstimmung mit dem Einsatzleiter der Polizei zu treffen (§ 3 Abs. 2 BremHilfeG).
- Hamburg (§ 25 FwG): § 25 Abs. 1 FwG enthält eine allgemeine Verpflichtung für unbeteiligte Personen, sich so zu verhalten, dass sie den Einsatz nicht behindern. Nach § 25 Abs. 2 FwG kann die zuständige Behörde, die im Regelfall durch den Einsatzleiter der Feuerwehr vertreten wird, Personen vom Einsatzort, dessen Umgebung und dessen Zugangs- und Zufahrtswegen verweisen oder, wenn sie sich dort noch nicht aufhalten, ihnen das Betreten untersagen.
- Hessen: In Hessen kann der Einsatzleiter nach § 42 Abs. 2 HBKG die notwendigen Sicherungsmaßnahmen treffen, um an der Einsatzstelle ungehindert tätig zu werden (vgl. wie Baden-Württemberg).
- Mecklenburg-Vorpommern: Nach § 7 Abs. 6 BrSchG sind die Feuerwehren berechtigt, die notwendigen Sicherungsmaßnahmen zu treffen, um an der Einsatzstelle ungehindert tätig sein zu können, soweit die Ordnungsbehörde oder die Polizei entsprechende Maßnahmen nicht getroffen hat (vgl. wie Baden-Württemberg). Die Räumung von betroffenen und angrenzenden Grundstücken und Gebäuden kann nach § 24 BrSchG von Eigentümern und Besitzern verlangt werden. Darüber hinaus ist nach § 22 BrSchG ist jeder verpflichtet, sich so zu verhalten, dass Brände schnell bekämpft werden können. Diese Verpflichtung sollte auch für andere Unglücksfälle bestehen.
- Niedersachsen: Der Einsatzleiter der Feuerwehr kann nach § 24 Abs. 1 Nr. 1 NBrandSchG alle Sicherungsmaßnahmen anordnen, die geeignet und erforderlich sind, um am Einsatzort ungehindert tätig zu werden (vgl. wie Baden-Württemberg).
- Nordrhein-Westfalen: Durch das aktuelle BHKG steht der Feuerwehr nur noch ein subsidiäres Recht zum Platzverweis zu. Das heißt, die Einsatzleitung kann solche Anordnungen nur erlassen, soweit die Polizei oder andere Stellen nicht in der Lage sind, in eigener Zuständigkeit entsprechende

Maßnahmen zu treffen. Nach § 34 Abs. 2 BHKG ist die Einsatzleitung befugt, soweit dies zur Abwehr von Gefahren im Hilfeleistungs- oder Brandeinsatz erforderlich ist, das Betreten des Einsatzgebietes oder einzelner Einsatzbereiche zu verbieten, Personen von dort zu verweisen, das Einsatzgebiet oder einzelne Einsatzbereiche zu sperren und räumen zu lassen. Nach Abs. 5 stehen die Befugnisse nach Absatz 2 den von der Einsatzleitung beauftragten Personen zu, soweit die Einsatzleitung die Maßnahmen nicht selbst veranlassen kann.

- Rheinland-Pfalz: Nach § 26 Abs. 1 S. 3 BKG ist der Einsatzleiter befugt, die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen durchzuführen, soweit diese nicht von der Polizei oder anderen zuständigen Stellen getroffen werden (vgl. wie Bayern).
- Saarland: Nach § 27 Abs. 1 Satz 2 SBKG kann der Einsatzleiter Personen der Einsatzstelle verweisen oder ihnen das Betreten verbieten, soweit die Polizei noch nicht zur Verfügung steht (vgl. wie Bayern).
- Sachsen: In Sachsen ermächtigt § 58 Abs. 1 SächsBRKG Feuerwehr, Rettungsdienst und Katastrophenschutz zur Räumung und Sperrung eines Einsatz- oder Katastrophengebietes.
- Sachsen-Anhalt: Der Einsatzleiter der Feuerwehr ist nach § 25 BSchHG befugt, Sicherungsmaßnahmen zu ergreifen, um am Einsatzort ungehindert tätig zu sein (vgl. wie Baden-Württemberg).
- Schleswig-Holstein: Die Feuerwehren sind nach § 20 BrSchG berechtigt, die geeigneten und notwendigen Maßnahmen zu treffen, um an der Einsatzstelle ungehindert tätig sein zu können (vgl. wie Baden-Württemberg).
- Thüringen: Nach § 24 Abs. 4 BKG ist der Einsatzleiter befugt, die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen zu treffen, um am Gefahren- oder Schadenort ungehindert tätig sein zu können, soweit diese nicht von der Polizei oder anderen zuständigen Stellen getroffen werden. Insbesondere kann er das Betreten des Gefahren- oder Schadenortes verbieten, Personen von dort verweisen und

den Gefahren- oder Schadenort sperren und räumen.

Heranziehung

Die Ermächtigungsgrundlage für die Heranziehung von Personen findet sich in den Brandschutzgesetzen²⁵, in denen teilweise weitere Voraussetzungen²⁶ normiert sind. Unter Berücksichtigung allgemeiner Ermessenserwägungen ist eine Heranziehung nur unter folgenden Bedingungen zulässig:

- Die Heranziehung muss der Abwehr einer gegenwärtigen erheblichen Gefahr dienen;
- Maßnahmen gegen den Störer oder den Zustandsstörer (die Gefahr geht nicht von ihm persönlich, sondern von seinem Eigentum oder Besitz aus) sind zur Gefahrenabwehr nicht geeignet;
- Die Gefahr kann von der Feuerwehr nicht durch eigene Kräfte, Beauftragte oder durch andere Behörden rechtzeitig abgewehrt werden;
- Der herangezogenen Person ist die Hilfeleistung ohne erhebliche eigene Gefährdung und ohne Verletzung höherwertiger Pflichten zumutbar;
- Von mehren gleich geeigneten sind diejenigen heranzuziehen, die dadurch am wenigsten beeinträchtigt werden (Auswahlmessen).

Ermessen

Wesentliches Kriterium fehlerfreier Ermessensausübung ist die Beachtung des **<Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit>**. Die Verhältnismäßigkeit ist gewahrt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

²⁵ §§ 30, 31 bwFwG; Art. 23 Abs. 1 bayFwG; § 13 BbgBKG; §§ 5 BremHilfeG; § 49 Abs. 1 HBKG; §§ 22, 23 Abs. 2 S. 2, 27 Abs. 1 mv BrSchG; § 24 Abs. 1 Nr. 5 NBrandSchG; § 34 Abs. 2, 43, Abs. 1 nrwBHKG i. V. m. § 19 OBG; § 27 rlpBKG; § 39 SBKG; § 54 Abs. 1, 2 sächsBRKG; § 26 Abs. 1 sa-anhBrSchHG; § 25 Abs. 1, Abs. 2 shBrSchG; § 28 Abs. 1 thürBKG.

²⁶ Bayern: bis zu drei Tage; Brandenburg und Hessen: nach Vollendung des 18. Lebensjahres; Niedersachsen: mindestens 18, aber noch nicht über 55 Jahre alt; Rheinland-Pfalz: über 18 Jahre alt; Saarland: nach Vollendung des 18. Lebensjahres; Sachsen: über 16 Jahre, unter 18 Jahre jedoch nur außerhalb der Gefahrenzone; Sachsen-Anhalt: mindestens das 18., aber noch nicht das 55. Lebensjahr vollendet; Schleswig-Holstein: Vollendung des 16. Lebensjahres; Thüringen: Vollendung des 18. Lebensjahres.

- A
- Die beabsichtigte Maßnahme muss zur Abwehr der erkannten Gefahr geeignet sein (Geeignetheit);
 - Von mehreren geeigneten Maßnahmen ist diejenige zu ergreifen, die den Einzelnen und die Allgemeinheit am wenigsten beeinträchtigt (Erforderlichkeit)²⁷,
 - Es dürfen nur Maßnahmen getroffen werden, die nicht zu einem Schaden führen, der zu der beabsichtigten Gefahrenabwehr erkennbar außer Verhältnis steht (Verhältnismäßigkeit im engeren Sinne)²⁸.

Zwangsmittel

Es gibt unterschiedliche Arten von Zwangsmitteln, die in den Verwaltungsvollstreckungsgesetzen der Bundesländer aufgeführt sind. Es sind dies

- Ersatzvornahme,
- Zwangsgeld und Ersatzzwangshaft,
- unmittelbarer Zwang.

Für die Feuerwehr im Einsatz kommen wegen der Eilbedürftigkeit grundsätzlich nur Ersatzvornahme und unmittelbarer Zwang in Betracht.

Als **<Ersatzvornahme>** bezeichnet man die Durchführung der angeordneten Handlung durch die Behörde anstelle des Verpflichteten.

<Unmittelbarer Zwang> ist die Einwirkung auf Personen oder Sachen durch körperliche Gewalt, ihre Hilfsmittel und Waffen.

Bevor ein Zwangsmittel angewandt wird, ist dem Betroffenen nochmals die Möglichkeit zu gewähren, freiwillig der Anordnung nachzukommen. Dazu dient die Androhung. Sie ist zwingende Voraussetzung bei der Anwendung von Zwangsmitteln.

2.7 Die Fahrt zur Einsatzstelle

Die Straßenverkehrsordnung (StVO) befreit die Feuerwehr bei Einsatzfahrten²⁹ unter bestimmten Voraussetzungen von der Einhaltung der Vorschriften der StVO. Gegen andere Vorschriften (z. B. Straßenverkehrszulassungsordnung [StVZO], Strafgesetzbuch [StGB]) darf nicht verstoßen werden; dies kann allerdings unter Umständen gemäß der §§ 34 StGB, 16 OWiG, 70 Abs. 4 StVZO³⁰, 74 Abs. 5

FeV gerechtfertigt sein. Die Sonderrechte für die Fahrt zur Einsatzstelle sind ausschließlich in § 35 StVO geregelt. Die Vorschrift des § 38 StVO (Vorschriftentexte ► Bilder 2.2 und 2.3) gewährt hingegen keine Sonderrechte, sondern regelt lediglich die Benutzung von blauem Blinklicht und Einsatzhorn. Im Übrigen richtet sich § 38 StVO mit dem Gebot, freie Bahn zu schaffen, an andere Verkehrsteilnehmer.

Von Sonderrechten gemäß § 35 StVO kann also unabhängig vom Einschalten des blauen Blinklichts und des Einsatzhorns Gebrauch gemacht werden. Grundsätzlich empfiehlt es sich jedoch, bei Einsatzfahrten zur Warnung zumindest blaues Blinklicht einzuschalten. Blaues Blinklicht kann seit der Änderung der StVO im Jahr 1992³¹ bei Einsatzfahrten sinnvollerweise auch allein, also ohne gleichzeitigen Betrieb des Einsatzhorns, benutzt werden.

Wenn die Straße nicht übersichtlich und frei ist, ist bei der Inanspruchnahme von Sonderrechten, insbesondere beim Überholen und beim Abweichen von Vorfahrtsregelungen, nach wie vor rechtzeitig (!) blaues Blinklicht zusammen mit dem Einsatzhorn zu verwenden, um die Inanspruchnahme von Sonderrechten an andere Verkehrsteilnehmer kundzutun. Diese sind dann nach § 38 Abs. 2 StVO verpflichtet, sofort freie Bahn zu schaffen. Erlaubt ist die gemeinsame Verwendung von blauem Blinklicht und Einsatzhorn nur, wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden oder eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit

²⁷ vgl. Art. 25 Abs. 1 bayFwG.

²⁸ vgl. z. B. Art. 25 Abs. 2 bayFwG; § 15 Abs. 3 BbgBKG; § 46 Abs. 3 HBKG; § 24 S. 4 mvBrSchG.

²⁹ Ausführlich in Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Kapitel 6.

³⁰ § 70, Abs. 4 StVO: Die Bundeswehr, die Polizei, die Bundespolizei, die Feuerwehr und die anderen Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzes sowie der Zolldienst sind von den Vorschriften dieser Verordnung befreit, soweit dies zur Erfüllung hoheitlicher Aufgaben unter gebührender Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung dringend geboten ist. Abweichungen von den Vorschriften über die Ausrüstung mit Kennleuchten, über Warneinrichtungen mit einer Folge von Klängen verschiedener Grundfrequenz (Einsatzhorn) und über Sirenen sind nicht zulässig.

³¹ Durch Verordnung vom 19. März 1992 (BGBl. I S. 678) wurde dem Bedürfnis der Praxis Rechnung getragen und in Absatz 2 das Wort »Einsatzfahrten« eingefügt.

§ 35

Sonderrechte

(1) Von den Vorschriften dieser Verordnung sind die Bundeswehr, die Bundespolizei, die Feuerwehr, der Katastrophenschutz, die Polizei und der Zolldienst befreit, soweit das zur Erfüllung hoheitlicher Aufgaben dringend geboten ist. [...]

(2) Dagegen bedürfen diese Organisationen auch unter den Voraussetzungen des Abs. 1 der Erlaubnis, wenn sie mehr als 30 Kraftfahrzeuge im geschlossenen Verband (§ 27) fahren lassen wollen. [...]

(4) Die Beschränkungen der Sonderrechte durch Abs. 2 und 3 gelten nicht bei Einsätzen anlässlich von Unglücksfällen, Katastrophen und Störungen der öffentlichen Sicherheit oder Ordnung sowie in den Fällen der Art. 91 und 87a Abs. 4 des Grundgesetzes sowie im Verteidigungsfall und im Spannungsfall. [...]

(5a) Fahrzeuge des Rettungsdienstes sind von den Vorschriften dieser Verordnung befreit, wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden. [...]

(8) Die Sonderrechte dürfen nur unter gebührender Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ausgeübt werden. [...]

Bild 2.2 Text des § 35 StVO (Auszug)

§ 38

Blaues Blinklicht und gelbes Blinklicht

(1) Blaues Blinklicht zusammen mit dem Einsatzhorn darf nur verwendet werden, wenn höchste Eile geboten ist, um Menschenleben zu retten oder schwere gesundheitliche Schäden abzuwenden, eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung abzuwenden, flüchtige Personen zu verfolgen oder bedeutende Sachwerte zu erhalten. Es ordnet an: »Alle übrigen Verkehrsteilnehmer haben sofort freie Bahn zu schaffen«.

(2) Blaues Blinklicht allein darf nur von den damit ausgerüsteten Fahrzeugen und nur zur Warnung an Unfall- oder sonstigen Einsatzstellen, bei Einsatzfahrten oder bei der Begleitung von Fahrzeugen oder von geschlossenen Verbänden verwendet werden.

(3) Gelbes Blinklicht warnt vor Gefahren. Es kann ortsfest oder von Fahrzeugen aus verwendet werden. Die Verwendung von Fahrzeugen aus ist nur zulässig, um vor Arbeits- oder Unfallstellen, vor ungewöhnlich langsam fahrenden Fahrzeugen oder vor Fahrzeugen mit ungewöhnlicher Breite oder Länge oder mit ungewöhnlich breiter oder langer Ladung zu warnen.

Bild 2.3 Text des § 38 StVO



Merke:

Gerade beim Überfahren von Lichtzeichenanlagen, die »Rot« zeigen, ist nach der Rechtsprechung höchste Sorgfalt geboten, ggf. ist auf Schrittgeschwindigkeit abzubremsen. Sonderrechte sind eben kein Freibrief!



oder Ordnung abzuwenden oder bedeutende Sachwerte zu erhalten³².

Ausnahmslos ist zu beachten, dass nach § 35 Abs. 8 StVO Sonderrechte grundsätzlich nur unter Berücksichtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung ausgeübt werden dürfen. Dies hat Schneider in hervorragender Weise wie folgt auf den Punkt gebracht³³: »Die Verkehrssicherheit hat Vorrang gegenüber dem Interesse an raschem Vorwärtskommen. Sicherheit geht vor Schnelligkeit. Je größer die Abweichung von den allgemeinen Verkehrsvorschriften ist, umso größer ist die Pflicht zur Rücksichtnahme auf das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer. Andere Verkehrsteilnehmer dürfen nicht deswegen konkret gefährdet oder gar geschädigt werden, weil anderen Menschen geholfen werden soll. Gerade bei der Inanspruchnahme von Sonderrechten darf nicht »auf gut Glück« gefahren werden. Je bedeutsamer und dringlicher der Einsatz ist, desto eher ist eine Herabsetzung der sonst im Verkehr erforderlichen Sorgfalt vertretbar.«

³² Die mißbräuchliche Verwendung von Sondersignalen ist ebenso bußgeldbewehrt wie der Verstoß gegen die Pflicht, sofort freie Bahn zu schaffen (§§ 24 StVG, 49 Abs. 3 Ziff. 3 StVO). Der Bußgeldkatalog sieht eine Geldbuße vor.

³³ Siehe auch: Schneider, K.: Feuerwehr im Straßenverkehr, Die Roten Hefte 23, 2. Auflage, Punkt: 1.5.2 (vergriffen).

Insbesondere die Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist mit hohen Risiken und häufig geringem Zeitgewinn verbunden.

Wer unter den Voraussetzungen des § 35 StVO von Sonderrechten Gebrauch macht, kann nicht wegen eines Verstoßes gegen die Vorschriften der StVO mit einem Verwarnungsgeld oder Bußgeld belegt werden. Die missbräuchliche Verwendung von Sondersignal und Sonderrechten ist hingegen ebenso wie ein Verstoß gegen § 38 Abs. 8 StVO bußgeldbewährt.

Etwas systemwidrig regelt seit Oktober 2017 nunmehr § 35 Abs. 9 StVO die Nutzung von BOS-Funkgeräten, wenn kein Fall der Inanspruchnahme von Sonderrechten gegeben ist. Wer ohne Beifahrer ein Einsatzfahrzeug der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) führt und zur Nutzung des BOS-Funks berechtigt ist, darf unbeschadet der Absätze 1 und 5a abweichend von § 23 Absatz 1a StVO ein Funkgerät oder das Handteil eines Funkgerätes aufnehmen und halten. Die Vorschrift befreit also auch dann von dem Verbot des § 23 Abs. 1a StVO³⁴, wenn die Voraussetzungen für Sonderrechte nach § 35 Abs. 1 und Abs. 5a StVO nicht vorliegen. Handelt es sich hingegen um eine Sonderrechtsfahrt, besteht auch eine Befreiung von § 23 StVO.

³⁴ Absatz 1a lautet: Wer ein Fahrzeug führt, darf ein elektronisches Gerät, das der Kommunikation, Information oder Organisation dient oder zu dienen bestimmt ist, nur benutzen, wenn 1. hierfür das Gerät weder aufgenommen noch gehalten wird und 2. entweder a) nur eine Sprachsteuerung und Vorlesefunktion genutzt wird oder b) zur Bedienung und Nutzung des Gerätes nur eine kurze, den Straßen-, Verkehrs-, Sicht- und Wetterverhältnissen angepasste Blickwendung zum Gerät bei gleichzeitig entsprechender Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen erfolgt oder erforderlich ist.

³⁵ Ausführlich in Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Kapitel 8.2.

³⁶ § 839 Abs. 1 BGB: Verletzt ein Beamter vorsätzlich oder fahrlässig die ihm einem Dritten gegenüber obliegende Amtspflicht, so hat er dem Dritten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen. Fällt dem Beamten nur Fahrlässigkeit zur Last, so kann er nur dann in Anspruch genommen werden, wenn der Verletzte nicht auf andere Weise Ersatz zu erlangen vermag.

³⁷ Zum Beispiel Ansprüche aus § 823 BGB oder § 18 StVG (Fahrerhaftung – dazu vgl. Schneider, K.: Feuerwehr im Straßenverkehr, Punkt 5.2.1 mit Rechtssprechungsnachweis).

2.8 Amtshaftung und Regress

2.8.1 Amtshaftung

Eine persönliche Haftung Feuerwehrangehöriger für Schäden, die im Einsatz verursacht werden, besteht im Grundsatz nicht. Denn es gelten die Grundsätze der Amtshaftung³⁵.

Die Amtshaftung ist in § 839 BGB³⁶ geregelt, die bei Vorliegen der Voraussetzungen zunächst zu einer Haftung des Beamten führt. Die Haftung wird ausgelöst, wenn eine vorsätzliche oder fahrlässige Verletzung einer Amtspflicht ursächlich für einen Schaden ist.

Allgemeine Amtspflichten eines Feuerwehrangehörigen sind u. a:

- die Pflicht zur Beachtung der Dienstvorschriften und Gesetze,
- die Verschwiegenheitspflicht und
- die Pflicht niemanden rechtswidrig zu schädigen.

Zu den besonderen Amtspflichten eines Feuerwehrangehörigen im Einsatz gehört unter anderem die Pflicht, bei Bränden und Unglücksfällen schnell und wirkungsvoll Hilfe unter Berücksichtigung aller feuerwehrtechnischen und -taktischen Grundsätze zu leisten.

Obwohl § 839 Abs. 1 BGB von Beamten spricht, bezieht sich die Haftung auch auf Angehörige der Freiwilligen Feuerwehr. Der Begriff des Beamten ist im Haftungsrecht weit auszulegen. Darunter fallen alle, die hoheitlich handeln, also auch Angestellte, Arbeiter oder ehrenamtliche Mitarbeiter im öffentlichen Dienst.

Die durch § 839 Abs. 1 BGB begründete Eigenhaftung wird durch Art. 34 GG bei der Feuerwehr auf die Gemeinde übergeleitet. Die Gemeinde haftet nicht neben, sondern anstelle des Feuerwehrangehörigen. Die persönliche Haftung des Feuerwehrangehörigen nach anderen Vorschriften wird bei der Amtshaftung verdrängt³⁷. Gehaftet wird auch für das Verschulden herangezogener Dritter, so genannter Verwaltungshelfer (zum Beispiel Hilfsorganisationen).

Soweit durch die Feuerwehr Schäden verursacht werden, die auf ein rechtmäßiges Handeln zurückgehen, etwa durch Heranziehung Dritter, besteht bereits mangels Amtspflicht-

verletzung kein Anspruch. Für solche rechtmäßigen »enteignungsgleichen« Eingriffe gibt es in den Brandschutzgesetzen besondere Entschädigungsregelungen³⁸.

2.8.2 Regress

Liegt bei dem Feuerwehrangehörigen Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vor, gibt Art. 34 GG der Gemeinde jedoch die Möglichkeit, bei dem Feuerwehrangehörigen Rückgriff zu nehmen. Dieser muss der Gemeinde dann sämtliche von ihr erbrachten Schadensersatzleistungen erstatten. Für Beamte des feuerwehrtechnischen Dienstes ergeben sich Einzelheiten aus den Beamtenengesetzen der Länder (vgl. § 47 Beamtenstatusgesetz – BeamStG). Für ehrenamtliche Feuerwehrangehörige enthalten die Brandschutzgesetze der Länder zum Teil abweichende Regelungen, die für die Frage, ob Regress genommen wird, Ermessen eröffnen. (vgl. beispielsweise § 21 Abs. 4 S. 2 nrwBHKG).

2.9 Strafrechtliche Verantwortlichkeit

Von der zivilrechtlichen Haftung ist die strafrechtliche Haftung³⁹ zu unterscheiden. Diese trifft Feuerwehrangehörige wie in anderen Lebensbereichen auch, gleich, ob sie ehrenamtlich oder beruflich tätig sind. Feuerwehrangehörige im Einsatz laufen normalerweise allenfalls Gefahr, eine fahrlässige Straftat oder Ordnungswidrigkeit, insbesondere im Straßenverkehr, zu begehen. Eine Versicherung oder Absicherung gegen eine Strafverfolgung gibt es nicht. Allerdings sind Verurteilungen wegen fahrlässigen Straftaten sehr selten und nur bei schwerwiegenden Folgen zu befürchten⁴⁰.

2.10 Dienst- und Arbeitsrecht

2.10.1 Ehrenamtliche Mitglieder der Freiwilligen Feuerwehr

Zahlenmäßig den größten Teil der bei der Feuerwehr tätigen Einsatzkräfte stellen die ehrenamtlichen⁴¹ Angehörigen der Freiwilligen Feu-

erwehr. Diese üben ihren Dienst freiwillig und unentgeltlich aus.

Die ehrenamtliche Tätigkeit bei der Feuerwehr ist die Ausübung eines öffentlichen Amtes im Sinne von Art. 33 GG⁴². Die ehrenamtlichen Angehörigen der Freiwilligen Feuerwehr stehen damit in einem öffentlich-rechtlichem Dienst- bzw. Sonderverhältnis besonderer Art zu ihrer Gemeinde, welches durch die Brandschutzgesetze der Bundesländer geregelt wird⁴³. Damit stellen Aufnahme, Beförderung und Entlassung aus der Freiwilligen Feuerwehr Verwaltungsakte dar, die auf ihre Rechtmäßigkeit durch Verwaltungsgerichte überprüfbar sind. Einzelheiten über Aufnahme, Beförderung, Funktion und Entlassung ist zum Teil in Verordnungen geregelt. Solange jemand ehrenamtliches Mitglied der Freiwilligen Feuerwehr ist, hat er Dienst- und Gehorsamspflichten. Die Gemeinde hat gegenüber dem ehrenamtlichen Angehörigen der Feuerwehr Fürsorge- und Ersatzpflichten. Soweit Führungskräfte zu Ehrenbeamten ernannt werden, gelten für sie die Landesbeamtenengesetze.

2.10.2 Dienstverpflichtete

Aufgrund der Bedeutung der Feuerwehr für die öffentliche Sicherheit besteht nach den meisten Brandschutzgesetzen die Möglich-

³⁸ §§ 30 Abs. 4 S. 2, 31 Abs. 2 S. 2 bwFwG; Art. 27 bayFwG; § 15 berlFwG; § 47 BbgBKG; § 55 BremHilfeG; § 50 HBKG; § 27 mvBrSchG; § 35 NBrandSchG; § 45 nrwBHKG; § 30 rlpLBKG; § 41 SBKG; § 27 sa-anh.BrSchG; § 60 sächs-BRKG; § 33 shBrSchG; § 43 ThürBKG.

³⁹ Ausführlich in Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Kapitel 8.1 ff.

⁴⁰ Zum Beispiel fahrlässige Tötung im Straßenverkehr durch grob verkehrswidriges Verhalten, auch wenn Sonderrechte grundsätzlich zur Verfügung standen, wie beim Überfahren einer Rotlicht zeigenden Lichtzeichenanlage mit hoher Geschwindigkeit.

⁴¹ so Verwaltungsgericht Stuttgart (SgE Feu § 9 Abs. 1 FSHG Nr. 26).

⁴² §§ 7, 10, 12 bwFwG; Art. 6 BayFwG; §§ 6 bis 10 BerlFwG; § 27 BbgBKG; §§ 13 bis 17 BremHilfeG; §§ 10 bis 17 hambFwG; §§ 10, 11 HBKG; §§ 10, 11 mvBrSchG; §§ 9, 20 BHKG; § 12 NBrandSchG; §§ 10, 12, 13 rplLBKG; § 11 SBKG; §§ 18, 61 bis 63 sächsBRKG; §§ 9, 10 sachs-anBrSchG; §§ 9, 10 shBSchG; § 14 thürBKG.

⁴³ Vgl. z. B. § 9 Abs. 1, Abs. 3 S. 4 BHKG: Der ehrenamtliche Leiter der Feuerwehr ist als Ehrenbeamter auf Zeit zu ernennen. Er kann nach § 108 Abs. 1 S. 1 LBG jederzeit verabschiedet werden.

keit, Personen zum Dienst in der Feuerwehr dauerhaft zu verpflichten⁴⁴. Damit besteht grundsätzlich eine Feuerwehrdienstleistungspflicht, die jedoch erst durch den Verpflichtungsbescheid (gerichtlich überprüfbarer Verwaltungsakt) konkretisiert wird. Auch der Dienstverpflichtete übt ein öffentliches Amt aus und steht in einem öffentlich-rechtlichem Dienst- bzw. Sonderverhältnis zur Gemeinde, aus dem sich seine Dienstpflichten, aber auch Fürsorgepflichten der Gemeinde ergeben. Zu vergleichen ist das Dienstverhältnis mit der früheren Ableistung des Grundwehrdienstes oder des Zivildienstes.

Keine Dienstverpflichteten – obwohl fälschlich oft so bezeichnet – waren die für den Feuerwehrdienst von der Wehrdienstpflicht freigestellten ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen. Diese »verpflichteten« sich für die Dauer von mindestens sechs Jahren zum ehrenamtlichen Dienst und wurden nicht zum Wehrdienst herangezogen, solange sie in der Feuerwehr oder im Katastrophenschutz mitwirkten. Sie konnten jedoch nicht zur Ableistung dieses Dienstes gezwungen werden. Bei Verletzung ihrer Dienstpflichten im Feuerwehrdienst mussten sie dann allerdings mit ihrer Einberufung zum Grundwehrdienst nach dem Wehrpflichtgesetz rechnen. Die Vorschriften des Wehrpflichtgesetzes gelten weiter, allerdings nach § 2 WehrPflG (so genannte Aussetzung der Wehrpflicht) nur im Spannungs- oder Verteidigungsfall, den nach Art. 80a oder Art. 115a GG der Bundestag beschließen muss.

2.10.3 Beamte

Alle hauptamtlichen Mitarbeiter der Feuerwehren im Einsatzdienst bei hauptamtlichen Wachen oder Berufsfeuerwehren sind zu Beamten zu ernennen⁴⁵. Für sie gelten dann die Beamtengesetze der Bundesländer und das Beamtensstatusgesetz. Art. 33 Abs. 4 GG verlangt, dass die Ausübung hoheitsrechtlicher Befugnisse als ständige Aufgabe in der Regel Angehörigen des öffentlichen Dienstes zu übertragen ist, die in einem öffentlich-rechtlichen Dienst- und Treueverhältnis (Beamtenverhält-

nis) stehen. Aus dem Beamtenstatusgesetz ergeben sich die Grundpflichten (§§ 33, 34), ihre Weisungsgebundenheit und ihre Beratungspflicht (§ 35), die volle Verantwortung für die Rechtmäßigkeit ihres Handelns (§ 36) und ihre Verschwiegenheitspflicht (§ 37). Auf der anderen Seite ist der Dienstherr verpflichtet, die Beamten zu alimentieren (ausreichend zu bezahlen und zu versorgen).

2.10.4 Angestellte und Arbeiter

Bei den Feuerwehren gibt es außerhalb des Einsatzdienstes, z. B. im Werkstätten-, Hausmeister- oder Küchendienst, wie im Bereich der übrigen öffentlichen Verwaltung auch Angestellte und Arbeiter. Für diese gelten die entsprechenden Tarifverträge für den öffentlichen Dienst.

2.11 Einsatzleitung

Die FwDV 100 »Führung und Leitung im Einsatz« stellt zu den gesetzlichen Grundlagen unter Ziffer 1.2. fest: »Grundlage für die Leitung von Einsätzen zur Gefahrenabwehr sind die gesetzlichen Regelungen der Länder, insbesondere das Feuerwehrrecht. Daraus ergibt sich, wer Einsatzleiterin oder Einsatzleiter ist und welche Rechte und Pflichten diese haben⁴⁶.«

In jedem Fall hat der Einsatzleiter die Gesamtverantwortung für alle Maßnahmen der Gefahrenabwehr der Feuerwehr. Einsatzleiter ist, wer

- durch seinen Vorgesetzten in eine Führungsfunktion eingesetzt wurde,
- in dieser Führungsfunktion zur Einsatzdurchführung beauftragt ist und
- bei der Einsatzdurchführung keiner übergeordneten Führungsebene unterstellt ist.

⁴⁴ § 12 bwFwG; Art. 13 bayFwG; § 26 Abs. 2 BbgBKG; § 18 BremHilfeG; § 10 Abs. 3 HBKG; § 13 mvBrSchG; § 14 nrwBHK; § 15 NBrandSchG; § 12 Abs. 2 rlpLBKG; § 12 SBKG; § 20 sächsBRKG; § 11 sachs-anBrSchG; § 16 shBSchG; § 13 Abs. 2 thürBKG

⁴⁵ Dies ist zum Teil in den Brandschutzgesetzen ausdrücklich angeordnet, z. B. §§ 8 Abs. 2, 10 nrwBHK.

⁴⁶ § 27 bwFwG; Art. 18 bayFwG; § 3 BremHilfeG; §§ 41, 42, 43 HBKG; § 18 mvBrSchG; § 24 rlpBKG; § 19 shBrSchG; § 25 thürBKG.

Darüber hinaus kann bis zum Eintreffen einer solchen Führungsperson der jeweils ranghöchste Feuerwehrangehörige die Einsatzleitung übernehmen. Ist ab einem bestimmten Umfang des Einsatzes der Einsatzleiter nicht mehr in der Lage, seine Aufgaben allein wahrzunehmen, ist gemäß FwDV 100 stabsmäßig zu führen⁴⁷ (► Kapitel 18). Es bleibt jedoch dabei, dass es nur einen verantwortlichen Einsatzleiter gibt⁴⁸.

In manchen Bundesländern kann die Einsatzleitung von der Aufsichtsbehörde übernommen oder bestimmt werden oder es können der Einsatzleitung Einzelweisungen erteilt werden⁴⁹.

Werden Hilfsorganisationen oder andere Behörden im Wege der Amtshilfe eingesetzt, so ist mit deren Einsatzpersonal eine gemeinsame Einsatzleitung zu bilden. Verantwortlicher Einsatzleiter bleibt jedoch bis auf wenige Ausnahmen⁵⁰ der Einsatzleiter der Feuerwehr.

Werden Werkfeuerwehren von der öffentlichen Feuerwehr zur Hilfeleistung herangezogen, so verbleibt die Einsatzleitung beim Einsatzleiter der öffentlichen Feuerwehr. Wird jedoch umgekehrt die öffentliche Feuerwehr in Betrieben mit einer Werkfeuerwehr tätig, so ist die Frage der Einsatzleitung unterschiedlich geregelt. Folgende Regelungen gibt es:

- Die Einsatzleitung verbleibt beim Leiter der öffentlichen Feuerwehr, so in Berlin⁵¹, Bremen⁵² und Niedersachsen⁵³.
- Die Einsatzleitung verbleibt beim Leiter der Werkfeuerwehr, so in Baden-Württemberg⁵⁴, Bayern⁵⁵, Brandenburg⁵⁶, Hessen⁵⁷, Mecklenburg-Vorpommern⁵⁸, Rheinland-Pfalz⁵⁹, Saarland⁶⁰, Sachsen⁶¹, Schleswig-Holstein⁶² und Thüringen⁶³.
- Mangels gesetzlicher Regelung wird der Einsatzleiter der öffentlichen Feuerwehr Einsatzleiter, da er hoheitlich handelt. Eine gemeinsame Einsatzleitung oder Übertra-

⁴⁷ vgl. Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Punkt 3.2.2.2.

⁴⁸ Ziffer 3.2.2.1 der FwDV 100: »Die Einsatzleiterin oder der Einsatzleiter hat die Verantwortung für die Einsatzdurchführung. Ihr oder ihm obliegt die Leitung der unterstellten Einsatzkräfte und die Koordination aller bei der Gefahrenabwehr beteiligten Stellen.«

⁴⁹ § 22 Abs. 5 bwFwG (nur Weisungen im Einzelfall); Art. 18 Abs. 4 i. V. m. Art. 19 bayFwG; §§ 7, 8 BbgBKG; § 41 Abs. 1 S. 3 HBKG; § 18 Abs. 4 mvBrSchG; § 20 Abs. 3 NBrandSchG; § 54 BHKG; § 24 Abs. 3 rlpBKG; § 8 Abs. 3 sächsBRKG; § 16 Abs. 2 S. 3 sa-anhBrSchG; § 19 Abs. 1 S. 2., Abs. 3 shBrSchG; § 25 Abs. 2, Abs. 3 thürBKG.

⁵⁰ Zum Beispiel in Betrieben, die der Bergaufsicht unterliegen (vgl. Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz Punkt 3.2.1.13.) oder militärischen Anlagen (vgl. Fischer, R.: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Punkt 3.2.1.7.). Bis zum Inkrafttreten des HBKG hatte in Hessen bei Wald-, Moor-, und Heidebränden der zuständige Forstbeamte die Einsatzleitung (Die neue Rechtslage sieht lediglich eine Mitwirkung des Forstbeamten in der Technischen Einsatzleitung vor.).

⁵¹ § 6 Abs. 1 S. 1 WerkfVO. Danach ist unter der Leitung der Berliner Feuerwehr eine gemeinsame Einsatzleitung zu bilden.

⁵² § 20 Abs. 1 S. 2 BremHilfeG. Die Einsatzleitung geht mit Eintreffen grundsätzlich automatisch auf den Einsatzleiter der Berufsfeuerwehr über; dieser kann sie in bestimmten Fällen an den Leiter der Werkfeuerwehr abgeben.

⁵³ § 23 Abs. 2 NBrandSchG. Die Befugnisse der gemeindlichen Feuerwehr werden durch das Bestehen einer Werkfeuerwehr nicht berührt. § 23 Abs. 2 verpflichtet den Einsatzleiter der öffentlichen Feuerwehr allerdings zur Zusammenarbeit mit dem Leiter der Werkfeuerwehr und zur Berücksichtigung seiner Empfehlungen.

⁵⁴ § 28 Abs. 1 FwG. Im Anerkennungs- oder Verpflichtungsbescheid kann durch die Aufsichtsbehörde jedoch für die einzelne Werkfeuerwehr etwas anderes bestimmt werden.

⁵⁵ Art. 18 Abs. 3 BayFwG. Nach pflichtgemäßem Ermessen kann der Leiter der hilfeleistenden Feuerwehr die Einsatzleitung übernehmen, wenn deren technische Einsatzmittel die der Werkfeuerwehr erheblich überwiegen.

⁵⁶ § 8 Abs. 3 WerkfVO. Es wird eine gemeinsame Einsatzleitung gebildet. Diese steht unter der Führung des Einsatzleiters der Werkfeuerwehr, der somit verantwortlicher Einsatzleiter bleibt.

⁵⁷ § 41 Abs. 2 HBKG. Kommt eine Berufsfeuerwehr zum Einsatz, so ist ein gemeinsamer technischer Einsatzstab zu bilden, dessen Leiter der Leiter der Werkfeuerwehr ist.

⁵⁸ § 18 Abs. 3 BSchG.

⁵⁹ § 25 Abs. 4 BKG mit der Einschränkung, das bei einer nebenberuflichen Werkfeuerwehr und dem Eintreffen der Berufsfeuerwehr, deren Leiter die Einsatzleitung übernimmt.

⁶⁰ § 7 Abs. 5 Brandschutz-Organisationsverordnung. Ein gemeinsamer technischer Einsatzstab ist zu bilden, dessen Leiter der Wehrführer der Werkfeuerwehr ist.

⁶¹ Nach § 49 Abs. 3 sächsBRKG kann der Einsatzleiter der öffentlichen Feuerwehr durch Erklärung die Einsatzleitung übernehmen, wenn die technischen Einsatzmittel seiner Feuerwehr die übrigen Einsatzmittel in erheblichem Maß überwiegen; ansonsten ist Einsatzleiter der Leiter der Werkfeuerwehr.

⁶² § 19 Abs. 2 BrSchG. Die Einsatzleitung bleibt bei der Führung der Werkfeuerwehr. Der Einsatzleiter der öffentlichen Feuerwehr kann bei gleicher Qualifikation die Einsatzleitung jedoch durch Erklärung übernehmen.

⁶³ § 25 Abs. 4 S. 1 BKG. Beim Einsatz einer Berufsfeuerwehr ist eine gemeinsame Einsatzleitung zu bilden, deren Leiter nur im Fall einer nebenberuflichen Werkfeuerwehr der Leiter der Berufsfeuerwehr wird.

A
gung der Einsatzleitung ist nach pflichtgemäßen Ermessen zulässig, so in Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt.



ZUR VERTIEFUNG

Ralf Fischer: Rechtsfragen beim Feuerwehreinsatz, Die Roten Hefte 68, 4. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2017.



ZUR VERTIEFUNG

Ralf Fischer: Die Roten Hefte/Ausbildung kompakt 106: Rechtsfragen beim Führen von Feuerwehrfahrzeugen, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2020.

Notizen:

3 Organisation

von Johannes Feyrer

3.1 Aus der Geschichte

Der Brandschutz bewegte den Menschen schon immer – zunächst im Erleben mit der Naturgewalt der Blitze, dem himmlischen Feuer. Als der Mensch dann vor 400 000 Jahren gelernt hatte, selbst Feuer zu machen, galt seine Sorge dem sicheren Umgang mit dem Feuer, aber auch der Angst vor missbräuchlicher Nutzung. Organisierter Brandschutz ist seit der Römerzeit bekannt, in Kasernen in Ostia bei Rom waren Soldaten zur Brandbekämpfung eingeteilt.

Bedingt durch die im Mittelalter entstandene dichte Bebauung mit brennbaren Materialien in Städten kam es immer wieder zu großen Stadtbränden. Es wurden deswegen erste bau-

liche Brandschutzvorschriften erlassen und jeder Bürger war verpflichtet, sich an der Brandbekämpfung zu beteiligen. In vielen Städten setzte der Erwerb des Bürgerrechtes den Besitz eines Löscheimers voraus. Die Handwerkerzünfte erhielten besondere Aufgaben, z. B. das Bereitstellen von Leitern oder das Einreißen von Gebäuden. Die Führung übernahmen speziell ernannte Ratsherren.

Zur Verbesserung des Brandschutzes wurden in der Mitte des 19. Jahrhunderts die ersten Freiwilligen Feuerwehren gegründet, Bürger aus der demokratischen Turnerbewegung engagierten sich besonders. 1851 folgte in Berlin die erste Berufsfeuerwehr. Es zeigte sich, dass die ausgebildeten und organisierten Einsatzgruppen erfolgreich waren und auf die allge-

Quelle: J. Thoms



Bild 3.1 Dampfspritze bei einer historischen Löschvorführung

meine Hilfe der Bürger verzichtet werden konnte.

Parallel zur allgemeinen technischen Entwicklung verbesserte sich die Ausstattung, vielfach waren die Feuerwehren sogar Vorreiter. Der Muskelkraft folgte der Dampftrieb, danach gab es den Elektroantrieb, der jedoch rasch durch den Verbrennungsmotor abgelöst wurde.

In der Zeit des Dritten Reiches wurden die Feuerwehren durch das Reichsfeuerlöschgesetz in die zentrale Organisation der Polizei eingegliedert. Einheitliche grüne Löschfahrzeuge wurden in Vorbereitung auf den zu erwartenden Krieg in großer Stückzahl produziert. Nach Kriegsende entwickelten sich die Feuerwehren in Anlehnung an die Besatzungszonen unterschiedlich. Im Osten blieb die Feuerwehr in der Polizeiorganisation, in Westdeutschland kehrte sie in die kommunale Organisation zurück.

Die politische Wende 1990 in der DDR bedeutete auch für die deutschen Feuerwehren die Teilung. Im Osten wurden viele dort übliche kleine Berufsfeuerwehren aufgelöst, im Westen hielten verstärkt die Ideen der Höhenrettung und der Brandschutzerziehung und -aufklärung Einzug.

3.2 Aufgaben der Feuerwehren

Die Aufgaben der Feuerwehren ergeben sich aus den jeweiligen Landesfeuerwehrgesetzen (► Kapitel 1). Hauptaufgaben sind durchgängig die Bekämpfung von Schadenfeuern, die Hilfe bei Unglücksfällen und der Einsatz nach Naturereignissen. Weiterhin haben die Feuerwehren regelmäßig Aufgaben in der Brandverhütung (z. B. Brandschutzerziehung, Brandsicherheitswachdienst, Mitwirkung im Baugenehmigungsverfahren). Die Gemeinde kann ihrer Feuerwehr weitere Aufgaben übertragen, soweit dies zulässig ist und die Wahrnehmung der Hauptaufgaben dadurch nicht beeinträchtigt wird. So sind z. B. die Feuerwehren in Nordrhein-Westfalen im Rettungsdienst tätig. Oftmals übertragen die Gemeinden auch ihre Aufgaben im Hochwasserschutz oder die Beseitigung von Ölschmutz an die Feuerwehr.

INFO

Zivilschutz

Zivilschutz ist die Sammelbezeichnung für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung in einem Verteidigungsfall. »Aufgabe des Zivilschutzes ist es, durch nichtmilitärische Maßnahmen die Bevölkerung, ihre Wohnungen und Arbeitsstätten, lebens- und verteidigungswichtige zivile Dienststellen, Betriebe, Einrichtungen und Anlagen sowie das Kulturgut vor Kriegseinwirkungen zu schützen und deren Folgen zu beseitigen oder zu mildern.« (Paragraf 1 Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz)

Vielfach werden den hauptamtlichen Kräften der Feuerwehren auch andere kommunale Bereitschaftsdienstaufgaben übertragen, z. B. Ampelnotdienst, Abschleppen verkehrsbehindernd abgestellter Fahrzeuge, Beseitigung von Ölschmutz, Einweisung psychisch Kranker etc. Eine Übertragung von Polizeiaufgaben ist jedoch grundsätzlich ausgeschlossen.

Die Feuerwehren wirken im Zivilschutz des Bundes und im Katastrophenschutz der Länder mit (► Kapitel 63). Hierzu erhalten die Feuerwehren eine besondere Ausbildung und Ausstattung (z. B. ABC-Erkundungskraftwagen). Vielfach wurde der Begriff »Katastrophe« durch den Begriff »Großschadensereignis« ersetzt. Diese Ereignisse erfordern in der Regel einen rückwärtigen Führungsstab der Verwaltung (politisch-administrative Führung), der häufig durch die Feuerwehr organisiert wird. Die nach dem Krieg durch den Bund aufge-

INFO

Katastrophe

Eine Katastrophe ist ein Geschehen, bei dem Leben oder Gesundheit einer Vielzahl von Menschen oder die natürlichen Lebensgrundlagen oder bedeutende Sachwerte in ungewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder geschädigt werden und die Gefahr nur abgewehrt oder die Störung nur unterbunden und beseitigt werden kann, wenn unter Leitung der Katastrophenschutzbehörde die im Katastrophenschutz mitwirkenden Behörden, Dienststellen, Organisationen und die eingesetzten Kräfte zusammenwirken (Artikel 2 Bay. Katastrophenschutzgesetz).

stellten Feuerwehrbereitschaften des Luftschutzhilfsdienstes wurden zwischenzeitlich alle in die öffentlichen Feuerwehren integriert.

Insbesondere in kleinen Gemeinden haben die Freiwilligen Feuerwehren auch eine hohe gesellschaftliche Bedeutung. Es werden Feste organisiert oder Veranstaltungen begleitet. Idealerweise werden diese Aktivitäten über einen »Feuerwehrverein« abgewickelt, der auch die notwendige finanzielle und rechtliche Grundlage bildet.

In diesem Zusammenhang sind auch die Musikgruppen in den Feuerwehren zu erwähnen, die in unterschiedlichen Formationen (z. B. als Spielmanns-, Fanfaren- und Schalmienzüge oder als Big Band) musizieren.

Die Werkfeuerwehren werden häufig zusätzlich zu den Grundaufgaben der öffentlichen Feuerwehren in der Instandhaltung von Sicherheitseinrichtungen (z. B. Wartung von Feuerlöscheinrichtungen und persönlicher Arbeitsschutzausrüstung), im Werkschutz und im Umweltschutz (z. B. Durchführung der Luftüberwachung) eingesetzt.

3.3 Arten der Feuerwehren

3.3.1 Öffentliche Feuerwehren

Grundsätzlich hat jede Gemeinde die Aufgabe, eine dem örtliche Risiko angemessene Feuerwehr zu unterhalten, die dem Schutz der Öffentlichkeit, also allen Bürgern, dient. Insofern ist z. B. die Beschaffung eines Löschfahrzeugs durch die Gemeinde kein Geschenk an die Feuerwehr, sondern eine gesetzliche Verpflichtung zur Gefahrenabwehr.

Die Städte und Gemeinden stellen grundsätzlich Freiwillige Feuerwehren auf. In besonderen Fällen werden diese durch hauptamtliches Personal oder eine Berufsfeuerwehr ergänzt. Derzeit kann man noch davon ausgehen, dass sich genügend Einwohner für den Dienst in der **<Freiwilligen Feuerwehr>** finden. In einer Freiwilligen Feuerwehr führen die Einwohner einer Gemeinde den Feuerwehrdienst ehrenamtlich durch und erhalten – mit Ausnahme einer pauschalen Aufwandsentschädigung für bestimmte Funktionsträger

und Sonderfunktionen sowie heute immer weiter verbreiteten Anreizsystemen zur Förderung des Ehrenamtes Feuerwehr – keine Entlohnung. In Deutschland gibt es rund 22 600 Freiwillige Feuerwehren.

Sollten sich in einer Gemeinde nicht genügend Bürger zum Beitritt in die Freiwillige Feuerwehr entschließen, kommt die Bildung einer **<Pflichtfeuerwehr>** in Frage, dies ist jedoch extrem selten. In diesem Fall wären alle gesundheitlich geeigneten Einwohner in einem gesetzlich festgelegten Altersbereich verpflichtet, Feuerwehrdienst abzuleisten.

Wird das Einsatzaufkommen höher und/oder besteht ein hoher Wartungsaufwand an Fahrzeugen und Geräten, werden hauptamtliche Kräfte in die Freiwillige Feuerwehr eingestellt. Dies können z. B. als Gerätewarte angestellte Handwerker sein, die zusätzlich Mitglied der Freiwilligen Feuerwehr sind. Sie können zu einer **<Hauptamtliche Wache>** zusammengefasst werden. Dies bedeutet, dass die Gerätewartung und Kleineinsätze durch die hauptamtlichen Kräfte abgearbeitet werden und die ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen so entlastet werden.

Ab ungefähr 100 000 Einwohnern werden in der Regel **<Berufsfeuerwehren>** eingerichtet, die aus Feuerwehrbeamten bestehen. Diese Grenze ist jedoch je nach gesetzlichen Rahmenbedingungen und örtlichen Gegebenheiten flexibel. Grundsätzlich bestehen auch in Städten mit Berufsfeuerwehren Einheiten der Freiwilligen Feuerwehr. In Deutschland gab es bei Redaktionsschluss 107 Berufsfeuerwehren.

In einigen Bundesländern ist auch der Begriff der **<Kreisfeuerwehr>** bekannt. Hiermit sind in der Regel die Einrichtungen des Landkreises gemeint (z. B. Schlauchwerkstatt, Atemschutzwerkstatt, Kreisleitstelle, Ausbildungszentrum), vereinzelt werden durch Beschäftigte des Landkreises auch Sonderfahrzeuge besetzt und kreisweit eingesetzt (z. B. Rüstwagen, Wechselladersystem etc.). Vereinzelt meint der Begriff der Kreisfeuerwehr auch eine unter Organisation des Kreisbrandmeisters stehende Zusammenstellung von Einheiten unterschiedlicher Gemeindefeuerwehren für Sonderaufgaben, z. B. »Waldbrandzug«.

INFO

TUIS

TUIS-Werkfeuerwehren helfen: Seit 1982 hat der Verband der chemischen Industrie (VCI) in Verbindung mit den Innenministerien der Länder ein flächen-deckendes Hilfeleistungssystem bei Unfällen mit Chemikalien in Deutschland aufgebaut. Die Werkfeuerwehren von 130 Chemieunternehmen sind an dem Transport-, Unfall-, Informations- und Hilfeleistungssystem TUIS beteiligt, welches drei Stufen der Hilfe umfasst:

- Stufe 1 – Beratung am Telefon,
- Stufe 2 – Beratung vor Ort,
- Stufe 3 – Technische Hilfeleistung vor Ort.

Jährlich fallen knapp 1 000 TUIS- Einsätze an, vorrangig in der Stufe 1.

3.3.2 Nichtöffentliche Feuerwehren

Zum Schutz besonderer Objekte (z. B. Industriebetriebe, Flughäfen, Kasernen, Krankenhäuser) sind nichtöffentliche Feuerwehren vorhanden. Wenn diese öffentlichen Feuerwehren vergleichbar sind, werden sie von der zuständigen Aufsichtsbehörde anerkannt. Dann lautet die Bezeichnung **<Werkfeuerwehr>**. Nicht anerkannte nichtöffentliche Feuerwehren werden in der Regel als **<Betriebsfeuerwehren>** bezeichnet. Im Regelfall müssen die Werkfeuerwehren durch das Werk, das sie schützen,



Quelle: J. Thorns

Bild 3.2 Werkfeuerwehren verfügen oft über eine speziell auf das Gefahrenpotenzial des Betriebes abgestimmte Ausrüstung.

betrieben werden. Durch vertragliche Vereinbarung können mehrere Werke aber auch eine gemeinsame Werkfeuerwehr betreiben. Es ist jedoch auch möglich, dass sich Firmen den Feuerschutz bei einem externen Dienstleistungsunternehmen einkaufen. Sind mehrere Betriebe in einem Chemie- oder Industriepark angesiedelt, richtet der Betreiber des Areals die Werkfeuerwehr ein (oder vergibt sie an eine Firma). Durch die Aufsichtsbehörde ist jeder Einzelfall zu prüfen.

Es gibt jedoch auch einige wenige nicht-öffentliche Feuerwehren von Ländern (z. B. Werkfeuerwehr einer Universität). Die Bundeswehr unterhält dort, wo ein besonderer Auftrag, Geheimhaltungsgründe oder ein besonderes Gefahrenpotenzial es notwendig machen, Feuerwehreinheiten. Dies ist vor allem an Flugplätzen, in Untertageanlagen, in landseitigen Einrichtungen der Marine oder auf Truppenübungsplätzen der Fall. Die operative Führung der über das ganze Land verteilten Einsatzkräfte an 58 Standorten erfolgt durch das »Zentrum Brandschutz der Bundeswehr« in Sonthofen (Bayern). Die Deutsche Bundesbahn betrieb bis zu ihrer Privatisierung eigene Bahnfeuerwehren; heute gibt es nur noch zwei Feuerwehrstandorte in Nürnberg und Seevetal-Maschen, die den Status einer Werkfeuerwehr haben.

3.3.3 Kinder- und Jugendfeuerwehren

Zur Sicherstellung des Nachwuchses und als jugendpflegerische Maßnahme wer-



Quelle: J. Thorns

Bild 3.3 Einsatzübung einer Jugendfeuerwehr

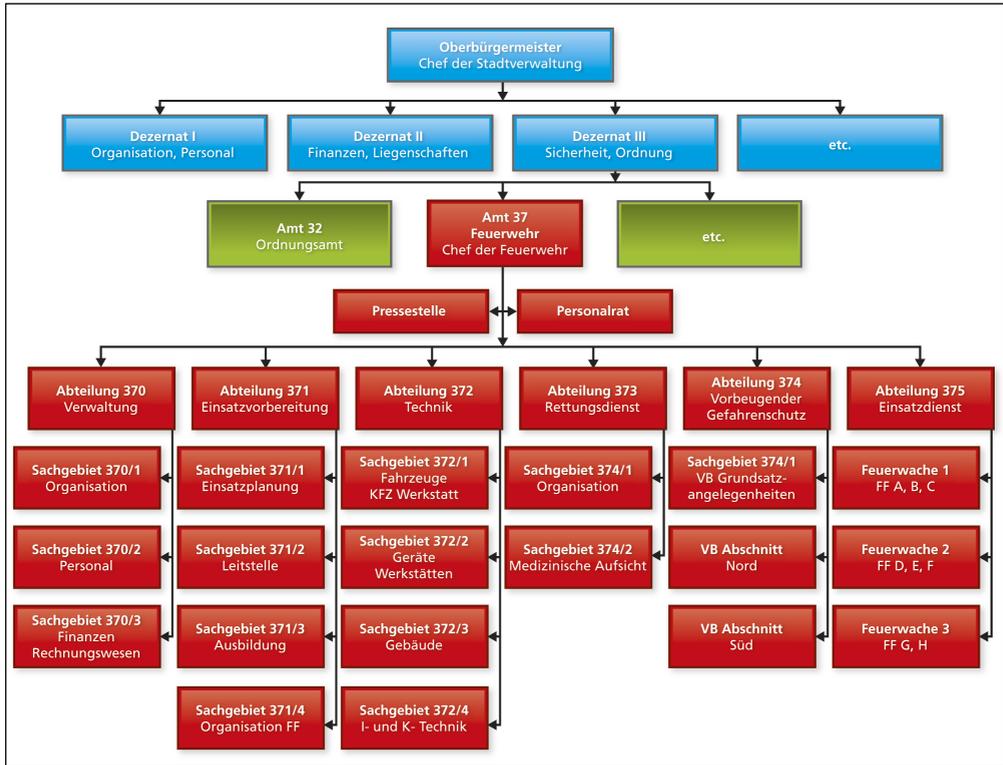


Bild 3.4 Beispiel eines Organigramms einer kommunalen Feuerwehr

den in den Feuerwehren Jugendgruppen (< **Jugendfeuerwehren** >) unterhalten. Sie sind Bestandteil der Feuerwehr und unterstehen der Aufsicht des Leiters der Feuerwehr. Eine Aufnahme ist in der Regel ab zehn Jahren möglich. Grundsätzlich werden Angehörige der Jugendfeuerwehr nicht in Gefahrenbereichen eingesetzt.

Seit einigen Jahren gibt es auch < **Kinderfeuerwehren** >, die Kinder ab etwa sechs Jahren aufnehmen. Hier stehen Sport und Spiel im Vordergrund und die Erziehung zur Nächstenhilfe. Man erhofft sich durch diesen frühen Kontakt eine längerfristige Bindung an die Feuerwehr.

3.4 Einbindung der Feuerwehren in die Verwaltung

Grundsätzlich ist es Aufgabe der Gemeinde, eine Feuerwehr zu unterhalten. Insofern ist

die Feuerwehr Bestandteil der Gemeinde- bzw. Stadtverwaltung und der Leiter dieser Verwaltung (Oberbürgermeister/Bürgermeister/Gemeindedirektor) ist oberster Dienstherr. In größeren Städten ist die Feuerwehr als eigenes Amt häufig dem Geschäftsbereich bzw. Dezernat »Sicherheit und Ordnung« oder »Umweltschutz« zugewiesen und trägt die verwaltungsinterne Bezeichnung »Amt 37«.

Die Fachaufsicht über die Feuerwehren führt das Innenministerium des Bundeslandes über die Bezirksregierungen, das auch die Feuerwehrgesetze und Durchführungsvorschriften erlässt. Bei kreisangehörigen Gemeinden ist der Kreisbrandmeister als Einrichtung des Landkreises bzw. feuerwehrtechnischer Aufsichtsbeamter zwischen Bezirksregierung und Gemeindefeuerwehr geschaltet. Die Landesbrandschutzgesetze sehen sowohl für die Landkreise wie auch für die Landesbehörden zum Teil umfangreiche unterstützende

und kontrollierende Maßnahmen vor, z. B. Unterhaltung von Feuerweherschulen oder Leitstellen.

Die Feuerwehren sind verpflichtet, im Zivil- und im Katastrophenschutz mitzuwirken. Hierzu erhalten die Kommunen und Kreise Unterstützung vom Bund und den Ländern. Die privaten Hilfsorganisationen können im Katastrophenschutz mitwirken, die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) ist zur Mitwirkung verpflichtet.

Partner im Einsatzalltag sind zunächst die Feuerwehrleitstellen, die für die Alarmierung und rückwärtige Einsatzunterstützung zuständig sind. Zudem bestehen enge Kontakte zu den Polizeibehörden auf kommunaler Ebene (Ordnungsamt), zur Landespolizei und zur Bundespolizei. Im Rettungsdienst bestehen enge Verbindungen zu den vier großen Hilfsorganisationen sowie privaten Dienstleistern im Rettungsdienst. Üblicherweise hat jeder Landkreis und jede kreisfreie Stadt eine Feuerwehrleitstelle, die den europaweiten Notruf 112 abfragt, die zuständigen Feuerwehren alarmiert und deren Einsatz insbesondere mit Nachalarmierungen, Dokumentation und Informationsbeschaffung begleitet. In vielen Bundesländern sind Leitstellen für die Feuerwehr, den Rettungsdienst und den Katastrophenschutz üblich oder sogar per Gesetz vorgeschrieben. Diese Leitstellen werden oft als **<Integrierte Leitstellen>** bezeichnet. In Schleswig-Holstein wurde 2009 die erste kooperative Leitstelle eröffnet, die Polizei, Feuer-

wehr und Rettungsdienst zusammenfasst. Ist eine Leitstelle für mehrere Landkreise zuständig, nennt man sie Regionalleitstelle.

Das Bundesamt für Bevölkerungs- und Katastrophenschutz betreibt seit 2002 in Bonn ein gemeinsames Lage- und Meldezentrum (GMLZ) des Bundes und der Länder. Primäre Aufgaben des GMLZ sind außer der ständigen Lagebeobachtung die Entgegennahme, Beschaffung, Analyse, Verarbeitung, Koordinierung, die Weitergabe und der Austausch von Meldungen und Informationen sowie die Prognose von Schadenentwicklungen im Ereignisfall. Darüber hinaus führt das GMLZ länderübergreifende Experten- und Ressourcenrecherchen durch und vermittelt die Ergebnisse an die Bedarfsträger.

3.5 Organisation der Feuerwehren

Jede selbstständige Gemeinde hat eine Feuerwehr. Kernstück jeder Feuerwehr ist die Einsatzabteilung; daneben gibt es Verwaltungsbereiche, die Alters- und Ehrenabteilung sowie die Jugendfeuerwehr. In manchen Bundesländern existieren daneben auch noch privatrechtliche Feuerwehr(förder)vereine, die jedoch hier nicht weiter betrachtet werden.

Je nach Größe und Struktur der Gemeinde verfügt die Einsatzabteilung über verschiedene Standorte. Dies können Feuerwehrhäuser der Freiwilligen Feuerwehr oder Feuerwachen der Berufsfeuerwehr sein. Historisch bedingt können die einzelnen Einheiten auch Feuerwehren



Bild 3.5 Beispiel für einen Löschzug, hier einer Freiwilligen Feuerwehr

ehemals selbstständiger Gemeinden sein, die im Rahmen von Verwaltungsreformen zu neuen Gemeinden zusammengefasst wurden. Diese Feuerwehren wurden entweder als Löschzüge und Löschgruppen (je nach Bundesland auch Abteilung oder Ortsfeuerwehr) in die neu gebildete Feuerwehr integriert oder bestehen als eigenständige Feuerwehren unter zentraler Führung weiter. Je nach örtlichen Gegebenheiten können die Einheiten verschiedener Standorte zu größeren Einheiten (Löschzüge, Verbände) oder zu Sondereinheiten (z. B. Messzug) zusammengefasst werden.

Die Einsatzführung erfolgt in der Regel durch den Leiter der örtlich zuständigen Feuerwehr, bei kleineren Schadenereignissen durch von ihm beauftragte Einsatzleiter (Zug- oder Gruppenführer). Bei größeren Feuerwehren ist ein Einsatzführungsdienst organisiert, der den Leiter der Feuerwehr entlastet. Bei großen Schadenereignissen erfolgt eine stabsmäßige Führung (► Kapitel 18): Bei »Punktlagen« (z. B. ein Großbrand) vor Ort durch eine Technische Einsatzleitung, bei »Flächenlagen« (z. B. Sturm) durch eine rückwärtige Feuerwehreinsatzleitung. Im Großschadenfall wird die operativ-taktische Führung der Feuerwehr (Führungstab) durch eine parallel arbeitende politisch-administrative Führung (Krisenstab, Verwaltungsstab) ergänzt. Beide Führungsorgane unterstehen gleichberechtigt nebeneinander dem Oberbürgermeister/Landrat.

Zur Förderung des Nachwuchses unterhalten die Feuerwehren Jugendfeuerwehren, die ebenfalls dem Leiter der Feuerwehr unterstehen. Einsatzkräfte, die nicht mehr aktiv am Einsatzgeschehen teilnehmen können, werden in die Alters- und Ehrenabteilung übernommen.

Die Verwaltung der Feuerwehr erfolgt primär durch die Führungskräfte der Feuerwehr selbst. Bei kleineren Feuerwehren erhalten sie z. B. bei Beschaffungen oder in der Personalverwaltung Unterstützung durch die Gemeindeverwaltung. Bei großen (Berufs-) Feuerwehren ist innerhalb der Feuerwehr ein eigener Verwaltungsbereich gebildet, häufig als »Branddirektion« bezeichnet. Hier sind die zum Betrieb einer Feuerwehr notwendigen

Unterstützungsbereiche zusammengefasst. In der Regel handelt es sich um die Bereiche:

- Verwaltung (Amtsorganisation, Personalverwaltung, Finanzen, Rechnungswesen),
- Einsatzorganisation (Einsatzplanung, Personaleinsatz),
- Ausbildung,
- Leitstelle,
- Technik (Fahrzeug- und Gerätetechnik, Gebäude, Informations- und Kommunikationstechnik),
- Rettungsdienst,
- Gefahrenvorbeugung/Vorbeugender Brandschutz.

Zum »rückwärtigen Bereich« gehören auch die Werkstätten wie z. B. Atemschutzwerkstatt, Schlauchwerkstatt. Teilweise werden solche Werkstätten von mehreren Feuerwehren gemeinsam betrieben oder auch vom Landkreis für die kreisangehörigen Gemeinden.

Größeren Feuerwehren können durch die Aufsichtsbehörden Sonderaufgaben zugewiesen werden, z. B. Einsatzbereiche auf Autobahnen oder besondere Einsatzarten (z. B. Gefahrguteinsätze). Sie sind dann Stützpunktfeuerwehren oder Schwerpunktfeuerwehren und erhalten zusätzliche Mittel zur Erfüllung dieser Aufgaben.

Zum Einsatz bei besonderen Schadenlagen werden zunehmend »Verbände« aufgestellt, die sich aus mehreren Zügen (auch von mehreren Feuerwehren) zusammensetzen und auch überörtlich über einen längeren Zeitraum ohne fremde Hilfe eingesetzt werden können.

3.5.1 Brandschutzbedarfsplanung

Hinsichtlich der Qualität der Aufgabenerfüllung (»Wie viel Feuerwehr braucht man in einer Gemeinde?«) werden in den Brandschutzgesetzen meistens keine Angaben gemacht, die Feuerwehr ist »den örtlichen Verhältnissen entsprechend« aufzustellen.

Allerdings gibt es Standards (Regeln der Technik), die herangezogen werden können. So geht z. B. die Schutzzieldefinition der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (< **AGBF** >) davon aus, dass mindestens zehn Einsatzkräfte 13 Minuten nach Brandent-

stehung vor Ort sind und fünf Minuten später weitere sechs Einsatzkräfte eintreffen müssen. Einige Länder haben Verordnungen über Risikoklassifizierungen oder Hinweise zur Leistungsfähigkeit der Feuerwehren erlassen.

Sinnvollerweise wird für jede Gemeinde ein Brandschutzbedarfsplan (► Kapitel 16) erstellt, in dem beschrieben ist, wie viele Einsatzkräfte in welcher Zeit wo vor Ort sein müssen und in wie viel Prozent aller Fälle dieses Schutzziel erreicht werden muss. Daraus ergeben sich die Lage und Größe der Feuerwehreinheiten. Wird dieser Brandschutzbedarfsplan vom Rat der Gemeinde beschlossen, sind damit auch die zur Umsetzung dieses Planes erforderlichen Mittel grundsätzlich bewilligt.

3.5.2 Qualifikation, Dienstgrade, Laufbahnen

Die Qualifikation einer Einsatzkraft, in der Regel verbunden mit einem bestimmten Dienstgrad, wird durch die Helmkennzeichnung dargestellt (► Kapitel 18). Beispielhaft steht in ► Tabelle 3.1 die Situation in Nordrhein-Westfalen, in anderen Ländern sind andere Varianten möglich. Oft ist die Helmkennzeichnung im Rettungsdienst analog in blauer Farbe aufgebaut. Der Organisatorische Leiter Rettungsdienst (OrgL) verfügt über einen blauen Ring, der Leitende Notarzt über zwei blaue Ringe.

3.6 Interessensvertretungen

Da die Feuerwehren Einrichtungen der Gemeinde sind, gibt es keine bundesweite zentrale Organisation des Feuerschutzes. Die be-



Bild 3.6 Führungskräfte an der Einsatzstelle

rufpolitischen Interessen der hauptamtlichen Feuerwehrleute werden durch die großen Beamtengewerkschaften vertreten. Es gibt jedoch Organisationen, die die Interessen der Feuerwehren bundes- und europaweit vertreten.

3.6.1 Deutscher Feuerwehrverband

Der **<Deutscher Feuerwehrverband>** (DFV) wurde 1853 gegründet und ist heute ein eingetragener Verein. Er setzt sich aus Kreis- (bzw. Stadt-) Feuerwehrverbänden und Landesfeuerwehrverbänden zusammen. Zusätzlich gibt es innerhalb des DFV die Bundesgruppen Berufsfeuerwehr, Bundeswehrfeuerwehren, Berufsfeuerwehren der Stationierungstreitkräfte und Werkfeuerwehren. Die Deutsche Jugendfeuerwehr (DJF) bildet die Jugendvertretung innerhalb des DFV. Er ist Interessensvertreter des deutschen Feuerwehrwesens auf nationaler und internationaler Ebene. In 13 Fachbereichen, die ehrenamtlich besetzt sind, wird die Meinung der Feuerwehren gebündelt und dem Präsidium zugearbeitet. Die Verwaltung des DFV erfolgt hauptamtlich durch die Bundesgeschäftsstelle in Berlin.

3.6.2 Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF)

Die AGBF wurde 1952 gegründet und ist ein Organ des Deutschen Städtetages, in ihr sind die Leiter der derzeit 107 Berufsfeuerwehren in Deutschland zusammengeschlossen. Es gibt sieben Arbeitskreise und Fachausschüsse: Grundsatzfragen, Leitstellen und Digitalisierung, Ausbildung, Rettungsdienst, Technik, Zivil- und Katastrophenschutz sowie Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz. Angegliedert ist die Interessengemeinschaft der Brandreferendare (IGBref), die sich um die Betreuung der Auszubildenden für den höheren feuerwehrtechnischen Dienst kümmert.

3.6.3 Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes

Die Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes (vfdB) wurde 1950 gegründet

Tabelle 3.1 Qualifikationen und Dienstgrade anhand von Helmkennzeichnungen (Beispiel: NRW)

Rote Helm-kennzeichnung	Qualifikation	Freiwillige Feuerwehr		Berufsfeuerwehr	
		Ausbildung		Ausbildung	
Keine	Anwärter		Keine		Keine
Keine	Truppmann		Truppmann		Laufbahnausbildung mittlerer feuerwehrtechnischer Dienst
	Truppführer		Truppführer		
Keine					
1 Streifen	Gruppenführer		Gruppenführer		Gruppenführer
2 Streifen	Zugführer		Zugführer		Zugführer
1 Ring	Verbandsführer oder Leiter einer Feuerwehr einer kreisangehörigen Stadt oder gehobener feuerwehrtechnischer Dienst		Verbandsführer, Sonderlehrgänge		Laufbahnausbildung gehobener feuerwehrtechnischer Dienst
2 Ringe	Kreisbrandmeister Leiter einer Feuerwehr einer kreisfreien Stadt oder höherer feuerwehrtechnischer Dienst		Verbandsführer, Sonderlehrgänge		Laufbahnausbildung höherer feuerwehrtechnischer Dienst

Quellen: J. Thorns

und fasst all die Bereiche zusammen, deren Interesse die technische und wissenschaftliche Weiterentwicklung der Gefahrenabwehr im weitesten Sinne ist. Sie hat rund 2 800 Einzel- und kooperative Mitglieder und veranstaltet jährlich eine große Fachtagung. Die Facharbeit erfolgt in 14 Referaten, die im Technisch- Wissenschaftlichen Beirat zusammengefasst sind.

3.7 Ausbildung

Bevor gesundheitlich geeignete Feuerwehrangehörige in den Einsatz gehen können, müssen

sie ausgebildet werden. Grundsätzlich ist der Inhalt der Ausbildung in den **< Feuerwehr-Dienstvorschriften >**, insbesondere für Angehörige der Freiwilligen Feuerwehren, sowie den Lernzielkatalogen für den feuerwehrtechnischen Dienst geregelt.

Die grundlegende Organisation und Ausbildung der Feuerwehren in Deutschland ist in den Feuerwehr-Dienstvorschriften (FwDV) zusammengefasst. Diese werden innerhalb einer Projektgruppe des Ausschusses für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) im Arbeitskreis

V der Innenministerkonferenz erarbeitet und dann durch die jeweiligen Länder verbindlich eingeführt. Dadurch erhalten sie quasi Gesetzeskraft. Derzeit gibt es folgende FwDV:

- FwDV 1 – Grundtätigkeiten Lösch- und Hilfeleistungseinsatz,
- FwDV 2 – Ausbildung der Freiwilligen Feuerwehren,
- FwDV 3 – Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz,
- FwDV 7 – Atemschutz,
- FwDV 8 – Tauchen,
- FwDV 10 – Die tragbaren Leitern,
- FwDV 100 – Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem,
- FwDV 500 – Einheiten im ABC-Einsatz,
- FwDV 800 – Informations- und Kommunikationstechnik im Einsatz,
- FwDV 810 – Sprech- und Datenfunkverkehr.

Bei der Freiwilligen Feuerwehr umfasst die Truppmannausbildung 150 Stunden, der die 35-stündige Truppführerausbildung folgt, in der Regel am Standort oder auf Kreisebene. Es können bzw. müssen auch Sonderausbildungen besucht werden, wie z. B. Atemschutzgeräteträger, Maschinist für Löschfahrzeuge oder die Ausbildung für Einsätze mit gefährlichen Stoffen und Gütern. Dann folgen Führungslehrgänge als Gruppen-, Zugführer- oder Verbandsführer. Diese Lehrgänge im Umfang von mindestens 70 Stunden finden in der Regel an den Landesfeuerwehrschulen statt. Jedes Bundesland unterhält mindestens eine Feuerwehrschule, an der sowohl die theoretische Ausbildung (z. B. Führungsausbildung im Planübungsraum) wie auch die praktische Ausbildung in besonderen Übungshäusern oder an Übungsobjekten stattfindet.

Die Einsatzkräfte der Berufsfeuerwehren sind in der Regel Beamte, entsprechend ist die Ausbildung in einer Laufbahnverordnung geregelt und mit Besoldungen verknüpft. Man unterscheidet die drei Laufbahnen des mittleren Dienstes (Brandmeister bis Hauptbrandmeister), des gehobenen Dienstes (Brandinspektor bis Brandoberamtsrat) und des höheren Dienstes (ab Brandrat), wobei dies je nach Bundesland auch vermischt oder ande-

res abgegrenzt sein kann. Die feuerwehrtechnische Grundausbildung dauert derzeit etwa 18 Monate. Wirken die Feuerwehren im Rettungsdienst mit, ist zusätzlich die Ausbildung als Rettungsanwärter, Rettungsassistent oder Notfallsanwärter notwendig. Es ist üblich, dass vor Aufnahme der hauptberuflichen Feuerwehrlaufbahn eine geeignete Berufsausbildung absolviert wird. Es gibt derzeit mehrere Versuche, Interessenten bereits nach der Schulzeit in eine Feuerwehrlaufbahn zu übernehmen und ihnen zunächst eine handwerkliche Grundausbildung zu vermitteln und erst anschließend die feuerwehrtechnische Ausbildung zu beginnen.

Für Angehörige von Werkfeuerwehren wurde das Berufsbild »Werkfeuerwehrmann« geschaffen. Die Dienstgrade sind vergleichbar denen bei öffentlichen Feuerwehren.



Quelle: J. Thoms

Bild 3.7 An den Landesfeuerwehrschulen werden unter anderem die Führungskräfte der Feuerwehr ausgebildet.

4 Sicherheit und Gesundheitsschutz im Feuerwehrdienst

von Tim Pelzl

4.1 Gesetzliche Unfallversicherung – Organisation und Struktur

Wenige wissen, dass es sie gibt, doch für viele steht sie ein: die gesetzliche Unfallversicherung. Sie sichert bei Arbeits- und Wegeunfällen ebenso ab wie bei Berufskrankheiten. Versichert sind neben Arbeitnehmern und Auszubildenden auch weitere Personengruppen, so z. B. Schüler von allgemein- und berufsbildenden Schulen, aber auch Personen, die in Hilfeleistungsorganisationen und im Katastrophenschutz ehrenamtlich tätig sind. Versicherungsrechtlich zählen hierzu auch die Einsatzkräfte der Freiwilligen Feuerwehren (festgelegt ist dies in SGB VII, Paragraph 2 Absatz 1 Punkt 12). Die Beamten der Berufsfeuerwehren sind in der Regel nicht von der

gesetzlichen Unfallversicherung erfasst, für sie sorgt der Dienstherr im Falle eines Unfalls oder einer Berufskrankheit im Rahmen seiner Fürsorgepflicht. Mit rund 70 Millionen Versicherten stellt die gesetzliche Unfallversicherung einen wichtigen Zweig der sozialen Sicherung dar. Dennoch führt sie in der öffentlichen Wahrnehmung ein Schattendasein. Der Grund dafür ist denkbar einfach ist: Sie ist die einzige (Pflicht-)Versicherung, deren Versicherte keine Beiträge entrichten. Vielmehr kommen alleine die Arbeitgeber oder in Schule und Verwaltung der Bund, die Länder oder die Kommunen für die Kosten auf. Damit sind gleich zwei Parteien abgesichert: Im Falle eines Wege-, Schüler- oder Arbeitsunfalls bzw. einer Berufskrankheit genießt der Versicherte vollen Schutz. Dieser umfasst sowohl eine

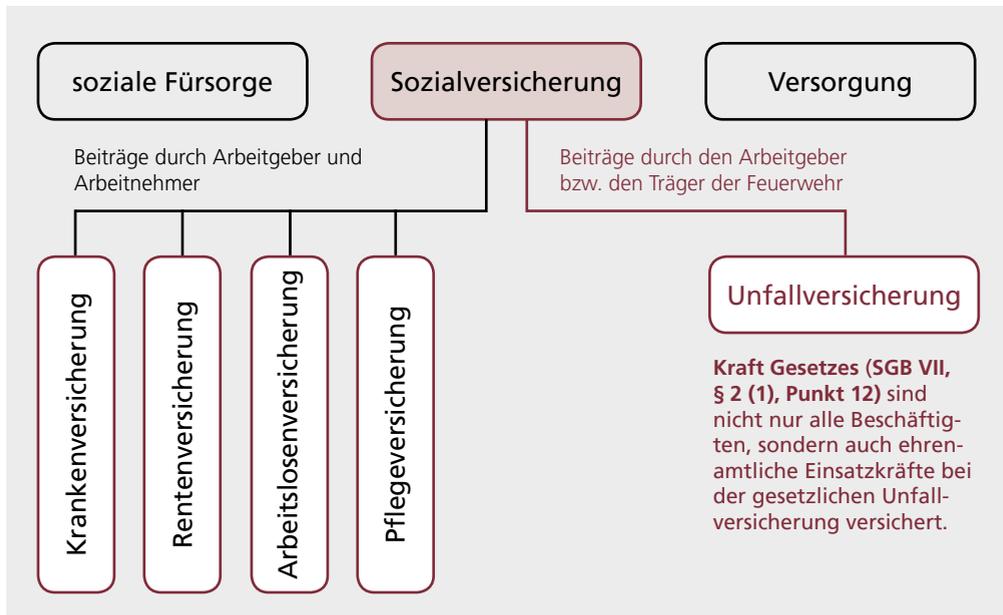


Bild 4.1 Das Netz der sozialen Sicherung in der Bundesrepublik Deutschland

Aktuerversorgung als auch – wenn nötig – eine Rehabilitation sowie eine Entschädigung bzw. Rente. Zugleich sind Unternehmen und Einrichtungen, bei denen der Versicherte beschäftigt ist, von einer Haftung befreit – denn diese übernimmt vollständig die gesetzliche Unfallversicherung. Mit der Entrichtung der Beiträge und einer wirksamen Prävention kommt der Arbeitgeber somit seiner gesetzesmäßigen Verantwortung gegenüber seinen Mitarbeitern nach.

Die gesetzliche Unfallversicherung handelt auf Grundlage des siebten Sozialgesetzbuches (SGB VII). Ihre Aufgabe ist zum einen die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Zum anderen sorgt sie im Fall des Falles dafür, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Versicherten wiederherzustellen – und zwar mit allen geeigneten Mitteln.

Wie die gesetzliche Kranken-, Renten-, Pflege- und Arbeitslosenversicherung ist auch die gesetzliche Unfallversicherung eine Pflichtversicherung. Sie lässt sich durch keine private Unfall- oder Haftpflichtversicherung ersetzen. Jeder Unternehmer und jede Kommune gehören kraft Gesetzes dem zuständigen Unfallversicherungsträger an. Die gesetzliche Unfallversicherung löst die zivilrechtliche Haftung des Unternehmers für Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten gegenüber seinen Arbeitnehmern ab. Während die Berufsgenossenschaften für die Betriebe der gewerblichen Wirtschaft zuständig sind, versichern die Träger der öffentlichen Hand Unternehmen des Bundes, der Länder und der Gemeinden sowie private Betriebe, an denen die öffentliche Hand die Mehrheit hält. Die öffentlichen Unfallversicherungsträger sind nach Bund, Ländern oder Gemeinden gegliedert bzw. für bestimmte Bereiche (wie Eisenbahn, Post, Telekom und Feuerwehr) zuständig. Die Berufsgenossenschaften hingegen sind nach Branchen gegliedert.

Der Verband »Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung« (DGUV) ist der Spitzenverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand. Er nimmt die gemeinsamen Interessen seiner Mitglieder wahr und fördert deren Auf-

gaben zum Wohl der Versicherten und der Unternehmen. Der Verband vertritt die gesetzliche Unfallversicherung gegenüber Politik, Bundes- und Landesinstitutionen, europäischen und sonstigen nationalen und internationalen Institutionen sowie Sozialpartnern. Organe der DGUV als eingetragener Verein sind die Mitgliederversammlung und der Vorstand. Beide sind wie die Selbstverwaltung der Unfallversicherungsträger paritätisch besetzt. Die Mitgliederversammlung, das »Parlament« der DGUV, berät und entscheidet mindestens einmal jährlich über Grundsatzfragen. Der Vorstand wird von der Mitgliederversammlung gewählt. Er führt die Geschäfte der DGUV und wählt die Hauptgeschäftsführung.

4.2 Vorschriften- und Regelwerk der gesetzlichen Unfallversicherung und des Staates

4.2.1 Staatliches Arbeitsschutzrecht

Grundlage der Rechts- und Staatsordnung in der Bundesrepublik Deutschland – und damit auch aller für den Arbeitsschutz geltenden Regelungen – ist das Grundgesetz. Die für den Arbeitsschutz entscheidenden Bestimmungen enthalten die Artikel 2 (2) und 20 (1). Die Zuständigkeit des Staates für die Rechtsetzung im Arbeitsschutz ergibt sich aus Artikel 74 (1) Nr. 12 des Grundgesetzes. Hiernach haben neben dem Bund auch die Bundesländer eigene Gesetzgebungskompetenzen im Arbeitsschutz. Diese Befugnis gilt für die Länder jedoch nur, solange und soweit der Bund von seiner Befugnis keinen Gebrauch gemacht hat. Wichtige Bestandteile des staatlichen Arbeitsschutzrechtes sind das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und das Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG).

Das Arbeitsschutzgesetz enthält allgemeine Grundpflichten für Arbeitgeber und Beschäftigte, die für alle Betriebe und Verwaltungen gelten. Durch verschiedene Verordnungen wird das Arbeitsschutzgesetz weiter konkretisiert, z. B. durch die

- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV),
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV),
- Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV),

- Baustellenverordnung (BaustellV),
- Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV),
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV),
- Biostoffverordnung (BioStoffV),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrArbschV) sowie
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeverordnung (ArbmedVV),
- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (OStrV).

Die Verordnungen zum Arbeitsschutzgesetz werden wiederum durch technische Regeln weiter ausgeführt, wie z. B. die

- Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA),
- Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS),
- Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS),
- Arbeitsstättenregeln (ASR),
- Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS),
- Arbeitsmedizinische Regeln (AMR).

Das Arbeitssicherheitsgesetz regelt Anforderungen zur Einbindung der arbeitsmedizinischen und sicherheitstechnischen Fachkunde im Betrieb. Außerdem enthalten eine Reihe weiterer Gesetze und Verordnungen ebenfalls relevante Bestimmungen (z. B. Betriebsvorschriften) für den Arbeitsschutz.

4.2.2 Autonomes Satzungsrecht der Unfallversicherungsträger

Neben dem staatlichen Arbeitsschutzrecht existiert auch das autonome Unfallverhütungsrecht der Unfallversicherungsträger. Die Unfallversicherungsträger erlassen Unfallverhütungsvorschriften (UVV). Zur Vorbereitung dieser werden bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung rund 15 Fachbereiche (z. B. »Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz«, »Bauwesen«, »Gesundheitsdienst«, »Rohstoffe und chemische Industrie« usw.) unterhalten, die neben anderen Aufgaben insbesondere auch das Vorschriftenwerk der Unfallversicherungsträger vervollständigen und aktualisieren. Die Unfallverhütungsvorschriften werden über DGUV-Regeln und Informationsschriften

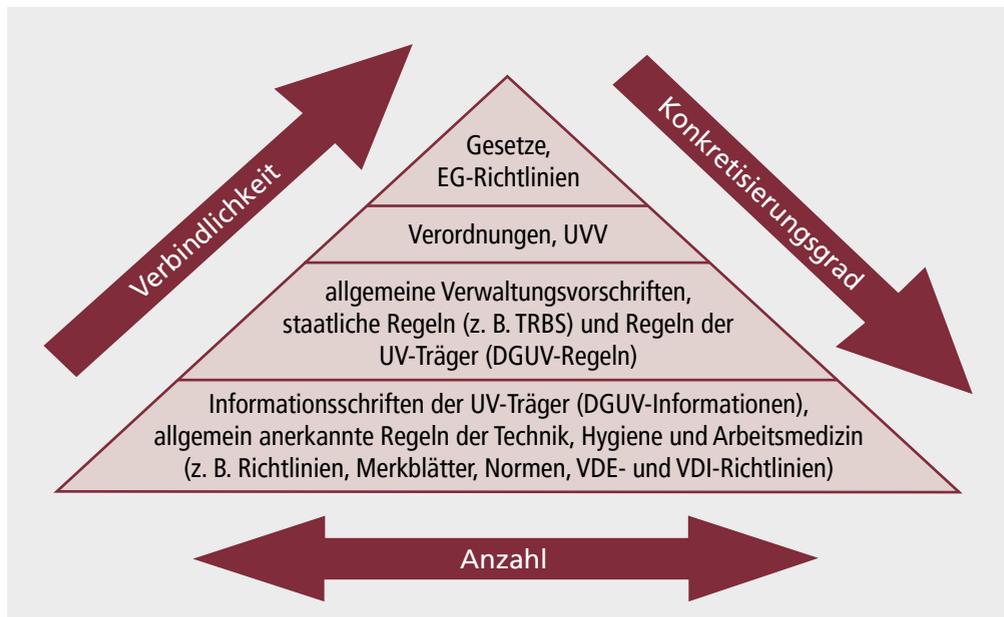


Bild 4.2 Systematik des staatlichen und autonomen Arbeitsschutzrechts



ten (z. B. DGUV-Informationen) ergänzt und ausgeführt, um die praktische Umsetzung in den Betrieben zu erleichtern. Ergänzt wird das Arbeitsschutzrecht durch Tarifverträge bzw. Betriebsvereinbarungen als autonomes Recht. Die verschiedenen Vorschriften und Regelungsarten und deren Beziehung zueinander sind im Bild unten auf der vorherigen Seite (► Bild 4.2) dargestellt.

4.2.3 Dualismus im Arbeitsschutz

In der Bundesrepublik Deutschland sind überbetrieblich für den Arbeitsschutz einerseits der Staat und andererseits die Unfallversicherungsträger zuständig. Es wird deshalb vom dualen Arbeitsschutzsystem gesprochen. Sowohl von staatlicher Seite (Bund und Länder) als auch von Seiten der Unfallversicherungsträger werden Vorschriften erlassen sowie die Überwachung und die Beratung zur Umsetzung der Vorschriften organisiert. Beide Seiten sind zur engen Zusammenarbeit verpflichtet. Grundlage hierfür sind § 21 Abs. 3 und 4 ArbSchG sowie § 20 SGB VII. Vereinfacht dargestellt sollen beide Seiten die Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen in den Betrieben überwachen und den Arbeitsschutz ständig verbessern, und hierbei beratend sowie insbesondere auch präventiv tätig sein.

4.2.4 Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA)

Durch Änderungen im Arbeitsschutzgesetz und im Sozialgesetzbuch VII wurden die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA) geschaffen. Die GDA ist eine auf Dau-

er angelegte konzertierte Aktion von Bund, Ländern und Unfallversicherungsträgern zur Stärkung von Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz. Ziel ist es, die bereits bestehenden Arbeitsschutzmaßnahmen einheitlich und transparent zu regeln und ihre Umsetzung am Arbeitsplatz nachhaltig voranzutreiben.

Kooperation, Koordination und Fokussierung sind die Leitmotive der gemeinsamen Präventions- und Überwachungsarbeit von Bund, Ländern und Unfallversicherungsträgern. Mit der GDA setzt Deutschland auch eine zentrale Forderung der EU-Gemeinschaftsstrategie für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz um. Um die Gemeinschaftsziele zu erreichen, sieht die EU-Strategie die Entwicklung von nationalen Arbeitsschutzstrategien in den Mitgliedstaaten vor. Mit der gemeinsamen Strategie werden gemeinsame Arbeitsschutzziele und Handlungsfelder festgelegt und in bundesweiten GDA-Arbeitsprogrammen umgesetzt. In diesen Arbeitsprogrammen bündeln Bund, Länder und Unfallversicherungsträger ihre Präventions- und Überwachungsaktivitäten, stimmen sich ab und nutzen Synergien mit Kooperationspartnern [16].

4.3 Sicherheit und Gesundheitsschutz bei den Feuerwehren

4.3.1 Grundlagen

Auch im Feuerwehrdienst ist das oberste Ziel von Sicherheit und Gesundheitsschutz die Bewahrung der körperlichen, geistigen und seelischen Unversehrtheit (Integrität) der Einsatzkräfte und damit die dauerhafte Erhaltung der Arbeitskraft und die Förderung der Leistungsfähigkeit durch eine entsprechende Gestaltung

Tabelle 4.1 Gemeldetes Unfallgeschehen bei den Freiwilligen Feuerwehren in Deutschland im Jahr 2020

Unfallgeschehen	Anzahl
versicherte Feuerwehrangehörige insgesamt in Deutschland	1 303 849
angezeigte Unfälle im Feuerwehrbetrieb	8 997
davon Unfälle mit Todesfolge	2
bestehende Rentenfälle infolge eines Unfalls im Feuerwehrbetrieb	2 459



Bild 4.3 Die vier notwendigen Elemente für Sicherheit und Gesundheitsschutz im Feuerwehreinsatz

der Tätigkeiten im Feuerwehrdienst. Leider kommt es aber dennoch immer wieder zu Unfällen im Feuerwehrdienst. Die ► Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über das Unfallgeschehen bei den deutschen Freiwilligen Feuerwehren im Jahr 2019.

Die »Betriebsart Feuerwehr« stellt einen Spezialfall in Sicherheit und Gesundheitsschutz dar, da die Einsatzkräfte der Feuerwehren zum allergrößten Teil Ehrenamtliche sind (im Jahr 2019 standen rund eine Million ehrenamtliche Einsatzkräfte zirka 46 300 hauptberuflichen Einsatzkräften für den abwehrenden Brandschutz gegenüber). Ehrenamtliche aber gelten nicht als Beschäftigte im Sinne des

Arbeitsschutzgesetzes, da sie unter anderem kein abhängiges Beschäftigungsverhältnis mit ihrem Dienstherrn eingehen. Daher gilt das Arbeitsschutzgesetz und seine unter Punkt 2.1 genannten Verordnungen und technischen Regeln nicht unmittelbar für ehrenamtliche



Merke:

Werden Tätigkeiten entsprechend der Feuerwehr-Dienstvorschriften durchgeführt, kann davon ausgegangen werden, dass damit die Vorgaben der Unfallversicherungsträger bei diesen Tätigkeiten erfüllt werden.

2.1 genannten Verordnungen und technischen Regeln nicht unmittelbar für ehrenamtliche Einsatzkräfte. Die Regel zur Unfallverhütungsvorschrift »Grundsätze der Prävention« (DGUV-Regel 100-001) führt hierzu an:

»Aufgrund des weiten Geltungsbereiches der Unfallverhütungsvorschriften (UVV) werden zudem die in Bezug genommenen Inhalte des staatlichen Arbeitsschutzrechtes nicht nur im Hinblick auf die Beschäftigten, sondern vielmehr – über den ›Umweg‹ der UVV – auf alle übrigen Versicherten (Paragraf 2 Nummer 2 ff. SGB VII) ausgedehnt. Damit werden die sich aus staatlichem Arbeitsschutzrecht ergebenden Pflichten über die Beschäftigten hinaus auch im Hinblick auf alle anderen Versichertengruppen zu Unternehmerpflichten. [...] Ziel dieser generellen Anwendung staatlichen Rechts ist letztendlich, Regelungslücken zu vermeiden, d. h. alle Versicherten unterliegen – sofern nicht spezielle Regelungen für bestimmte Versichertengruppen, z. B. im Bereich der Feuerwehren, bestehen – grundsätzlich denselben Rechtsvorschriften.« [2]

Das autonome Satzungsrecht der Unfallversicherungsträger umfasst natürlich solche speziellen Regelungen für den Feuerwehrbereich. Insbesondere die DGUV-Vorschrift 49 »Feuerwehren« führt verbindlich zu Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Ausbildung, Übung und Einsatz im Feuerwehrdienst aus.

Ansonsten müssten in einigen Fällen Vorgaben eingehalten werden, die angesichts der Gefährdungen entweder nicht in vollem Umfang notwendig oder umsetzbar wären. Hier kommt der »Grundsatz der Verhältnismäßigkeit« ins Spiel. Dieser besagt, dass die zu treffenden Maßnahmen geeignet, erforderlich und angemessen sein müssen. Ein Beispiel: Eine Gefährdungsbeurteilung, wie sie für bestimmungsmäßiges Arbeiten in Betriebsstätten vorgesehen ist, ist für Feuerwehreinsätze nicht immer möglich. In der Regel liegen zu Beginn eines Einsatzes keine genauen Informationen über die möglichen Gefährdungen, über Art und Ausmaß der Schadenlage und die örtlichen Gegebenheiten vor. Aufgrund dieser besonderen Situation kann die üblicherweise geltende Rangfolge der Schutzmaßnahmen (technische, organisatorische, per-



Merke:

Jeder Feuerwehrangehörige hat die Pflicht durch sicherheitsgerechtes Verhalten zur Vermeidung von Unfällen beizutragen. Dies kann z. B. erreicht werden durch:

- Tragen der vollständigen persönlichen Schutzausrüstung,
- Befolgen der erhaltenen Befehle und Weisungen,
- Einhalten der Feuerwehr-Dienstvorschriften und der Unfallverhütungsvorschrift »Feuerwehren«,
- keinerlei Tätigkeiten unter dem Einfluss von Alkohol und Drogen durchführen,
- Einsatz von nur geeigneten und für den Feuerwehrdienst zugelassenen bzw. genormten Arbeitsmitteln.

sönliche; ► Abschnitt 4.3.4) in der Regel nicht eingehalten werden. Organisatorische Maßnahmen und persönliche Schutzmaßnahmen erlangen daher besondere Bedeutung. Für solche Einsätze ist die Anwendung des staatlichen Arbeitsschutzrechtes daher teilweise nicht möglich. In bestimmten Situationen, zum Beispiel zur Menschenrettung, muss sogar davon abgewichen werden. Eine exakte Anwendung würde den Einsatz gegebenenfalls sogar unmöglich machen. Daher können ehrenamtliche Feuerwehrkräfte im Einsatzfall vom staatlichen Arbeitsschutzrecht abweichen, wenn sie dabei das spezifische Regelwerk der DGUV, insbesondere die Unfallverhütungsvorschrift »Feuerwehren« sowie die Feuerwehr-Dienstvorschriften, beachten. Eine Orientierung am staatlichen Arbeitsschutzrecht ist aber immer sinnvoll, sobald der Dienstbetrieb dies zulässt. Denn das Arbeitsschutzrecht gibt den Stand der Technik und der Arbeitsmedizin wieder [17].

Das autonome Satzungsrecht der Unfallversicherungsträger, die Feuerwehr-Dienstvorschriften und die Normen des Fachnormenausschusses Feuerwehr des Deutschen Instituts für Normung stellen die Basis von Sicherheit und Gesundheitsschutz im Bereich der ehrenamtlichen Feuerwehreinsetzungskräfte in Deutschland dar (► Bild 4.3).

In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, wie die Wertigkeit der Feuerwehr-Dienstvorschriften von den Unfallversicherungsträgern gesehen wird. Die Feuerwehr-Dienstvorschriften stellen für die gesetzliche Unfallversicherung so genannte Muster-Gefährdungsbeurteilungen dar. D. h., dass alle Tätigkeiten die gemäß der Feuerwehr-Dienstvorschriften von Einsatzkräften durchgeführt werden, bereits dem Stand der Technik entsprechen. Jede Einsatzleitung, welche die Feuerwehr-Dienstvorschriften beachtet, kann daher davon ausgehen, dass die Vorgaben der gesetzlichen Unfallversicherung damit bereits erfüllt sind.

4.3.2 Verantwortlichkeiten

Verantwortlich für Sicherheit und Gesundheitsschutz in der Feuerwehr ist der Dienstherr bzw. der Unternehmer, in einer Kommune also zunächst deren Bürgermeister. Dieser wird in der Regel den Leiter der Feuerwehr mit dieser Pflicht beauftragen (Pflichtenübertragung gemäß Paragraph 13 der DGUV-Vorschrift 1). Bei Einsätzen und Übungen sind die verantwortlichen Führungskräfte für die Einhaltung der Sicherheitsstandards verantwortlich. Sie dürfen nur Maßnahmen anordnen, die ein sicheres Tätigwerden der Feuerwehrangehörigen, auch unter Berücksichtigung ihrer individuellen Leistungsfähigkeit, ermöglichen (einzige Ausnahme ist die Menschenrettung). Jeder Feuerwehrdienstleistende ist ebenfalls verpflichtet, nach seinen Möglichkeiten und gemäß den Unterweisungen und Weisungen (z. B. Befehlen seiner Vorgesetzten) für Sicherheit und Gesundheitsschutz zu sorgen bzw. durch sein Verhalten ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten.

INFO

Der Kontakt zum zuständigen Unfallversicherungsträger kann unter www.dguv.de ermittelt werden. Dort ist auch das umfangreiche Vorschriften- und Regelwerk für die Bereiche Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Feuerwehr kostenfrei erhältlich.

In den meisten Bundesländern ist die Funktion des Sicherheitsbeauftragten bei den Feuerwehren eingeführt. Dieser unterstützt und berät den Leiter der Feuerwehr bei dessen Pflicht Sicherheit und Gesundheitsschutz in der Feuerwehr zu gewährleisten. Der Sicherheitsbeauftragte selbst besitzt aber keine Verantwortung hierbei, er wird lediglich beratend tätig.

4.3.3 Eignungsuntersuchungen

Einige Tätigkeiten in der Feuerwehr (zum Beispiel das Tragen von Atemschutzgeräten, Taucharbeiten) erfordern vor deren Aufnahme und danach in regelmäßigen Abständen eine medizinische Eignungsuntersuchung. Die rechtliche Grundlage hierzu findet sich für ehrenamtliche Feuerwehreinsatzkräfte in Paragraph 6 Absatz 3 der Unfallverhütungsvorschrift (UVV) »Feuerwehren« (DGUV-Vorschrift 49), aber auch die FwDV 7 (Atemschutz) bzw. 8 (Tauchen) stellt an Einsatzkräfte die Anforderung, dass diese körperlich geeignet sein müssen. Die Notwendigkeit für Eignungsuntersuchungen, zum Beispiel nach G 26, kann für Beschäftigte der Feuerwehr (zum Beispiel hauptamtliche Einsatzkräfte) durch interne oder vertragliche Regelungen festgeschrieben sein. Bescheinigt zum Beispiel ein Arzt für Arbeitsmedizin oder ein Betriebsmediziner eine Untauglichkeit bzw. ist die Frist der Untersuchung abgelaufen, darf ein Feuerwehrdienstleistender nicht mehr für die jeweilige Tätigkeit eingesetzt werden, Übergangsfristen gibt es dabei nicht. Wird eine eingeschränkte Eignung attestiert, so muss für jeden Einzelfall der Rahmen einer Einsatzmöglichkeit festgelegt werden. Es empfiehlt sich dann den untersuchenden Arzt miteinzubeziehen.

Im Gegensatz zur Eignungsuntersuchung zählt es zur arbeitsmedizinischen Vorsorge gemäß der ArbMedVV zu prüfen, inwieweit zum Beispiel Schutzimpfungen oder andere Angebots- bzw. Pflichtvorsorgeuntersuchungen durch den Dienstherrn anzubieten bzw. zu veranlassen sind (vgl. auch ► Abschnitt 4.4). Wird festgestellt, dass eine Gefährdung durch Infektionen (zum Beispiel Hepatitis-

B-Infektion beim Umgang mit Unfallopfern) bestehen, die durch eine Schutzimpfung zu vermeiden wären, ist es die Aufgabe des Dienstherrn, die Impfung anzubieten und die Kosten zu tragen.

4.3.4 Beurteilung von Arbeitsbedingungen bei den Feuerwehren

Für planbare Tätigkeiten im Bereich der Feuerwehren (also in der Regel außerhalb der Einsatzfähigkeit) ist es notwendig, dass der Träger des Brandschutzes (in der Regel also die Kommune) vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchführt. So empfiehlt es sich z. B. vor der Beschaffung einer Schlauchpflegeeinrichtung, eines Fahrzeuges oder gar dem Bau eines Feuerwehrhauses bereits gedanklich Fragen zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz zu stellen. Diese können z. B. sein:

- mechanische Gefährdungen (z. B. durch rotierende Teile, Sturz, Absturz, Herabfallen von Teilen)?
- elektrische Gefährdungen (z. B. durch gefährliche Körperströme, Lichtbogen)?
- Gefährdungen durch Gefahrstoffe (z. B. Brandrauch, Gase, Dämpfe, Feststoffe)?
- biologische Gefährdungen (z. B. Infektionsgefahren, sensibilisierende biologische Stoffe)?
- Brand- und Explosionsgefährdungen?
- thermische Gefährdungen (heiße oder kalte Medien, heiße oder kalte Oberflächen)?
- Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (z. B. Lärm, Vibrationen, Strahlung)?
- Gefährdungen durch die Umgebung (z. B. Klima, Beleuchtung, Verkehrswege)?
- Gefährdungen durch physische Belastung, Schwere der Arbeit (z. B. Heben und Tragen, statische und dynamische Arbeit, Halftarbeit)?
- Gefährdung durch Wahrnehmung und Handhabbarkeit (z. B. Informationsverarbeitung von Beschriftungen, Bedienbarkeit von Arbeitsmitteln)?
- Gefährdungen durch sonstige Belastungen (z. B. durch die eingesetzte persönliche

Schutzausrüstung, Feuchtarbeit)?

- Gefährdungen durch psychische Belastungen (z. B. durch soziale Bedingungen, Art der Tätigkeit)?
- Gefährdungen durch die Organisation (z. B. Arbeitsablauf, Arbeitszeit, Unterweisung, Verantwortung)?

Werden hier bereits Gefährdungen ermittelt, müssen diese durch eine festgelegte Rangfolge an Maßnahmen unwirksam gemacht werden, wobei immer möglichst die höchste Maßnahme der nachstehenden Rangfolge zu bevorzugen ist:

1. Substitution: z. B. Ersatz von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln mit hautreizenden Gefahrstoffen durch hautverträgliche Produkte in der Atemschutzwerkstatt;
2. technische Maßnahmen: z. B. Beschaffung einer Schlauchwaschmaschine, deren rotierende Teile durch ein Gehäuse abgedeckt sind und eventuell wegfliegende Teile (etwa nach Schlauchplatzern) durch Abdeckungen sicher zurückgehalten werden;
3. organisatorische Maßnahmen: z. B. Erstellen einer Dienstanweisung bzw. im Idealfall Positionierung des Alarmparkplatzes so auf dem Gelände des Feuerwehrhauses, dass das Feuerwehrhaus im Einsatzfall nicht durch die Fahrzeughalle betreten wird, um eine Gefährdung der eintreffenden Einsatzkräfte durch ausfahrende Fahrzeuge zu vermeiden;
4. persönliche Maßnahmen: z. B. Anbringen von Verbotsschildern wie »Aufenthalt unter schwebenden Last verboten« im Schlauchturm, oder das Bereitstellen von persönlicher Schutzausrüstung.

Die Beziehungen und Wirkungen der Rangfolge dieser Schutzmaßnahmen sind im Bild auf der vorhergehenden Seite (► Bild 4.4) dargestellt.

Beim Erstellen der Gefährdungsbeurteilung hat der Träger des Brandschutzes die Fachkraft für Arbeitssicherheit und den Arbeitsmediziner der jeweiligen Kommune miteinzu beziehen. Bei umfangreichen Projekten steht der technische Aufsichtsdienst des zuständigen Unfallversicherungsträger für Fachfragen und Beratungen zur Verfügung. Einen speziellen

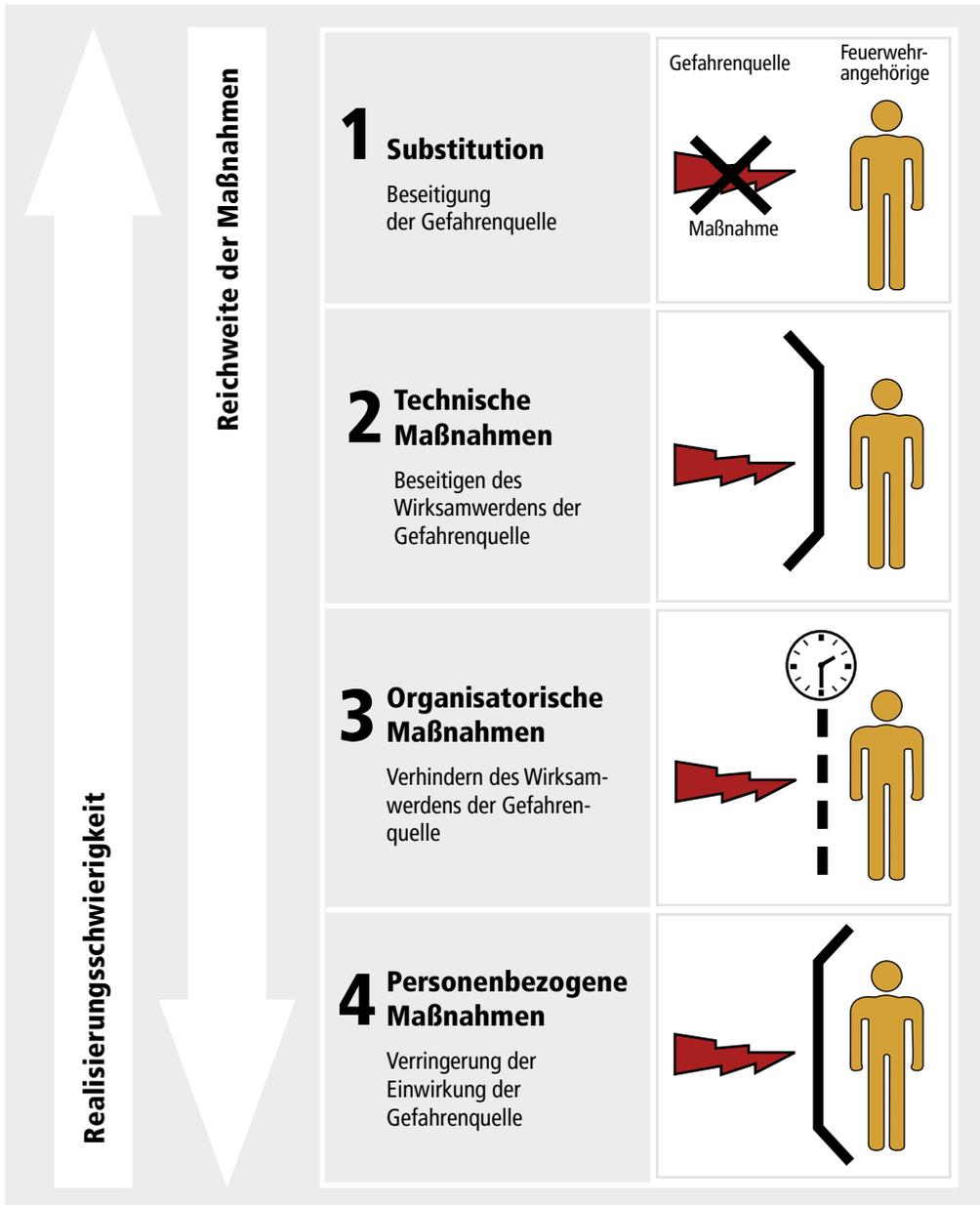


Bild 4.4 Rangfolge der Schutzmaßnahmen und deren Zusammenhänge

Bereich der Gefährdungsbeurteilung stellt die Beschaffung und Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung dar. Hierfür steht den deutschen Feuerwehren die Informationsschrift »Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung

für Einsätze bei der Feuerwehr« (DGUV-Information 205-014) zur Verfügung, die gemeinsam von der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes (vfdb) und der DGUV erstellt wurde [8].

**Achtung:**

Eine Unfallmeldung ist sorgfältig auszufüllen und immer vom Träger der Feuerwehr (in der Regel ist dies die Kommune) zu unterzeichnen. Sie muss spätestens drei Tage nach dem Unfall gestellt werden.

Bei schweren Unfällen (Todesfall, schwere Verletzungen oder mehrere Betroffene) muss eine sofortige Meldung per Telefon oder Telefax an den zuständigen Unfallversicherungsträger erfolgen!

4.4 Was tun bei einem Unfall?

Kommt es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen doch zu einem Unfall bzw. einer Verletzung im Feuerwehrdienst (z. B. bei Einsatz, Ausbildung oder Übung) und muss aufgrund der Schwere der Verletzung ein Arzt oder ein Krankenhaus aufgesucht werden, so ist zu beachten, dass der Unfallversicherungsträger der Feuerwehr und nicht die Krankenkasse des Geschädigten als Kostenträger der Heilbehandlung genannt werden muss; d. h., es muss der »Dienstunfall bei der Feuerwehr« bei der Anmeldung beim Arzt angegeben werden. Besteht aufgrund des Unfalls bzw. der Verletzung eine Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Werktagen, muss eine Unfallmeldung an den Unfallversicherungsträger (in der Regel über die Vorgesetzten) getätigt werden. Vordrucke bzw. Datei-Vorlagen stellt der zuständige Unfallversicherungsträger zur Verfügung. Die ärztliche Arbeitsunfähigkeitsbescheinigung wird regulär bei der zuständigen Krankenkasse eingereicht.

Kommt es zu einem tödlichen oder einem anderen sehr schweren Unfall, oder gab es ein gravierendes Ereignis mit mehreren beteiligten Einsatzkräften, so muss eine sofortige Meldung an den zuständigen Unfallversicherungsträger per Telefon oder Telefax durchgegeben werden. Besteht Unsicherheit, ob ein Unfall meldepflichtig ist bzw. zu einer Arbeitsunfähigkeit führen wird, kann zur Sicherheit immer eine Unfallanzeige gestellt werden, hierdurch entstehen der Feuerwehr und der geschädigten Einsatzkraft keine Nachteile.

Der zuständige Unfallversicherungsträger bestätigt den Eingang der Unfallanzeige und veranlasst dann alles weitere, um eine Heilbehandlung mit allen geeigneten Mitteln sicherzustellen. Bei geringfügigen Ereignissen (z. B. Abschürfung, kleine Schnittverletzung oder Prellung), die keinen Arztbesuch erfordern, muss das Ereignis dennoch in einem Verbandbuch (DGUV-Information 204-020) schriftlich festgehalten werden. Verbandbücher können beim zuständigen Unfallversicherungsträger kostenfrei angefordert werden.

Literatur

- [1] DGUV: »In guten Händen – Ihre gesetzliche Unfallversicherung« (10857), 2016.
- [2] DGUV: »Grundsätze der Prävention« (DGUV-Vorschrift 1), 2014.
- [3] DGUV: »Grundsätze der Prävention« (DGUV-Regel 100-001), 2014.
- [4] DGUV: »Feuerwehren« (DGUV-Vorschrift 49), 2018, (Unfallverhütungsvorschrift »Feuerwehren«).
- [5] DGUV: »Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung im Feuerwehrdienst« (DGUV-Information 205-021), 2019.
- [6] DGUV: »Sicherheit im Feuerwehrdienst« (DGUV-Information 205-010), 2011.
- [7] DGUV: »Sicherheit im Feuerwehrhaus« (DGUV-Information 205-008), 2016.
- [8] DGUV: »Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung für Einsätze bei der Feuerwehr« (DGUV-Information 205-014), 2016.
- [9] DGUV: »Elektrische Gefahren an der Einsatzstelle« (DGUV-Information 203-052), 2011.
- [10] DGUV: »Prüfgrundsätze für Ausrüstung und Geräte der Feuerwehr« (DGUV-Grundsatz 305-002), 2013.
- [11] DGUV: »Wartung von Atemschutzgeräten« (DGUV-Information 205-013), 2008.
- [12] DGUV: »GHS – Merkblatt für Einsatzkräfte« (DGUV-Information 213-038), 2012.
- [13] DGUV: »Leitfaden zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung im Feuerwehrdienst« (DGUV-Information 205-021), 2019.
- [14] DGUV: »Feuerweherschutzkleidung – Tipps für Beschaffer und Benutzer« (DGUV-Information 205-020), 2012.
- [15] DGUV: »Einsatz an Photovoltaikanlagen – Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen« (DGUV-Information 205-018), 2012.
- [16] www.gda-portal.de/de/Startseite.html, Stand: März 2021.

- [17] Bell, F., Hussing, M.: Die neue DGUV-Vorschrift 1 – vereinfacht und entschlackt, DGUV faktor arbeitsschutz 1/2014, S. 6 ff.

INFO

Die DGUV-Publikationen (und damit auch die Literaturstellen [1] bis [15]) können kostenfrei im Internet bezogen werden unter <http://publikationen.dguv.de>.

Notizen:

B Naturwissenschaftliche Grundlagen

5. Chemische Grundlagen	59
6. Physikalische Grundlagen.....	70
7. Brand- und Löschlehre	76
8. Biologische Grundlagen	88

5 Chemische Grundlagen

von Jochen Thorns

Physik und Chemie lassen sich oft nicht leicht voneinander abgrenzen, als Beispiel sei nur die Atomphysik genannt. Während die Physik die Lehre von den Zuständen und Zustandsänderungen ist, untersucht die Chemie die Stoffe und ihre Veränderungen, also die Stoffumwandlung oder – anders gesagt – die Umwandlung von Substanzen. Auch das Feuer ist ein chemischer Vorgang.

5.1 Grundlagen

Grundlage der Chemie ist die **< Materie >**, die chemisch auch als Stoff bezeichnet wird. Die Materie hat eine Masse (also ein Gewicht) und nimmt einen Raum ein (sie hat also ein Volumen). Materie kann entweder als reiner **< Stoff >** vorliegen oder aber als **< Mischung >** (auch bezeichnet als Gemisch oder Gemenge). Außerdem kann Materie in den drei Aggregatzuständen fest, flüssig und gasförmig vorkommen.

Mischungen können in weitere Komponenten zerteilt werden und sind in der Zusammensetzung variabel; sie können heterogen, also ungleichmäßig, oder homogen (gleichmäßig) zusammengesetzt sein. Den homogenen Anteil der Materie bezeichnet man als **< Phase >**. Heterogene Mischungen bestehen also aus verschiedenen Phasen. Mischungen lassen sich physikalisch trennen, sodass der ursprünglich gelöste Stoff zurückbleibt. Reine Stoffe hingegen lassen sich nicht weiter physikalisch auftrennen.

Reine Stoffe können sich aus chemischen Verbindungen zusammensetzen, die sich chemisch weiter in die Elemente zerlegen lassen. **< Elemente >** hingegen sind solche Stoffe, die sich auch chemisch nicht weiter aufspalten lassen. Sie bestehen aus einzelnen Atomen (»einatmig«) oder aus Molekülen, die aus lau-

ter gleichen Atomen (»zweiatmig«) aufgebaut sind.

< Atome > sind die kleinsten chemischen Bausteine. Sie bestehen nach dem so genannten Bohrschen Atommodell (Niels Bohr, 1885 – 1962) aus drei Elementarteilchen:

- den Elektronen, welche Träger einer negativen Ladung sind,
- den Protonen, welche Träger einer positiven elektrischen Ladung sind, die genauso groß ist wie die negative Ladung, und
- den Neutronen, welche – wie der Name schon sagt – neutral sind, also keine elektrische Ladung tragen.

Protonen und Neutronen bilden den positiv geladenen Atomkern. Sie besitzen die gleiche Masse und sind rund 2 000-mal schwerer als die Elektronen. Die Neutronen dienen als »Klebstoff« zwischen den Protonen, die sich aufgrund der gleichen Ladung sonst abstoßen würden. Die Elektronen hingegen bilden die negativ geladene Atomhülle und umkreisen auf fest gelegten Bahnen (den Orbitalen) den Atomkern in einem bestimmten Abstand. Hat ein Atom mehr als zwei Elektronen, gibt es nicht nur eine »Umlaufbahn«, sondern je nach Anzahl der Elektronen mehrere. Diese verschiedenen Elektronenbahnen, die einen unterschiedlichen Abstand zum Atomkern haben und zwiebelschalenartig aufgebaut sind, nennen sich **< Schalen >**. Jede Schale bietet nur für eine ganz bestimmte Anzahl von Elektronen Platz (► Bild 5.1 und Erläuterung des »Periodensystems der Elemente«).

Das einfachste Atom ist das Wasserstoff-Atom. Es besteht aus einem Proton und einem Elektron. Ein Neutron als »Klebstoff« im Atomkern ist aufgrund des Ladungsausgleichs nicht notwendig. Gleichwohl gibt es auch Wasserstoff-Atome mit einem zusätzlichen Neutron im Atomkern. Diese werden Deuterium

(oder »Schwerer Wasserstoff«) genannt. Trotz eines anderen Atomaufbaus ist auch beim Deuterium natürlich nur ein Proton im Atom vorhanden. Atome, welche die gleiche Zahl von Protonen haben, nennt man **<Isotope>**. Dabei ist völlig gleich, wie viele Neutronen oder Elektronen das Atom hat.

Schließen sich mehrere Atome zusammen, nennt man diesen Atomverbund **<Molekül>**. Enthält ein Molekül mindestens zwei verschiedene Atome, so ist es eine chemische **<Verbindung>**. Und Atome oder Moleküle, die elektrisch nicht neutral geladen sind, heißen **<Ionen>**. Negativ geladene Ionen werden als Anionen, positiv geladene Ionen als Kationen bezeichnet.

Elemente bestehen also aus Atomen oder aus Molekülen gleicher Atome. Um diese Elemente zu kennzeichnen werden nicht immer die Namen geschrieben. Stattdessen werden die **<Symbole>** der Elemente genutzt; die Namen der Elemente werden abgekürzt. Dies geschieht wie bei der Feuerwehr: So wird der Begriff Hilfeleistungs-Löschgruppenfahrzeug auch nicht immer ausgeschrieben, sondern mit HLF abgekürzt. Ebenso ist es bei den Elementen: Meist wird der erste Buchstabe des Element-Namens (teilweise des lateinischen Namens, z. B. N für Nitrogenium = Stickstoff oder H für Hydrogenium = Wasserstoff) zur Kennzeichnung genutzt. Gibt es mehrere Elemente mit gleichem Anfangsbuchstaben, dann kommt noch ein

kleingeschriebener zweiter Buchstabe hinzu (z. B. Zn = Zink). Diese Abkürzung nennt sich Symbol. Das Symbol ist zugleich auch das chemische Zeichen eines Elements.

Die Elemente werden nach ihrer chemischen Ähnlichkeit im **<Periodensystem der Elemente>** geordnet. Man kann dieses Schema gut mit dem Schema der »Gefahren der Einsatzstelle« (► Kapitel 20) vergleichen, da auch dort Ähnlichkeiten und Unterschiede bei den Gefahren für Menschen, Tiere und Sachwerte erfasst werden. Im Periodensystem der Elemente haben alle Stoffe, die untereinander stehen, chemisch ähnliche Eigenschaften, während sich bei den Elementen von links nach rechts die Eigenschaften vorhersehbar ändern. Außerdem ändern sich die physikalischen Eigenschaften (Masse, Größe, Siedepunkt) der Elemente einer Gruppe von oben nach unten jeweils gleichartig. Die senkrechten Spalten werden als Gruppen bezeichnet, die waagerechten Zeilen als Perioden. Es gibt Hauptgruppen und Nebengruppen; dies hängt mit der Auffüllung der Elektronenschalen zusammen (► Kasten auf der nächsten Seite). Die Hauptgruppen sind die Gruppen 1 bis 8:

- Hauptgruppe 1: Alkalimetalle;
- Hauptgruppe 2: Erdalkalimetalle;
- Hauptgruppe 3: Erdmetallgruppe oder Borgruppe;
- Hauptgruppe 4: Kohlenstoff-/Silizium-Gruppe;
- Hauptgruppe 5: Stickstoff-/Phosphor-Gruppe;
- Hauptgruppe 6: Chalkogene (Gruppe der Erzbildner);
- Hauptgruppe 7: Halogene (Gruppe der Salzbildner; die Elemente dieser Hauptgruppe reagieren meist heftig und bilden mit Metallen Salze).
- Hauptgruppe 8: Edelgase (Edelgase sind reaktionsträge).

Die Anordnung der Elemente im Periodensystem erfolgt nach der ansteigenden Zahl der Protonen. Man spricht nicht von Protonenzahl, sondern von Ordnungszahl (da die Ordnung nach der Zahl der Protonen erfolgt). Die Ordnungszahl, und damit die Zahl der Protonen, nimmt von Element zu Element jeweils um

Tabelle 5.1 Lateinische Namen wichtiger Elemente

deutsch	lateinisch	Symbol
Wasserstoff	Hydrogenium	H
Stickstoff	Nitrogenium	N
Sauerstoff	Oxygenium	O
Schwefel	Sulfur	S
Blei	Plumbum	Pb
Quecksilber	Hydrargyrum	Hg
Gold	Aurum	Au
Silber	Argentum	Ag
Eisen	Ferrum	Fe

Ordnungszahl		Masse (u)		Symbol		Vorkommen												
1		1.0079		H		x fest o natürlich x flüssig o nat. radioaktiv x gasförmig o synthetisch												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1.0079	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Li	Be	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	6.941	9.0122	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	22.99	24.305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	39.098	40.078	44.956	47.867	50.942	51.996	54.938	55.845	58.933	58.693	63.546	65.38	69.723	72.64	74.922	78.96	79.904	83.798
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
5	85.468	87.62	88.906	91.224	92.906	95.96	[97.90]	101.07	102.91	106.42	107.87	112.41	114.82	118.71	121.76	127.6	126.9	131.29
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	Cs	Ba	-	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
6	132.91	137.33	71	178.49	180.95	183.84	186.21	190.23	192.22	195.08	196.97	200.59	204.38	207.2	208.98	[208.9]	[209.9]	[222.0]
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
7	Fr	Ra	-	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
7	[223.0]	[226.0]	103	[263.1]	[262.1]	[266.1]	[264.1]	[269.1]	[268.1]	[272.1]	[272.1]	[277]	[284]	[289]	[288]	[292]	[292]	[294]
Innere Übergangsmetalle (Lanthanoide und Actinoide)																		
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
138.91	140.12	140.91	144.24	[144.9]	150.36	151.96	157.25	158.93	162.5	164.93	167.26	168.93	173.05	174.97				
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				
[227.0]	232.04	231.04	238.03	[237.0]	[244.0]	[243.0]	[247.0]	[247.0]	[251.0]	[252.0]	[257.0]	[258.0]	[259.1]	[262.1]				

Quelle: Periodensystem.info

Bild 5.1 Periodensystem der Elemente

INFO

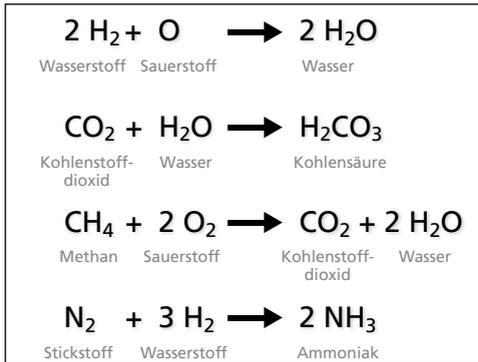
Informationen zum Periodensystem der Elemente

In die innerste Schale passen nur zwei Elektronen. Somit gibt es auch nur zwei chemische Elemente, die nur diese innerste Elektronenschale haben: Wasserstoff und Helium. Sie bilden in der Darstellung des Periodensystems die oberste Reihe. Bei dem nächstfolgenden Atom Lithium mit drei Protonen (und damit auch drei Elektronen) befindet sich das dritte Elektron einzeln in einer weiter außen liegenden Elektronenschale. Diese nächste Schale hat Platz für maximal acht Elektronen. Diese Schale wird im Periodensystem als nächste Reihe von oben dargestellt. Bei Natrium wird eine weitere Elektronenschale angefangen und mit einem Elektron besetzt, hier ist wiederum für maximal acht Elektronen Platz; auch diese Schale wird wieder als Reihe dargestellt. Betrachtet man nur die Elektronen der jeweils äußersten Schale, so spricht man von den Außenelektronen. Vergleicht man dazu die Stoffeigenschaften von Elementen mit der gleichen Anzahl an Außenelektronen, fällt auf, dass diese große Ähnlichkeiten haben. Verantwortlich für die ähnlichen chemischen Eigenschaften der Elemente sind die Außenelektronen. Aufgrund der periodischen Wiederholung der Eigenschaften der Elemente wurde die Anordnung der Elemente im Periodensystem in Reihen gewählt, die als Periode bezeichnet werden. Die einander ähnlichen Elemente stehen im Periodensystem untereinander und bilden jeweils eine Gruppe. Diese Gruppe wird als Hauptgruppe bezeichnet. Diese Systematik des Aufbaus wird in den nächsten Reihen allerdings unterbrochen. Zwar bilden auch hier die beiden ersten Elektronen eine neue äußere Schale, allerdings wird dann vor der Auffüllung bis zum achten Elektron zunächst eine darunter liegende neue Schale mit zehn Elementen angelegt. Hier untereinander stehende Elemente werden nicht als Haupt-, sondern als Nebengruppe bezeichnet.

Tabelle 5.2 Beispiele für Summen- und Verhältnisformeln

Molekül	Summenformel	Verhältnisformel
Benzol	C ₆ H ₆	CH
Wasser	H ₂ O	H ₂ O ₁

^a Die »1« bei der Verhältnisformel von Wasser wird nicht geschrieben, daher lautet die Formel: H₂O.

**Bild 5.2** Beispiele von Reaktionsgleichungen

den Faktor eins zu. Somit gibt die Ordnungszahl nicht nur die Zahl der Protonen an, sondern ist auch Platzhalter im Periodensystem. Was kann man nun aus dem Periodensystem der Elemente ablesen? Zunächst kann man die direkt im Periodensystem abgedruckten Angaben erkennen:

- das Symbol/chemische Zeichen des Elements und damit den Namen,
- die Ordnungszahl und damit die Zahl der Protonen und der Elektronen (beide sind gleich),
- die Atommasse. Die Atommasse wird in der Atommasseneinheit [u], abgekürzt AME, angegeben. Sie wird als 1/12 der Masse eines Kohlenstoffatoms definiert.

Zieht man eine Diagonale von links oben nach rechts unten kann man die Elemente in etwa in Metalle und Nicht-Metalle unterteilen. Die Metalle stehen links, die Nichtmetalle rechts. Das heißt auch, dass die metallischen Eigenschaften der Elemente wie gute Wärme- und elektrische Leitfähigkeit von links nach rechts abnehmen und gleichzeitig von oben nach unten zunehmen. Auf der rechten Seite des Periodensystems stehen die Elemente, für die es am

einfachsten ist, Elektronen aufzunehmen, um die Edelgaskonfiguration zu erreichen. Auf der linken Seite stehen die Elemente, die Elektronen abgeben, um die Edelgaskonfiguration zu erreichen.

5.1.1 Formeln und Gleichungen

Die **<Formel>** einer Verbindung gibt das Zahlenverhältnis der in der Verbindung enthaltenen Atome an. Daraus lässt sich auch das Massenverhältnis der in der Verbindung enthaltenen Elemente berechnen. Daher werden die Formeln auch Verhältnisformel, Substanzformel oder Summenformel genannt. Die Summenformel eines Stoffes besteht aus den Symbolen der enthaltenen Elemente und tiefgestellten Ziffern für deren jeweilige Anzahl in dieser Verbindung. Die Zahlenverhältnisse richten sich bei Ionenverbindungen nach der Ladung der Ionen, also ob Atome beim Bestreben die Edelgaskonfiguration zu erreichen Elektronen aufnehmen oder abgeben. Die so genannte **<Oxidationszahl>** (früher oft als Wertigkeit bezeichnet) gibt dabei an, wie viele Elektronen aufgenommen oder abgegeben werden. Sie wird als römische Ziffer mit positivem oder negativem Vorzeichen geschrieben. In einer Ionenverbindung ist die Oxidationszahl eines Elements und die tatsächliche Ionenladung identisch. Bei Atomen, die mittels Atombindung miteinander verbunden sind, kann die Oxidationszahl festgelegt werden, indem man die Formel zerlegt (NaCl: Na⁺¹ Cl⁻¹). Teilweise finden sich die Oxidationszahlen auch im Periodensystem der Elemente wieder. Bei den Hauptgruppen 1 bis 4 entspricht die Nummer der Hauptgruppe auch der Oxidationszahl. Die Metalle dieser Gruppen geben Elektronen ab. In manchen Periodensystemen sind die Oxidationszahlen auch direkt eingezeichnet.

Ein Beispiel für eine Formel ist Wasser. Die Summenformel von Wasser lautet H₂O. Das bedeutet, dass sich Wasser aus zwei Wasserstoff-Atomen (zusammengefasst zu einem Wasserstoff-Molekül) und einem Sauerstoff-Atom (O = Oxigenium, Sauerstoff) zusammensetzt. Ein weiteres Beispiel für eine Summenformel

ist Benzol. Sie lautet C_6H_6 . Im Gegensatz zur Summenformel steht die Verhältnisformel. Sie gibt an, in welchem Verhältnis einzelne Atom- oder Ionensorten in einer chemischen Verbindung vorliegen (► Abschnitt 5.5.1). Damit wird ein Teil der chemischen Struktur einer Verbindung beschrieben. Als Beispiel sei die Verhältnisformel von Benzol angegeben: CH.

Um chemische Reaktionen benennen zu können, nutzt man die Reaktionsgleichungen. Dabei werden die Formeln der Verbindungen bzw. die Symbole der Elemente sowie die Produkte der Stoffumwandlung wie in der Mathematik dargestellt. Allerdings wird statt des Gleichheitszeichens ein Pfeil genutzt. Auf beiden Seiten des Pfeils müssen von jedem Element gleich viele Atome vorhanden sein. Beispiele für Gleichungen zeigt ► Bild 5.2.

5.2 Chemische Bindung

Da die Zahl der Elemente nicht ausreicht, verbinden sie sich zu Verbindungen mit neuen Eigenschaften. Für diese Verbindung der Elemente gibt es zwei wichtige Bindungsarten:

- die Ionenbindung und
- die Atombindung.

5.2.1 Die Ionenbindung

Bei der Ionenbindung bewirken die Ionen (Atome oder Moleküle, die elektrisch nicht neutral sind) die Bindung mittels elektrostatischer Anziehung.

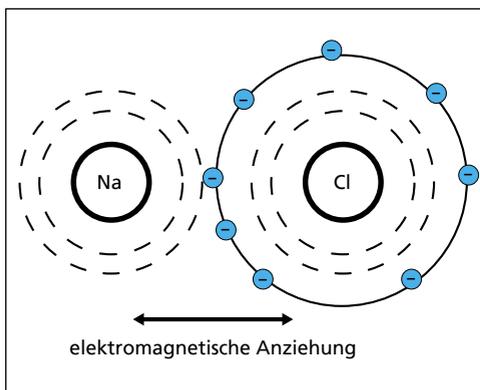


Bild 5.3 Ionenbindung



Merke:

Ionenverbindungen sind Salze. Sie sind im festen Zustand nicht leitfähig und haben einen hohen Schmelz- und Siedepunkt.

Atome sind immer dann besonders stabil, wenn eine Schale mit Elektronen aufgefüllt ist. Beispielsweise haben die Edelgase volle Schalen, sodass sie sehr reaktionsträge sind. Die Alkalimetalle der Hauptgruppe 1 des Periodensystems haben hingegen nur ein Elektron auf der äußersten Schale. Sie sind daher reaktionsfreudig, weil sie einen stabilen Zustand anstreben und so das Elektron abgeben wollen. Durch die Abgabe oder Aufnahme von Elektronen werden die Atome elektrisch geladen, schließlich entspricht die Zahl der Elektronen in der Atomhülle nicht mehr der Protonenzahl im Atomkern.

Durch den Elektronenübergang von einem Atom zu einem anderen, entsteht ein Ionenpaar, das auf andere Ionen sehr starke, nach allen Seiten wirkende Anziehungskräfte ausübt. Ein positiv geladenes Ion (Kation) wird versuchen, sich auf allen Seiten mit negativ geladenen Ionen (Anionen) zu umgeben und umgekehrt. Die Ionenpaare bleiben daher nicht als instabiles Molekül erhalten, sondern bilden ein stabiles Ionengitter. Bei diesem Kristallgitter sind die Ionen die Gitterbausteine. Verbindungen, die aus Ionen bestehen, nennt man Salze. Um ein Ionengitter zu schmelzen, müssen die

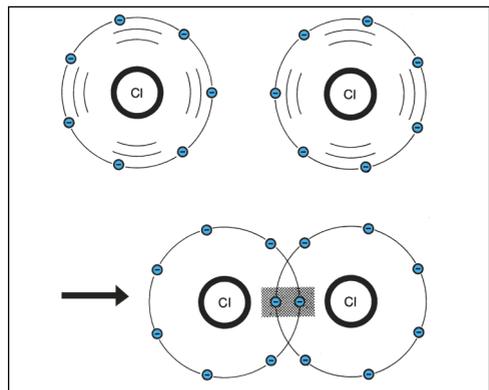


Bild 5.4 Atombindung (Einfachbindung)

Anziehungskräfte überwunden werden, wozu eine hohe **<Energie>** notwendig ist. Energie bezeichnet die Arbeit. Sie kann in verschiedenster Form erbracht werden, z. B. in Form von Wärme. Je höher Ionen geladen sind, desto höher liegen der ohnehin schon hohe Schmelz- und Siedepunkt. Im gelösten oder flüssigen Zustand sind die Ionen beweglich und wandern zur Kathode (negativer Pol) oder zur Anode (positiver Pol). Durch diese Wanderung transportieren die Ionen eine elektrische Ladung, also elektrische Spannung. Ionenverbindungen sind im gelösten oder flüssigen Zustand also elektrisch leitfähig. Stabile Ionen-Kristallgitter, also Ionenverbindungen im festen Aggregatzustand, sind hingegen Nichtleiter.

5.2.2 Die Atombindung

Die Atombindung besteht aus einem gemeinsamen Elektronenpaar. Die Atombindung kommt vor allem bei Atomen vor, die jeweils ein Elektron für die äußerste Schale benötigen. Die beiden Atome nähern sich nun so an, dass die Elektronenschalen sich überlappen. Dabei üben die beiden Atomkerne eine anziehende Wirkung auf die Elektronen aus. So wird die gegenseitige Abstoßung der negativen Ladungen überwunden und es bildet sich eine Art Schnittmenge der Elektronen in der äußersten Schale. Beide Atomkerne nutzen ein Elektron des anderen Atoms für die eigene äußere Schale. Erfolgt dies nur an einer Stelle nennt man es auch Einfachbindung. Eine solche Einfachbindung (► Bild 5.4) haben beispielsweise alle sehr reaktionsfreudigen Halogen-Moleküle (z. B. Chlor).

Erfolgt die Bindung an zwei Stellen wie beim Sauerstoff-Molekül, dem in der äußersten Schale zwei Elektronen fehlen, spricht man von einer Doppelbindung. Eine Dreifachbindung, wie beim Stickstoff-Molekül, erfolgt dann an drei Stellen.

Einfachbindungen sind weniger stark als Zwei- oder Dreifachbindungen, sodass die Moleküle reaktionsfreudiger sind. Verbindungen mit einer Atombindung sind nichtleitend. Sie haben in der Regel jedoch niedrigere Schmelz- und Siedepunkte als Salze, also Verbindungen

mit einer Ionenbindung, und sind nicht so stabil.

5.3 Stöchiometrie

Unter stöchiometrischen Berechnungen versteht man die Berechnungen der Masse und des Volumens mit denen sich Substanzen an chemischen Reaktionen beteiligen. Man will also berechnen, wie viel Menge eines Stoffes man bei einer Reaktion einsetzen muss, um ein bestimmtes Ergebnis zu erhalten. In der Chemie wird mit dem Begriff Stöchiometrie jedoch meist nicht die Berechnung, sondern nur das Ergebnis bezeichnet.

Die Grundlagen der Stöchiometrie basieren auf dem **<Gesetz der konstanten Proportionen>** und dem **<Massenerhaltungsgesetz>**. Das Gesetz der konstanten Proportionen besagt, dass die Elemente in einer bestimmten Verbindung immer im gleichen Massenverhältnis vorkommen. Der Massenerhaltungssatz sagt aus, dass sich die Masse bei einer chemischen Reaktion nicht wesentlich ändert. Das heißt, die Massen auf der Ausgangsseite einer Reaktionsgleichung sind gleich der Masse auf der Ergebnisseite der Reaktionsgleichung.

Jedes Atom hat eine gewisse Masse, die wir auch im Periodensystem der Elemente finden. Diese relative Atommasse wird in der Atommasseeinheit u angegeben. Entsprechend gibt die relative Molekülmasse $[u]$ die Masse eines Moleküls an. Sie entspricht der Summe der relativen Atommassen für das Molekül. Damit wird das Massenverhältnis des jeweiligen Atoms zu einem gedachten Atom der Masse $1 u$ angegeben. Im Unterschied zu dieser relativen Atommasse wird die in Gramm oder u angegebene Masse als absolute Atommasse bezeichnet.

Da in der Chemie nicht in Gramm und Kilogramm gerechnet wird, braucht man eine andere Einheit: das Mol. Das Mol ist diejenige Stoffmenge, die der bestimmten Teilchenmenge entspricht wie Atome in zwölf Gramm Kohlenstoff-12 enthalten sind. Anders ausgedrückt haben zwölf Gramm Kohlenstoff-12 genau ein Mol Atome. Ein Mol Atome des

Kohlenstoffs-12 hat eine Masse von rund zwölf Gramm. Die Teilchen- und die Stoffmenge (oder anderes gesagt die Atommassen in der Atommasseneinheit u und in anderen Masseinheiten wie Gramm oder Kilogramm) sind proportional zueinander. Die Teilchenzahl pro ein Mol Stoffmenge (Avogadro-Zahl) hat den Wert: $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Das bedeutet ein Mol Natrium enthält $6,02 \times 10^{23}$ Natrium-Atome und 1 Mol Wasser hat $6,02 \times 10^{23}$ Wasser-Moleküle.

Da die Molmasse eines Elements oder einer Verbindung die Summe der Atom- oder Molekülmassen ist, kann leicht die Molmasse der Reaktionspartner festgestellt werden. Natrium hat eine relative Atommasse von rund 22,98 u , die Molmasse beträgt 22,9898 Gramm. Kommen Elemente nur als Molekül vor (z. B. Chlor) muss dies berücksichtigt werden. Die Molmasse einer Verbindung ist gleich der Summe der Molmassen der Elemente multipliziert mit ihren Indexzahlen. Chlor hat eine relative Atommasse von 35,5 u . Das Molgewicht des Chlor-Moleküls Cl_2 beträgt so 71 Gramm. Das heißt aber auch, dass 22,9898 Gramm Natrium und 71 Gramm Chlor die gleiche Anzahl von Teilchen beinhalten.

Gleiches gilt für Gase (streng genommen nur für ideale Gase): Nach Avogadro nehmen gleich viele Teilchen bei gleichen Bedingungen im gasförmigen Zustand den gleichen Raum ein. Das Volumen eines Mol eines Gases ist bei gleichen Bedingungen also dasselbe. Das so genannte Molvolumen beträgt 22,414 Liter (bei 1 013 hPa und 0 °C).

Mit der Atom- und Molekülmasse sowie der Molmasse bzw. -volumen können stöchiometrische Berechnungen durchgeführt werden. Als Beispiel nehmen wir wieder Wasser (H_2O):
 $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
 Es reagieren also zwei Mol Wasserstoff-Molekül mit 1 Mol Sauerstoff-Molekül zu 2 Mol Wasser-Molekül:
 $2 \text{ Mol H}_2 + 1 \text{ Mol O}_2 \rightarrow 2 \text{ Mol H}_2\text{O}$

Dies kann man in Molmassen umrechnen: Das Element Wasserstoff hat eine Atommassenzahl von 1, Sauerstoff von 16.
 $2 \times (1 + 1)g + (16 g \times 2) = 4 g + 32 g = 36 g/mol$



Merke:

Aus den Molmassen der Elemente kann man die molaren Massen aller Verbindungen errechnen.

Das bedeutet vier Gramm Wasserstoff reagieren mit 32 Gramm Sauerstoff zu 36 Gramm Wasser. Da Wasser als Summenformel jedoch H_2O hat, beträgt die Molmasse eines Mol Wasser nur rund 18 g/mol ($2 \times 1 g$ Wasserstoff + 16 g Sauerstoff).

5.4 Chemische Reaktionen

Wie bereits dargestellt, werden zur Darstellung chemischer Reaktionen Reaktionsgleichungen aufgestellt (► Abschnitt 5.1.1).

Bei chemischen Reaktionen reagieren Elemente und/oder Verbindungen in der Regel zu Verbindungen. Chemische Reaktionen, bei denen quasi gleichzeitig, also in einer Reaktion, Elektronen ausgetauscht werden, nennt man **< Redoxreaktionen >**. Das Element, das Elektronen abgibt wird oxidiert, das Element, das Elektronen aufnimmt wird reduziert. Redoxreaktionen sind in der Chemie von großer Bedeutung, da viel Stoffwechsel- und Verbrennungsvorgänge darauf basieren. Jede Verbrennung in einem Motor ist ebenso eine Redoxreaktion wie die bekannte Knallgasreaktion von Wasserstoff und Sauerstoff.

Zur Verdeutlichung der Redoxreaktion wird diese nachfolgende in Einzelschritten dargestellt (mit » e^- « wird ein Elektron bezeichnet).
 Stoff A $\rightarrow A^+ + e^-$
 Der Stoff A oxidiert und gibt ein Elektron ab. Dadurch wird er selbst positiv geladen.

Stoff B $+ e^- \rightarrow B^-$
 Reduktion: Das Elektron wird vom Oxidationsmittel B aufgenommen.

$A + B \rightarrow A^+ + B^-$
 In der Redoxreaktion läuft dieser Vorgang parallel ab.

Die **< Radikalreaktion >** ist dabei so etwas wie das Gegenteil der Redoxreaktion. Bei der

Radikalreaktion werden Atombindungen so gespalten, dass jedes Atom das Elektron behält. Als Beispiel kann man ein Chlormolekül nehmen. Wird es aufgespalten, behalten die beiden Chloratome jeweils ein Elektron der Elektronenpaarbindung, das so genannte ungepaarte Elektron. Atome mit einem ungepaarten Elektron sind äußerst reaktionsfreudig und energiereich. Sie reagieren »radikal« und suchen umgehend nach Reaktionspartner. Daher werden sie auch Radikale genannt.

Zu Beginn einer Radikalreaktion steht immer eine Startreaktion, in der die Startradikale gebildet werden. Diese setzen dann eine Kettenreaktion in Gang, welche durch eine Energiezufuhr unterstützt wird. Diese Energie kann bei jedem Einzelschritt der Radikalreaktion freigesetzt werden. Dadurch kann die Reaktionsgeschwindigkeit stark anwachsen. Durch das Anwachsen der Reaktionsgeschwindigkeiten kann es sogar zu einer Detonation kommen.

Die Radikalreaktion kommt häufig im gasförmigen Aggregatzustand vor. Beispiele für Radikalreaktionen sind die Verbrennung von Methan, Wasserstoff und Benzin (► Kapitel 30).

Wie beschrieben, können chemische Reaktionen Energie freisetzen, sehr häufig in Form von Wärme. Wird in einer Reaktion Wärmeenergie nach »außen« abgegeben, spricht man von einer exothermen Reaktion. Bei endothermen Reaktionen wird hingegen Energie von der Umgebung durch die reagierenden Stoffe aufgenommen, sodass energiereichere Reaktionsprodukte entstehen (► Kapitel 30).

Bestimmte Stoffe können eine chemische Reaktion beeinflussen: Katalysatoren beschleunigen eine chemische Reaktion, Inhibitoren verlangsamen diese. Die Reaktionsgeschwindigkeit hängt aber nicht nur von Katalysatoren und Inhibitoren ab, sondern auch von physi-

kalischen Einflussgrößen wie der Oberfläche eines Stoffes, der Temperatur, dem Druck und letztlich dem Vorhandensein von Sauerstoff.

5.5 Organische und anorganische chemische Verbindungen

In der Chemie wird die organische und die anorganische Chemie bzw. deren Verbindungen unterschieden.

5.5.1 Anorganische Chemie

Als anorganische Chemie wird die Chemie aller kohlenstofffreien Verbindungen bezeichnet. Allerdings gibt es Ausnahmen: Ebenfalls zur anorganischen Chemie gehören die wasserstofffreien Chalkogenide des Kohlenstoffs (Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Schwefelkohlenstoff), die Kohlensäure und Carbonate, die Carbide sowie die ionischen Cyanide, Cyanate und Thiocyanate. Die Blausäure gilt als Grenzfall und wird sowohl in der Organik als auch in der Anorganik behandelt. Man kann die anorganische Chemie in folgende große Stoffgruppen unterteilen:

- Metalle und Halbmetalle: Sie sind vor allem in den ersten drei Hauptgruppen des Periodensystems enthalten (Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Erdmetalle). Die Halbmetalle wie Silizium und Germanium stehen im Periodensystem zwischen den Metallen sowie den Nichtmetallen und finden sich v. a. in der Hauptgruppe 4. Gemeinsame Eigenschaften der Metalle und Halbmetalle ist die gute Leitfähigkeit von Wärme und elektrischer Energie.
- Salze: Salze sind ionisch und bestehen aus Kationen (positiv geladen) und Anionen (negativ geladen). Kationen sind meist Metallionen, Anionen meist Nichtmetallionen. Bekannte Salze sind Natriumchlorid und Oxide, bei denen das Anion Sauerstoff ist.
- Nichtmetallverbindungen, die keinen Kohlenstoff enthalten. Wasser ist hierbei das bekannteste Beispiel.

Anorganische Verbindungen sind meist periodisch oder aus einer geringen Anzahl von Atomen aufgebaut. Metalle, Legierungen und Salze



Merke:

Oxidation = Elektronenabgabe – die Oxidationszahl wird größer

Reduktion = Elektronenaufnahme – die Oxidationszahl wird kleiner

**Merke:**

Bei der Reaktion der meisten »unedlen« Metalle mit einer Säure entsteht Wasserstoff.

**Merke:**

Je kleiner der pH-Wert ist, desto stärker ist die Säure.

sind periodisch aufgebaut und bilden Kristalle; statt einer Summenformel (z. B. Benzol: C_6H_6) wird oft nur eine Verhältnisformel (z. B. Benzol: CH) angegeben (► Abschnitt 5.1.1).

Die wichtigsten Reaktionen der anorganischen Chemie sind die Redoxreaktionen (► Abschnitt 5.4) und die Säure-Base-Reaktionen. Es handelt sich um Gleichgewichtsreaktionen, die mit hoher Geschwindigkeit und einem hohen Energieumsatz, auch exo- und endotherm, ablaufen. Im Gegensatz dazu sind in der organischen Chemie viele Reaktionen langsame Gleichgewichtsreaktionen.

Säure-Base-Reaktionen sind Reaktionen, bei denen Protonen übertragen werden. Die Säure gibt dabei an die Base, also die Lauge, ein Proton ab. Bei Säure-Base-Reaktionen bildet sich meist Wasser und ein Salz. Typisch für die anorganische Chemie sind also auch Säuren, Basen, Oxide und Salze.

Säure und Base

Säuren sind chemische Verbindungen, die Protonen abgeben. Basen sind chemische Verbindungen, die ein Proton aufnehmen. Die Reaktion der Säure mit der Base erfolgt zumeist in Anwesenheit von Wasser. In der Reaktion bilden sich Kationen, der pH-Wert der wässrigen Lösung wird so gesenkt. Das Reaktionsergebnis der Säure-Base-Reaktion ist Wasser und ein oder mehrere Salze. Eine Base ist also das Gegenstück der Säure und kann diese neutralisieren. Basen werden auch als Laugen bezeichnet. Die Eigenschaften der Säuren und Basen sind an Wasser gebunden. Ohne Wasser gibt es also keine sauren oder basischen Eigenschaften.

Der **<pH-Wert>** ist das Maß für den sauren oder basischen Charakter einer Lösung, gemessen an der Konzentration der Oxoniumionen (H_3O^+). Der pH-Wert wird in Werte von 0 bis 14 eingeteilt. Der Bereich von 6,0 bis 7,4 gilt als »neutral« (sauer bis alkalisch). Diesen pH-

Wert hat Wasser sowie menschlicher Speichel. Ein pH-Wert von unter 6 gilt als sauer und bezeichnet Säuren. Ein pH-Wert von mehr als 7,4 gilt als alkalisch (oder basisch) und bezeichnet eine Base. Die Feuerwehr kann den pH-Wert einfach mit Universal-Indikatorpapier nachweisen, dass sich verfärbt. Je nach Verfärbung wird der pH-Wert auf einer Farbskala auf der Verpackung des Indikatorpapiers abgelesen (► Kapitel 61).

Salze und Oxide

Als Salze werden chemische Verbindungen bezeichnet, die aus Kationen (positive Ladung) und Anionen (negative Ladung) bestehen. Zwischen diesen Ionen liegen Ionen-Bindungen vor. Bei anorganischen Salzen werden die Kationen oft von Metallen und die Anionen häufig von Nichtmetallen oder deren Oxiden gebildet. Als Feststoff bilden sie gemeinsam ein Ionengitter. Salze sind bei Raumtemperatur meist Feststoffe und haben einen hohen Schmelzpunkt. Salze können in Wasser gelöst werden. Dabei kann sich der pH-Wert der jeweiligen Lösung verändern.

Oxide sind Sauerstoff-Verbindungen. Die meisten Oxide entstehen, wenn brennbare Stoffe mit Sauerstoff reagieren. Bei der Oxidation geben sie Elektronen an das Oxidationsmittel Sauerstoff ab, sodass Oxide gebildet werden. Man unterscheidet zwei Oxid-Stoffgruppen:

- Metalloxide: Metalloxide sind in der Regel salzartige Oxide. Oxide unedler Metalle reagieren mit Wasser zu Basen.
- Nichtmetalloxide: Nichtmetalloxide sind meist leicht flüchtig, molekular aufgebaut und reagieren mit Wasser zu Säuren.

Wichtig für die anorganische Chemie sind auch Elektrolyte. Elektrolyte sind chemische Verbindungen im festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand, die im weitesten Sinn als Ionen vorliegen. Sie sind Ionenleiter. Elektrolyte sind leitfähig, wobei die Leitfähigkeit

und der Ladungstransport durch die gerichtete Bewegung von Ionen bewirkt wird. Die Leitfähigkeit von Elektrolyten ist geringer, als es für Metalle typisch ist. Elektrolyte finden u.a. Verwendung in der Galvanik und sind Bestandteile von Batterien und Akkumulatoren.

5.5.2 Organische Chemie

Als organische Chemie wird oft als die Chemie der Kohlenwasserstoffe bezeichnet, also Verbindungen, welche die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Doch es gibt Ausnahmen wie z. B. die Kohlensäure und deren Salze (als Carbonate bezeichnet) sowie die wasserstofffreien Chalkogenide des Kohlenstoffs (z. B. Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid), die alle zur anorganischen Chemie zählen.

An organischen Verbindungen sind außer Kohlenstoff nur wenige andere Elemente beteiligt, so u.a. Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und – jedoch selten – die Halogene (Hauptgruppe 7). Im Gegensatz zu anorganischen Verbindungen zerfallen die Kohlenstoffverbindungen nicht in Ionen. In der organischen Chemie liegen keine Ionenbindungen vor; die Bindung zwischen zwei Atomen wird durch ein bindendes Elektronenpaar erzeugt.

In der organischen Chemie reicht die Summenformel (► Abschnitt 5.1.1) nicht aus, da Stoffe mit gleicher Summenformel aufgrund anderer Bindungen unterschiedliche Eigen-

schaften haben können. Daher ist die Strukturformel notwendig (► Bild 5.5). In der Strukturformel werden die bindenden Elektronenpaare durch Striche dargestellt.

Einfache Kohlenwasserstoffe

Die einfachsten Kohlenwasserstoffe sind die kettenförmigen Kohlenwasserstoffe. Die **<Alkane>** (auch aliphatische Kohlenwasserstoffe oder Paraffine) bestehen nur als Kohlenstoff und Wasserstoff und enthalten nur einfache Elektronenpaarbindungen. Die Alkane bilden verzweigte und unverzweigte Ketten (z. B. Ethan, ► Bild 5.6). Beispiele für Alkane sind Methan, Ethan, Propan, Butan, Pentan und Hexan. Die Summelformel der Alkane ändert sich nach der Formel C_nH_{2n+2} . Alkane reagieren nur träge mit anderen Stoffen. Die Schmelz- und Siedepunkte sind abhängig von den zwischenmolekularen Kräften und steigen stetig mit der Anzahl der Kohlenstoffatome. Alle Alkane sind hydrophob, also wasserabweisend und haben eine kleinere Dichte als Wasser. Sie schwimmen also auf der Wasseroberfläche.

Alkane mit unverzweigten Kohlenstoffketten sind normale Alkane (n-Alkane). Verzweigte Kohlenwasserstoffketten werden als iso-Alkane (i-Alkane) bezeichnet. Verzweigte Kohlenstoffketten wiederum werden in Haupt- und Seitenketten unterschieden. Die Hauptkette ist dabei die längste unverzweigte Kohlenstoffkette. Haben die Kohlenstoffketten zwei Wasserstoffatome weniger als die

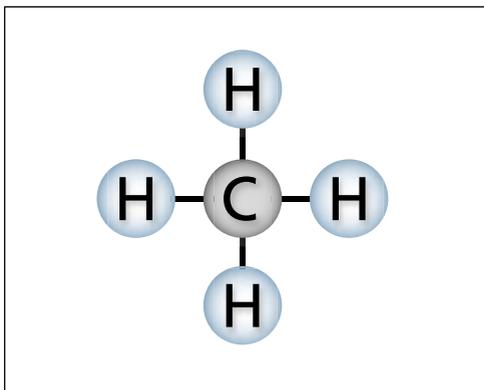


Bild 5.5 Strukturformel von Methan

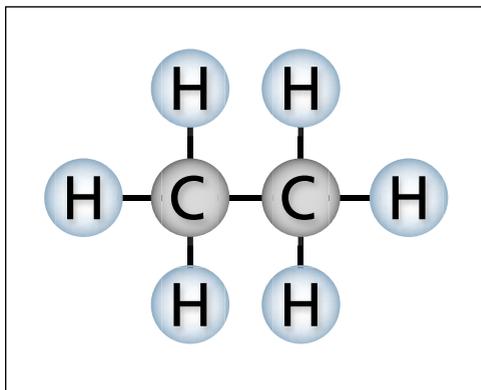


Bild 5.6 Strukturformel von Ethan

entsprechenden Alkane, spricht man von den Alkenen (auch Olefine). Sie gehören zu den ungesättigten Kohlenwasserstoffen, da ja nicht alle Kohlenstoffatome mit Wasserstoff abgesättigt sind. Die **<Alkene>** sind ebenso wie die Alkane nicht mit Wasser mischbar und verbrennen mit leuchtender Flamme. Alkene mit einer Doppelbindung bilden eine homologe Reihe (eine Reihe bei der sich ein Stoff einer Stoffreihe aus dem vorhergehenden Stoff durch Hinzufügen eines Kettengliedes gebildet wird) mit der Formel C_nH_{2n} . Ein Beispiel für Alkene ist Ethylen.

Auch die **<Alkine>** (Acetylene) sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Sie haben die Formel C_nH_{2n-2} . Die Alkine verfügen über eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung. Beispiele für Alkine sind Ethin (Acetylen) und Propin.

Werden in den Kohlenwasserstoff-Ketten bei einer Reaktion Atome oder Atomgruppen in einem Molekül durch ein anderes Atom oder eine andere funktionelle Gruppe ersetzt, so spricht man von Substitution. In einer Addition hingegen werden mehrere Moleküle zu einem vereinigt, wobei mindestens eine Mehrfachbindung aufgespalten wird. Dabei wird z. B. an ein Alken oder ein Alkin unter Aufspaltung ein Molekül an eine Atombindung mit einer Doppel- oder Dreifachbindung angelagert. So können aus zwar stabilen, aber energetisch ungünstigeren ungesättigten Kohlenwasserstoffen energetisch günstigere gesättigte Kohlenwasserstoffe werden.

Bei der Polymerisation reagieren meist ungesättigte organische Verbindungen unter Auflösung der Mehrfachbindung zu Polymeren. Darunter werden chemische Verbindungen aus Ketten- oder verzweigten Molekülen verstanden, die aus gleichen oder gleichartigen Einheiten (so genannte Monomere) bestehen. Zu den Polymeren gehören die Kunststoffe. Kunststoffe werden in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere unterschieden. Thermoplaste lassen sich in einem bestimmten Temperaturbereich beliebig oft verformen. Sie sind aus wenig oder nicht verzweigten Kohlenstoffketten aufgebaut. Duroplaste sind hingegen Kunststoffe, die nach der Aushärtung

nicht mehr verformt werden können. Elastomere sind formfeste, aber elastisch verformbare Kunststoffe.

Außer den kettenförmigen Kohlenwasserstoffen gibt es auch ringförmige Kohlenwasserstoffe (cyclische Kohlenwasserstoffe). Darin sind die Kohlenstoffatome ringförmig miteinander verknüpft. Außer dem Kohlenstoffatomen ist nur Wasserstoff in den Ringkohlenwasserstoffen enthalten. Der Name wird durch die Vorsilbe »Cyclo-« vor dem Namen des jeweiligen Alkans gebildet. Die cyclischen Kohlenwasserstoffe sind sehr reaktionsfreudig und verbrennen exotherm.

Aromatische Kohlenwasserstoffe

Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind eine besondere Gruppe der cyclischen Kohlenwasserstoffe. Sie sind wie alle reinen Kohlenwasserstoffe unpolar und nicht wasserlöslich. Im Gegensatz zu den kettenförmigen und ringförmigen Kohlenwasserstoffen haben aromatische Kohlenwasserstoffe Doppelbindungen, die über die gesamte Ringstruktur verteilt sind und nicht mehr als einzelne Doppelbindung zu erkennen ist.

Ein bekanntes Beispiel für einen solchen Aromaten ist Benzol (C_6H_6). Benzol ist eine farblose Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von 80,1 °C und einem Schmelzpunkt von 5,5 °C. Es brennt mit stark rußender, heißer Flamme. Beim längeren Einatmen kann Benzol zu Schwindel, Erbrechen und Bewusstlosigkeit führen. Es kann auch zu einer Vergiftung von Leber und Niere kommen. Zudem ist Benzol krebserregend. Benzol ist ein ringförmiger Kohlenwasserstoff, hat aber an jedem Kohlenstoffatom noch eine freie Valenz, also einen freien Platz. Damit schließt es eine Doppelbindung zwischen den Kohlenstoffatomen.

Literatur

- [1] Christen, H. R.: Chemie, Verlag Diesterweg.
- [2] Riedel, E.: Allgemeine und anorganische Chemie, 10. Auflage, de Gruyter, Berlin, 2010.
- [3] Sommer, K.: Wissensspeicher Chemie, Volk-und-Wissen-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2008.

6 Physikalische Grundlagen

von Jochen Thorns

6.1 Wärmelehre

Die Physik beschäftigt sich mit den Zuständen bzw. Zustandsänderungen der Materie (► Kapitel 5). Ein System ändert seinen Zustand durch einen Energieaustausch. Wird Energie aufgenommen, so wird an dem System Arbeit verrichtet. Gibt ein System Energie ab, so ist es in der Lage, Arbeit zu verrichten.

Die **<Energie>** (Einheit: Joule) ist eine physikalische Größe, die in allen Bereichen der Physik, der Chemie und der Biologie eine entscheidende Rolle spielt. Energie ist die Größe, die aufgrund der Unveränderlichkeit der Naturgesetze erhalten bleibt. Einfacher wird Energie als Fähigkeit definiert, mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszustrahlen. Energie wird benötigt, um Körper zu beschleunigen, einen Körper entgegen einer Kraft zu bewegen oder elektrischen Strom fließen zu lassen.

<Wärme> hingegen ist eine Energieform, also eine Prozessgröße, der Elemente und Verbindungen eines Körpers, die innerhalb des Systems oder über dessen Grenze transportiert werden. Das Maß für die Energiemenge (Wärmeenergie) ist Joule, das Maß für den Wärmezustand eines Körpers ist die **<Temperatur>** (Einheit Kelvin).

Körper und Stoffe ändern den Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) in Abhängigkeit von der auf sie wirkenden Temperatur und dem Druck. Am Beispiel Wasser kann man diese Aggregatzustandsänderung gut beschreiben:

Kühlt Wasser im Herbst unter den Gefrierpunkt ab, bilden sich Eiskristalle; das Wasser erstarrt. Im Frühjahr wird der Schnee und das Eis hingegen flüssig, sobald die Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur liegt. Die Eiskristalle schmelzen. Wird das Wasser beim

Kochen über die Siedetemperatur erhitzt, entsteht »Wasserdampf«. Das Wasser wird also gasförmig – es verdampft. Der oft als Dampf bezeichnete Nebel oberhalb des kochenden Wassers ist zu winzigen Wassertröpfchen kondensierter Wasserdampf. Es erfolgte also eine Rückentwicklung vom gasförmigen zum flüssigen Aggregatzustand.

Der **<Schmelzpunkt>** ist also die Temperatur, bei der ein Stoff vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht. Der **<Siedepunkt>** ist so die Temperatur, bei der sich die Umwandlung vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand vollzieht. Bei dieser Temperatur der Flüssigkeit ist der Dampfdruck gleich dem äußeren Druck.

Mit der Änderung des Aggregatzustandes bzw. unter dem Einfluss von Temperatur ändert sich auch die Festigkeit eines Stoffes. Die

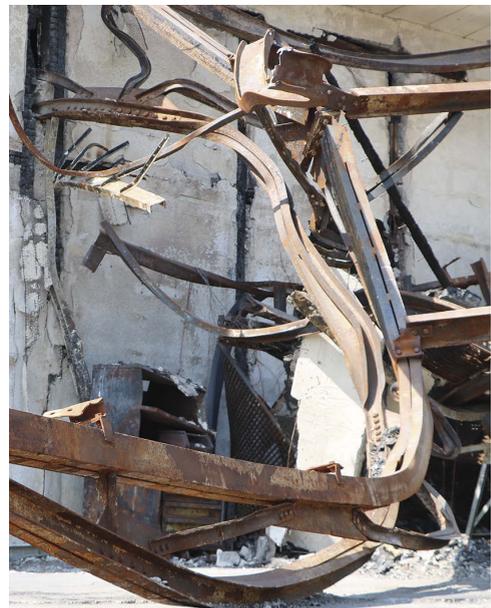


Bild 6.1 Deformierter Stahlträger nach Brand

Temperatur hat auch Einfluss auf die Wärmeausdehnung eines Stoffes. Je höher die Temperatur eines Stoffes, desto mehr dehnt sich der Stoff in den geometrischen Abmessungen (Länge, Volumen) aus. Damit einher geht auch eine Änderung der Dichte. Sie wird geringer, da der Stoff bei gleicher Masse ein größeres Volumen besitzt. Ein fester quaderförmiger Körper dehnt sich in der Länge, der Höhe und der Breite aus, ein kugelförmiger Körper dehnt sich im Durchmesser aus. Flüssigkeiten und Gase dehnen sich im Allgemeinen im Volumen aus.

Die Phänomene kann man gut bei Stahlträgern beobachten: Bei einem Brand steigt die Temperatur des ungeschützten Stahlträgers an; er schmilzt und wird weich (► Bild 6.1). Gleichzeitig dehnt sich der Stahlträger unter dem Einfluss der Temperatur u. a. in der Länge aus. Dabei besteht die Gefahr, dass auch Wände einstürzen, weil der Stahlträger die Wand aus dem Lot drückt.

Wärme kann durch Wärmeleitung, Wärmeübergang, Wärmestrahlung und Konvektion (Wärmeströmung) übertragen werden. Die Wärmeleitung vollzieht sich innerhalb eines homogenen Körpers und ist an eine Temperaturdifferenz gebunden; ein Körper muss also einen wärmeren und einen kälteren Teil besitzen. Die Wärme wird bei der Wärmeleitung in einer Teilchenbewegung durch Stoß von einem Teilchen auf das andere Teilchen übertragen. Beim Wärmeübergang wird Wärme von einem flüssigen oder gasförmigen Stoff auf

einen festen Stoff oder Körper übertragen. An einer Brandstelle können heiße Brandgase die Wärme an feste Stoffe abgeben und diese entzünden. Bei der Wärmestrahlung wird ein Teil der Wärmeenergie eines Körpers oder eines Stoffes in elektromagnetische Wellenstrahlung umgewandelt und abgestrahlt. Die Konvektion tritt nur bei flüssigen oder gasförmigen Stoffen auf. Die Konvektion wird durch eine Teilchenströmung hervorgerufen. Wird nicht die ganze Flüssigkeits- oder Gasmenge gleichmäßig erwärmt, entsteht eine heiße Stelle mit einer geringeren Dichte als die kalten umgebenden Bereiche. Die Bereiche mit geringerer Dichte erfahren einen Auftrieb.

6.2 Mechanik

Die physikalischen Grundgrößen sind im in-

Tabelle 6.1 SI-Basiseinheiten

Größe	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Tabelle 6.2 Beispiele für abgeleitete SI-Einheiten

Größe	Einheit	Einheitenzeichen	Dargestellt in anderen SI-Einheiten	Dargestellt in SI-Basiseinheiten
Fläche	Quadratmeter	m ²		m × m
Kraft	Newton	N	J/m	m × kg × s ⁻²
Energie/Arbeit	Joule	J	N × m	m ² × kg × s ⁻²
Leistung	Watt	W	J/s	m ² × kg × s ⁻³
Druck	Pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ × kg × s ⁻²
Frequenz	Hertz	Hz		s ⁻¹
Elektrische Spannung	Volt	V	W/A	kg × m ² × s ⁻³ × A ⁻¹



Merke:

Allgemein gilt (bezeichnet als »Grundgleichung der Mechanik«):

Kraft $F = \text{Masse } m \times \text{Beschleunigung } a$

ternationalen Einheitensystem »SI« (franz.: Le Système International d'Unités) festgeschrieben. Es gibt sieben SI-Basiseinheiten; alle anderen Einheiten sind davon abgeleitet (► Tabelle 6.1). Die abgeleiteten Einheiten können mit Formeln berechnet werden (► Tabelle 6.2).

Die Kraft ist eine gerichtete Größe in der Physik. Kräfte können Körper verformen und beschleunigen. Mittels einer Kraft kann man Arbeit verrichten oder die Energie eines Körpers oder Stoffes verändern. Einige Kräfte haben eigenständige Namen erhalten, z. B. die Reibungskraft, die Gewichtskraft und die Fliehkraft. Das Formelzeichen für Kraft ist das »F«, die Einheit Newton ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times \text{m/s}^2$). Ein Newton wird benötigt, um einen Körper mit einer Masse von einem Kilogramm in einer Sekunde um einen Meter zu bewegen. Die Wirkung einer Kraft hängt vom Betrag (also der Stärke), der Richtung und dem Angriffspunkt der Kraft ab.

Die **<Reibungskraft>** ist von der Oberflächenbeschaffenheit eines Körpers, nicht jedoch von der Größe der Berührungsfläche abhängig. Die Oberflächenbeschaffenheit wird im Reibungswiderstand mit der Reibungszahl μ angegeben, die mit dem Reibungswiderstand der Oberfläche ansteigt. Die Reibungskraft ist das Produkt aus Reibungszahl und Gewichtskraft ($F_R = \mu \times F$).

Die **<Gewichtskraft>** gibt an, mit welcher Kraft ein Körper auf eine waagerechte Unterlage wirkt bzw. an einer Aufhängung zieht. Die Gewichtskraft definiert sich als das Produkt aus Masse m und Erdbeschleunigung g ($F_G = m \times g$).

Die Wirkungsweise der Kräfte lassen sich an der »Schiefen Ebene« darstellen (► Bild 6.2). Die Gewichtskraft F_G einer auf einer schiefen Ebene befindlichen Masse hat den Angriffspunkt im Schwerpunkt der Masse (also hier im Massenmittelpunkt). Die Gewichtskraft wird

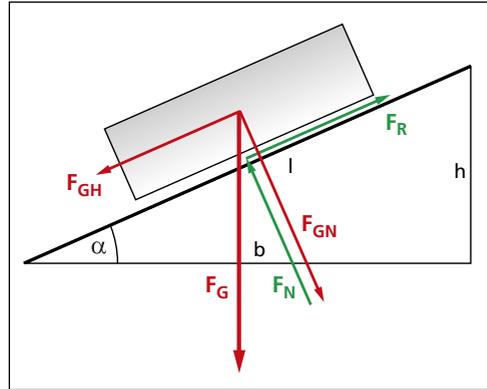


Bild 6.2 Wirkungsweise der Kräfte bei der »Schiefen Ebene«

in die Hangabtriebskraft F_{GH} , die parallel zur schiefen Ebene wirkt, und die Normalkomponente der Gewichtskraft F_{GN} aufgeteilt, die senkrecht zur Oberfläche der schiefen Ebene wirkt. Von unten wirkt auf die Masse eine Kontaktkraft, die senkrecht zur Ebene wirkt und als Normalkraft F_N bezeichnet wird. Der Betrag der Normalkraft, also die »Stärke der Kraft«, ist mit der Normalkomponente der Gewichtskraft F_{GN} identisch. Eine weitere wirkende Kontaktkraft ist die Haftreibungskraft F_R , die parallel zur Oberfläche der schiefen Ebene im Schwerpunkt der Masse greift. Sie wirkt entgegen der Richtung der Hangabtriebskraft. Damit der Körper in Ruhe bleibt, sich also nicht bewegt, muss die Hangabtriebskraft kleiner sein als die maximal mögliche Haftreibungskraft. Letztere wird durch den Haftreibungskoeffizienten und die Normalkraft gegeben. Ist diese Bedingung nicht erfüllt (z. B. weil der Neigungswinkel der Ebene zu groß ist oder der Haftreibungskoeffizient zu klein ist), rutscht die Masse die Ebene hinunter.

Die Gesamtenergie in einem abgeschlossenen System bleibt immer konstant. Dieser **<Energieerhaltungssatz>** gilt auch in der Mechanik. Die Energie in einem System ändert sich also mit der Zeit nicht, auch wenn Energie zwischen verschiedenen Energieformen umgewandelt wird (z. B. Bewegungsenergie zu Wärmeenergie). Innerhalb eines geschlossenen Systems kann jedoch keine Energie »vernichtet« werden. Die »Goldene Regel der Mecha-

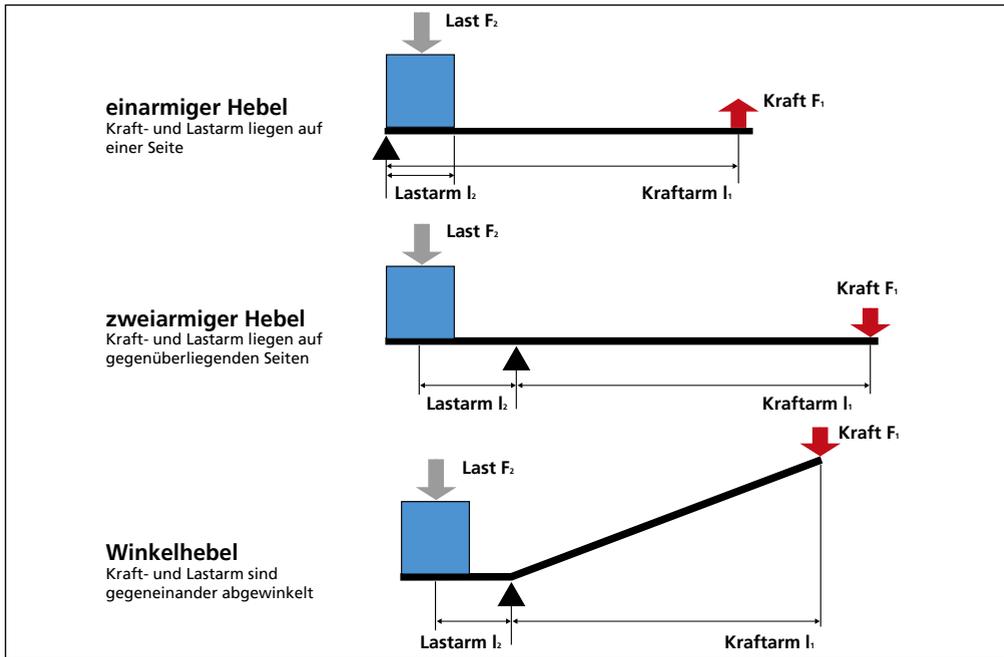


Bild 6.3 Ein- und zweiarmiger Hebel

nik« drückt den Energieerhaltungssatz für die Mechanik aus: Was an Kraft eingespart wird, muss an Weg hinzugesetzt werden. Bei Hebeln (das Hebelgesetz lautet »Kraft \times Kraftarm ist gleich Last \times Lastarm«; \blacktriangleright Bild 6.3; siehe auch \blacktriangleright Abschnitt 45.2.1), Flaschenzug oder schiefe Ebene wird oft versucht, die benötigte Kraft durch eine weniger starke Kraft zu ersetzen. Um dies zu erreichen, muss der Weg verlängert werden (Flaschenzugprinzip). Die benötigte Arbeitsenergie in solchen einfachen Systemen, bei der die Kraft genau in der Bewegungsrichtung des Körpers wirkt, kann als Produkt aus der Kraft F und dem Weg s berechnet werden.

Beim **< Flaschenzug >** hängt die Last Q am Haken, am losen Seilende wirkt die Kraft F . Flaschenzüge kommen bei der Feuerwehr vor allem beim Mehrweckzug (\blacktriangleright Abschnitt 45.4.6), einer maschinellen Zugeinrichtung (\blacktriangleright Bild Abschnitt 45.4.7) oder beim Auf- und Abseilgerät (\blacktriangleright Kapitel 43) zur Anwendung. Als feste **< Rolle >** bezeichnet man eine Rolle, die an einem Festpunkt, also nicht an der zu bewegenden Last, angeschlagen ist. Eine feste Rolle, auch als Umlenkrolle bezeichnet, wird

ausschließlich zur Änderung der Wirkrichtung einer Kraft eingesetzt. Die Größe der Kraft bleibt gleich. Der Festpunkt muss dabei maximal die doppelte Gewichtskraft der Last aufnehmen. Eine lose Rolle wird hingegen an der zu bewegenden Last befestigt; sie bewegen sich mit der Last und werden vom Seil getragen. Im einfachsten Fall eines Flaschenzuges, der losen Rolle, versucht die Last, die Rolle am Hebelarm r um den Punkt D als Drehpunkt nach unten zu drehen. Da der Hebelarm der Kraft doppelt so groß ist wie der der Last, braucht die Kraft nur halb so groß sein wie die Last (\blacktriangleright Bild 6.4). Der Seilweg verdoppelt sich jedoch, da der Lastweg ebenfalls halbiert wird.

Bei Verwendung mehrerer loser Rollen und Flaschen ist die Kraft die Last dividiert durch die Anzahl der Rollen; der Flaschenzug verringert also die benötigte Kraft um die Anzahl der Rollen (ohne Berücksichtigung der Reibung und des Gewichts der Rollen).

Das Kräfteverhältnis bei einem Flaschenzug kann man aber auch anders ausdrücken: Die Last mit der auf sie wirkenden Gewichtskraft verteilt sich auf die Anzahl der tragenden Sei-

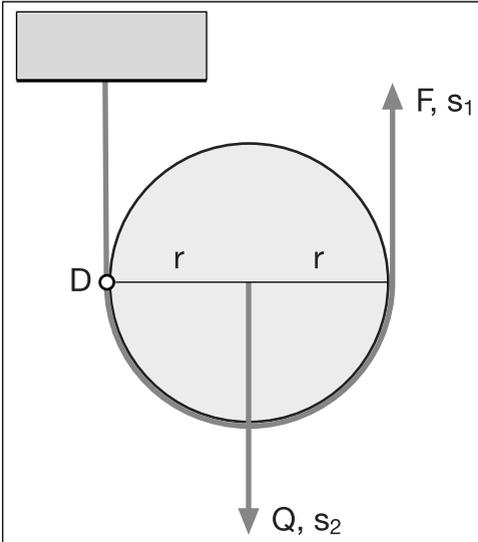


Bild 6.4 Kräfteverhältnisse beim einfachen Flaschenzug (lose Rolle)

le (im ► Bild 6.5 beispielsweise sechs Seile). Dadurch ist die benötigte Zugkraft, um die Last anzuheben, entsprechend der Anzahl der Seile kleiner als die Gewichtskraft (in diesem Beispiel ist die Zugkraft sechsmal kleiner als die Gewichtskraft). Allerdings ist der Zugweg dann auch sechsmal so groß wie der Lastweg. Dies ist im Feuerwehrdienst vor allem auch

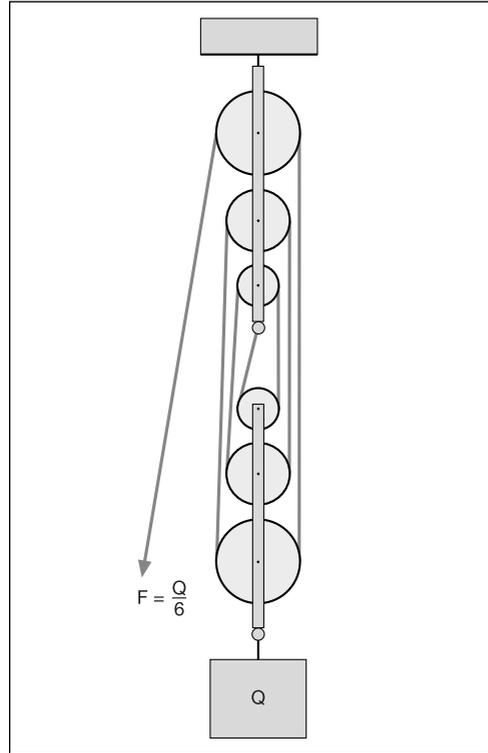


Bild 6.5 Bei einem Flaschenzug mit mehreren Rollen ist der Kraftweg gleich dem Lastweg, multipliziert mit der Anzahl der Rollen.

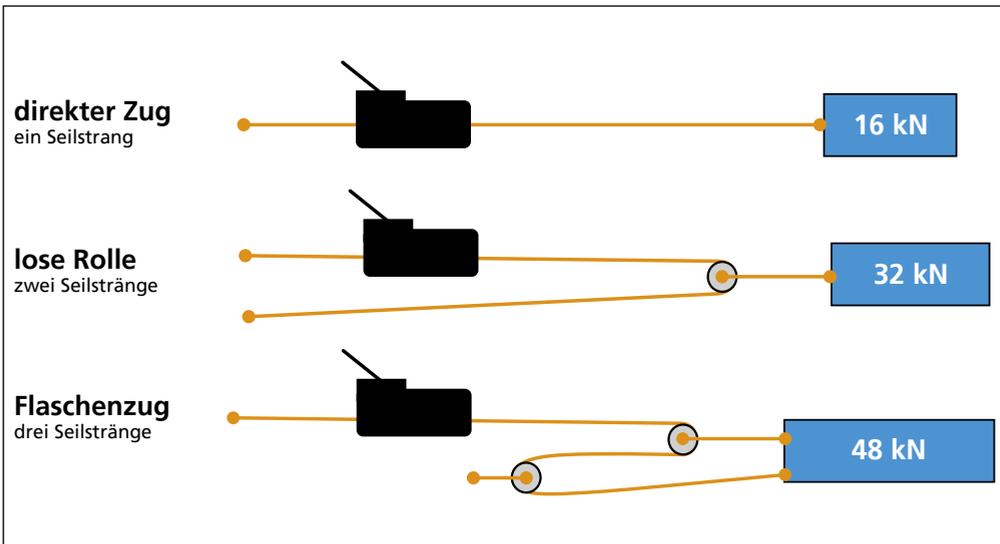


Bild 6.6 Auswirkungen von Rollen beim Mehrzweckzug

B

wichtig bei Auf- und Abseilgeräten, wenn ein Feuerwehrangehöriger sich selbst aufseilt.

6.2.1 Hydraulik und Pneumatik

Wirkt eine Kraft auf die Oberfläche eines Körpers, entsteht Druck. Druck definiert sich als Ergebnis der Division der auf die Fläche wirkenden Kraft durch die Oberfläche ($p = F \div A$). Einheit ist Pascal (1 Pa = 1 N \div 1 m²). Oft wird auch die Nicht-SI-Einheit Bar genutzt (1 bar = 10⁵ Pa = 100 000 Pa; 1 mbar = 100 Pa = 1 hPa).

Wirkt eine Kraft auf eine Flüssigkeit, ist in einem geschlossenen System der Druck an jeder Stelle im System gleich dem ausgeübten Druck. Dies hängt damit zusammen, dass Moleküle einer Flüssigkeit nicht zueinander komprimierbar sind; sie weichen einander aus. Bei einem geschlossenen System wirkt am Ende die gleiche Kraft wie am Beginn, wenn die Fläche gleich groß ist.

Gase und Gemische von Gasen, z. B. Luft, nehmen immer das zu Verfügung stehende Volumen ein und üben auf die umgebenden Flächen einen entsprechenden Druck aus. Das **<Avogadro-Gesetz>** lautet: »Alle Gase enthalten bei gleicher Temperatur und gleichem Druck in gleichen Volumina die gleiche Anzahl von Teilchen.«

Gase und Gasgemische lassen sich jedoch komprimieren. Der von Gasen und Gasgemischen ausgeübte Druck ist nach allen Seiten gleich. Er wirkt immer senkrecht auf die Fläche. Das **<Gesetz von Boyle-Mariotte>** (oft auch als allgemeine Gasgleichung bezeichnet) sagt aus, dass der Druck idealer Gase bei gleichbleibender Temperatur und gleicher Stoffmenge umgekehrt proportional zum Volumen ist. Erhöht man den Druck auf das vom Gas gefüllte Volumen, wird durch den erhöhten Druck das Volumen verkleinert. Verringert man den Druck, so dehnt sich das Gas aus. Kurz gesagt: Je kleiner das Volumen ist, desto größer ist der Druck. Das Produkt aus Druck p und Volumen V ist konstant ($p \times V = \text{konstant}$).

Der Druck wird dabei nicht gegenüber dem luftleeren Raum angegeben (dies wäre der so genannte »absolute Druck«), sondern

gegenüber dem atmosphärischen Druck. Ist der Druck in einem System größer als der atmosphärische Druck, spricht man von einem Überdruck. Ist der Druck im System jedoch kleiner als der atmosphärische Druck, liegt ein »negativer Überdruck« vor (früher: Unterdruck).

6.3 Elektrizitätslehre

Die Elektrizität ist der physikalische Oberbegriff für alle Phänomene, die im Zusammenhang mit elektrischer Ladung stehen. Die elektrische Spannung gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um ein Objekt mit einer bestimmten elektrischen Ladung innerhalb eines elektrischen Feldes zu bewegen. Spannung ist also das Arbeitsvermögen der Ladung und wird in Volt angegeben. Im Gegensatz dazu steht die Stromstärke. Sie gibt an, wie viele elektrische Ladungen in einer bestimmten Zeit bewegt werden. Die Einheit ist Ampere.

Soll durch einen elektrischen Leiter ein bestimmter elektrischer Strom fließen, ist dazu eine bestimmte Spannung notwendig. Das Maß für diese bestimmte Spannung ist der elektrische Widerstand (Einheit Ohm). Spannung und Stromstärke verhalten sich dabei proportional. Die Spannung ist das Produkt aus Stromstärke und Widerstand. Diese Erkenntnis wird als Ohmsches Gesetz definiert.

Die Gefahren des elektrischen Stromes werden in ► Kapitel 19 dargestellt.

Literatur

- [1] Giancoli, D. C.: Physik: Lehr- und Übungsbuch, 3. erw. Auflage, Pearson Studium, München u. a., 2009.
- [2] Grehn, J., Krause, J.: Metzler Physik, 4. Auflage, Schroedel, Braunschweig, 2007.
- [3] Göbel, R. (Hrsg.): Wissensspeicher Physik, Volk- und-Wissen-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 1998 (diverse Nachdrucke).

7 Brand- und Löschlehre

von Jochen Thorns

Die Verbrennung ist eine stoffliche Umwandlung. Ein entzündbarer Stoff reagiert mit Sauerstoff zu Verbrennungsprodukten. Dabei wird Energie in Form von Wärme und Licht (Flammen) freigesetzt.

7.1 Der Verbrennungsprozess

Damit überhaupt eine Verbrennung stattfinden kann, müssen die Voraussetzungen für eine Verbrennung erfüllt sein:

- brennbarer Stoff,
- Sauerstoff,
- Mischungsverhältnis und
- Zündtemperatur.

Eine Verbrennung kann nur erfolgen, wenn ein brennbarer Stoff vorliegt. Dieser kann nach der chemischen Zusammensetzung bzw. der chemischen Struktur (► Kapitel 5) eingeteilt werden oder aber praxisnah in **<Brandklassen>**. In Brandklassen sind brennbare Stoffe grob eingeteilt, die ein ähnliches Brandverhalten zeigen. Die Brandklasse dient dazu, geeignete Löschmittel und -geräte einer bestimmten Gruppe von Bränden zuzuordnen zu können (► Tabelle 7.1).

Sauerstoff dient bei der Verbrennung als Oxidationsmittel und muss in ausreichender Menge vorhanden sein. Der brennbare Stoff und der Sauerstoff können jedoch nur mitein-

Tabelle 7.1 Brandklassen

Brandklasse	Art der Brände	Geeignete Löschmittel	Bildzeichen
A	Brände fester Stoffe, hauptsächlich organischer Struktur, die üblicherweise unter Glutbildung verbrennen	Wasser, Schaum ABC-Pulver F-500	
B	Brände flüssiger oder flüssig werdender Stoffe	ABC-Pulver, BC-Pulver Schaum Kohlenstoffdioxid F-500	
C	Brände von Gasen	BC-Pulver Kohlenstoffdioxid	
D	Brände von Metallen	D-Pulver Kochsalz trockener Sand F-500	
F	Brände von Speiseölen/-fetten in Frittier- und/oder Küchengeräten	F-Feuerlöscher	

(Die Löschdecke wird seit 2017 nicht mehr von der DGUV empfohlen, da sie wirkungslos ist und eine Gefahr für die Anwender darstellt.)

ander reagieren, wenn sie in einem günstigen, möglichst optimalen Mischungsverhältnis (Stöchiometrie) vorliegen. Das notwendige Mischungsverhältnis hängt jeweils von den Eigenschaften des brennbaren Stoffs ab. Weicht das Mischungsverhältnis vom Optimum ab, ist zwar eine Verbrennung weiterhin möglich, jedoch werden die Reaktionsgeschwindigkeit und damit auch die Verbrennungsgeschwindigkeit umso langsamer, je größer die Abweichung ist. Ab einem bestimmten, vom brennbaren Stoff abhängigen Punkt des Mischungsverhältnisses, ist keine Verbrennung mehr möglich. Dies ist vor allem für Gemische aus Gasen, Dämpfen oder Stäuben mit Sauerstoff interessant. Zur Abschätzung der Gefahr durch diese Gemische dienen die sicherheitstechnischen Kennzahlen der Stoffe. Die wichtigsten sicherheitstechnischen Kennzahlen sind Flammpunkt, Zündpunkt, Dichteverhältnis, Explosionsbereich, obere und untere Explosionsgrenze, Verdunstungszahl und Diffusionskoeffizient.

< Flammpunkt > ist der niedrigste Temperaturpunkt eines Stoffes (einer brennbaren Flüssigkeit), bei der sich Dämpfe in einer solchen Menge über dem Flüssigkeitsspiegel entwickeln, dass sich das Dampf-Luft-Gemisch

Merke:
 Dämpfe von brennbaren Flüssigkeiten sind in der Regel schwerer als Luft.

beim Kontakt mit einer Zündquelle sofort entzündet. Allerdings werden nicht genügend Dämpfe zum selbstständigen Weiterbrennen gebildet, sodass die Flamme nach Entfernen der Zündquelle wieder erlischt. Der **< Brennpunkt >** ist dagegen die niedrigste Temperatur eines Stoffes, bei der sich Dämpfe in einer solchen Menge entwickeln, dass sich das Dampf-Luft-Gemisch beim Kontakt mit einer Zündquelle sofort entzündet und selbstständig weiter brennt.

Die **< Zündtemperatur >** (oft auch als Zündpunkt bezeichnet) ist die niedrigste Temperatur, die zum Entzünden eines Stoffes ausreicht. Sie hängt von verschiedenen Parametern ab.

Das **< Dichteverhältnis >** ist wichtig zur Bestimmung des Ausbreitungsverhaltens von Gasen und Dämpfen. Häufig wird das Dichteverhältnis auch als Dampfdichteverhältnis angegeben, wobei dann die Luft als Faktor 1 gesetzt wird. Hat der Stoff ein Dichteverhältnis > 1 ist er schwerer als Luft, bei < 1 ist er leichter als Luft. Das Dichteverhältnis ist also das Verhältnis der Dichte des gasförmigen brennbaren Stoffes zur Dichte der Luft.

Merke:
 Gase und Dämpfe mit einer geringeren Dichte als Luft steigen auf und unterschreiten durch Verdünnung schneller die untere Explosionsgrenze. Sie können sich jedoch auch in höheren Räumen sammeln und dort brennbare oder explosionsfähige Gemische bilden.

Achtung:
 Zu fette Gemische sind gefährlicher als zu magere Gemische, da sie beim Abbau auch wieder den Explosionsbereich durchlaufen müssen.

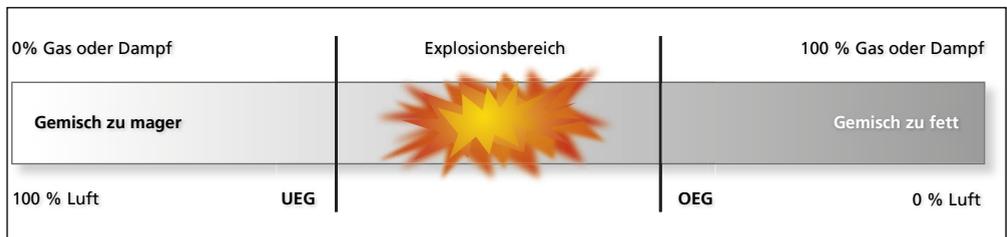


Bild 7.1 Explosionsbereich UEG/OEG

B

Tabelle 7.2 Beispiele für sicherheitstechnische Kennzahlen verschiedener Stoffe

Stoff	Flamm- punkt [°C]	Zündpunkt [°C]	UEG [Vol.-%]	OEG [Vol.-%]	Dichte- verhältnis (Luft = 1)	Verduns- tun- g-zahl (Ether = 1)	Diffusions- koeffizient [cm ² /s]
Benzol	-11	555	1	8	2,70	3,0	0,089
Metha- nol	11	455	5,5	26,5	1,1	6,3	0,153
Toluol	4,4	480	1	7	3,2	6,1	0,082
Xylol	17,2	465	1	8	3,7	13,5	0,07

Der **<Explosionsbereich>** ist der Konzentrationsbereich zwischen der unteren (UEG) und der oberen Explosionsgrenze (OEG; ► Bild 7.1). Die jeweilige **<Explosionsgrenze>** (auch als Zündgrenze bezeichnet) ist die niedrigste bzw. höchste Konzentration eines brennbaren Stoffes im Gemisch von Gasen, Dämpfen oder Stäuben, in dem sich nach dem Zünden ein Brennen gerade nicht mehr selbstständig fortsetzen kann. Das deutet, dass nur in dem Bereich zwischen der unteren und der oberen Zündgrenze ein entsprechendes Mischungsverhältnis für eine Verbrennung vorliegt. Sinkt die Konzentration des brennbaren Stoffes oder des Sauerstoffs unter die untere Zündgrenze ab, kann keine Verbrennung bzw. Zündung mehr erfolgen (zu mageres Gemisch). Ebenfalls kann das Mischungsverhältnis auch so angereichert werden, dass es zu fett wird und so die obere Zündgrenze übersteigt.

Flüssigkeitsteilchen gehen schon unterhalb des Siedepunktes einer Flüssigkeit in den Gaszustand über. Diese Verdunstung erfolgt an der Oberfläche des Flüssigkeitsspiegels. Die **<Verdunstungszahl>** ist das Verhältnis aus der Verdunstungszeit des Stoffes im Verhältnis zur Verdunstungszeit von Dithylether (ein Stoff mit einer sehr hohen Verdunstungsrate, der sehr schnell große Mengen zündfähiger Gemische bilden kann). Über die Verdunstungszahl kann also eine vergleichende Aussage getätigt werden, in welcher Zeit eine Flüssigkeit ein explosionsfähiges Dampf-Luft-Gemisch bilden kann. Stoffe mit einer Verdunstungszahl

< 1 bzw. um 1 sind besonders gefährlich. Mithilfe des **<Diffusionskoeffizienten>** lässt sich abschätzen, in welcher Geschwindigkeit sich Gas oder Dampf mit Luft vermischt und eine zündfähige Atmosphäre bildet.

Die Verbrennungsreaktion ist eine Radikalreaktion (► Kapitel 5). Damit der Verbrennungsvorgang starten kann, also die Radikalreaktion beginnt, ist ein energetischer Anstoß notwendig, es muss also Energie zugeführt werden, kurz: Es muss eine entsprechende Zündtemperatur vorhanden sein. Durch die Energiezuführung werden Startradikale gebildet, welche die Kettenreaktion der Verbrennung in Gang setzen. Die Zündtemperatur gibt genau die Temperatur an, auf die das Gemisch aus brennbarem Stoff und Sauerstoff zum Start des Verbrennungsvorgangs, also zur Entzündung, gebracht werden muss. Damit die Verbrennung selbstständig weiterläuft, d. h. die Kettenfortpflanzungsreaktion unter Bildung immer neuer Radikale abläuft, muss immer

**Bild 7.2** Gas ist ein Stoff der Brandklasse C und verbrennt mit einer Flamme.

eine Mindestverbrennungstemperatur vorhanden sein. Diese gibt die niedrigste Temperatur an, bei der die Verbrennung gerade noch möglich ist. Die Mindestverbrennungstemperatur liegt in der Regel deutlich über der Zündtemperatur.

Eine Verbrennung (► Kapitel 30) kann in zwei Erscheinungsformen vorliegen: als **Glut** und als **Flamme** (oder als Kombination von beidem). **< Glut >** ist ein exotherm reagierender Stoff mit spürbarer Wärmestrahlung, aber ohne Flammen. Ein typisches Beispiel für einen Glutbrand ist die Holzkohle beim Grill. Mit Glut verbrennen Stoffe der Brandklassen A und D. Mit Flamme verbrennen insbesondere Stoffe der Brandklassen B, C und F. Die **< Flamme >** wird definiert als Zone brennender oder anderweitig exotherm reagierender Gase und Dämpfe, von der sichtbare Strahlung (Licht/Wärme) ausgeht (► Bild 7.2).

Zudem kann es Sonderformen der Verbrennung wie Rauchgasdurchzündungen oder Flash-over geben (► Kapitel 30). Einfluss auf eine Verbrennung bzw. auf die Entzündbarkeit von Stoffen haben auch der Aggregatzustand und das Verhältnis von Masse und Oberfläche. Zur Änderung eines Aggregatzustandes (► Kapitel 5 und 6) ist eine bestimmte Energie in Form von Wärme notwendig. Ist die Änderung des Aggregatzustandes abgeschlossen, erhöht sich bei weiterer Wärmezufuhr die Temperatur des Stoffes. Die Oberfläche eines Stoffes im Verhältnis zur Masse ist u. a. mit dem Aggregatzustand eines Stoffes entscheidend für die Abbrandrate, also die Abbrandgeschwindigkeit. Je größer die Oberfläche im Verhältnis zur Masse ist, desto höher ist die Abbrandrate, desto schneller verläuft also die Reaktion.

Brände können in fünf unterschiedliche Phasen untergliedert werden (Einheits-Temperatur-Zeit-Kurve, ► Kapitel 9). Während der Verbrennung werden die als Brandgase gebildeten Schadstoffe dampfförmig oder adsorbiert an Ruß und Flugasche aus der Einsatzstelle getragen. Kühlen die Brandgase ab, erfolgt eine zunehmende Adsorption der Schadstoffe an die Rußpartikel oder die Flugasche. An Ruß gebundene Schadstoffe sind als sichtbare Ver-

schmutzung zu erkennen. Die erste Brandphase ist der Entstehungsbrand mit einer deutlichen Flammen- und einer geringen Rußbildung. Die Sauerstoffkonzentration im Brandbereich ist hoch, sodass vor allem Brandprodukte einer vollständigen Verbrennung entstehen. In der zweiten Phase, der Vollbrandphase, hat sich ein stabiler Abbrand mit konstanten Temperaturen, Zuluft und Abluft eingestellt. Die Luftzufuhr und die Verbrennungstemperatur bestimmen die Schadstoffmenge. In der Phase der Brandbekämpfung sinken die Temperaturen und die Sauerstoffkonzentration aufgrund der Wirkung der Löschmittel. Damit entstehen mehr Schadstoffe. Unmittelbar an die Brandbekämpfungsphase schließt sich die Nachlös- und Abkühlungsphase an. In dieser Phase können aufgrund des weiter vorhandenen Temperaturniveaus noch erhebliche Schadstoffmengen an die Umgebung Atmosphäre abgegeben werden. Durch Belüftung, Abkühlung und gezieltes Löschen der Glutnester kann diese Phase verkürzt werden. Die letzte Brandphase sind die Aufräumungsarbeiten an einer »kalten« Brandstelle. Die meist wasserunlöslichen Schadstoffe sind in der Regel an Ruß oder Asche gebunden (► Kapitel 38).

7.2 Löschen

Um zu »löschen«, muss die Feuerwehr den Verbrennungsprozess unterbrechen, indem eine der Voraussetzungen des Verbrennungsprozesses (► Abschnitt 7.1) entzogen wird. Das bedeutet, die Feuerwehr kann durch den Entzug des brennbaren Stoffes oder des Sauerstoffes löschen, das Mischungsverhältnis stören oder aber die Zündtemperatur senken. Genau auf diesen Effekten beruhen die drei Hauptlöschwirkungen:

- Löschen durch Ersticken,
- Löschen durch Abkühlen und
- Löschen durch antikatalytische Wirkung.

7.2.1 Löschen durch Ersticken

Beim Löschen durch Ersticken wird das Mischungsverhältnis von brennbarem Stoff und Sauerstoff gestört. Diese Löschmethode beruht

auf dem »Gesetz der konstanten Proportionen«, nach dem es für jede (Verbrennungs-) Reaktion nur ein einziges richtiges Mischungsverhältnis (das stöchiometrische Verhältnis) gibt. Löschen durch Ersticken kann erreicht werden durch

- das Verdünnen des Sauerstoffs,
- das Drosseln der Zufuhr des brennbaren Stoffes (Abmagern) und
- das völlige Trennen des brennbaren Stoffes und des Sauerstoffs.

Zum Verdünnen des Sauerstoffs muss der Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft von zirka 21 Vol.-% auf die löschrückwirksame Konzentration von zirka ≤ 15 Vol.-% gesenkt werden. Dazu muss das Luftvolumen im Brandbereich zu etwa einem Drittel mit einem Löschgas gefüllt werden. Eine bekannte Anwendung sind Kohlenstoffdioxid-Löschanlagen (► Kapitel 29).

Um eine Löschrückwirkung durch Abmagern des brennbaren Stoffes zu erreichen, muss der weitere Zutritt des brennbaren Stoffes in die Brandzone verhindert werden (nicht mit dem Löschen durch Trennen verwechseln!). Dies ist vor allem bei brennbaren Flüssigkeiten möglich, bei denen ja die über dem Flüssigkeitsspiegel gebildeten Dämpfe brennen. Wird nun die Flüssigkeit vorsichtig (mittels Wasser-Sprühstrahl) unter den Flammpunkt abgekühlt, werden für eine Verbrennung zu wenig Dämpfe gebildet. Die Dämpfe werden also abgemagert. Dies gelingt umso leichter, je höher der Flammpunkt der brennbaren Flüssigkeit liegt.

Durch das völlige Trennen des brennbaren Stoffes vom Sauerstoff wird das Mischungsverhältnis komplett gestört und quasi auf Null gesetzt. Das Trennen der beiden Reaktionspartner kann entweder durch das Abstellen von Rohrleitungen, aus denen der brennbare Stoff ausströmt oder durch einen Schaumeinsatz erfolgen. Die Schaumschicht trennt den brennbaren Stoff bzw. dessen Dämpfe vom Luftsauerstoff ab. Dieser Löschrückwirkung wird beim Schaumeinsatz weiter verstärkt, indem durch das aus der Schaumschicht austretende Löschwasser der Dampfdruck und damit die Dampfbildung der Flüssigkeit verringert werden.

7.2.2 Löschen durch Abkühlen

Die Verbrennungsreaktion benötigt eine Mindesttemperatur zum selbstständigen Fortbestand. Durch Erhöhen der Temperatur wird die chemische Reaktion beschleunigt, durch Senken der Temperatur verlangsamt. Beim Löschen durch Abkühlen muss die Temperatur im Brandbereich unter die Mindestverbrennungstemperatur (nicht unter die Zündtemperatur) gesenkt werden. Dabei muss nicht nur die Brandzone abgekühlt werden, sondern auch erhitzte Oberflächen in der Umgebung, um eine Rückzündung zu verhindern. Die Abkühlung kann v. a. erreicht werden durch:

- Erwärmen des Löschmittels (basierend auf dem Energieerhaltungssatz; Je größer die spezifische Wärmekapazität eines Löschmittels ist, desto mehr Verbrennungswärme kann es aufnehmen, die zum Fortbestand der Verbrennungsreaktion fehlt);
- Verdampfen des Löschmittels (Beim Verdampfen eines Löschmittels, z. B. Wasser, verbleibt die aufgenommene Wärme im Dampf. Der Dampf entweicht aus der Verbrennungszone und führt die Wärmeenergie ab).

7.2.3 Löschen durch antikatalytische Wirkung

Bei der Verbrennungsreaktion sind auch reaktionsbeschleunigende Substanzen, so genannte Katalysatoren, erforderlich. Zudem dürfen reaktionshemmende Substanzen, so genannte Inhibitoren, nicht vorhanden sein. Beim Löschen durch antikatalytische Wirkung werden antikatalytisch wirkende Substanzen in den Brandbereich eingebracht, wodurch die Verbrennungsreaktion gehemmt und schließlich unterbunden wird. Da die antikatalytischen Substanzen als Inhibitor bezeichnet werden, spricht man auch von der Inhibition. Unterschieden werden die homogene und die heterogene Inhibition. Da die Verbrennungsreaktion als Kettenreaktion verläuft, werden bei der homogenen Inhibition Zwischenglieder der Verbrennungsreaktionskette durch Radikale, die bei der thermischen Zersetzung des Löschmit-

tels gebildet werden, aus den Reaktionsketten »herausgerissen«, sodass die Reaktion stoppt und die Verbrennung beendet wird. Bei der heterogenen Inhibition wird die kettenabbrechende Löschwirkung durch kühle Oberflächen (<Wandwirkung>) infolge Energieentzug erreicht. Ein Beispiel ist die Löschwirkung von Pulver. Pulver hat eine große Oberfläche. Im direkten Kontakt mit der kühlen, großen Pulveroberfläche verlieren die für die Verbrennungsreaktion notwendigen freien Radikale Energie, sodass es zum Abbruch der Reaktionskette kommt.

7.3 Löschmittel

Als Löschmittel werden alle Stoffe bezeichnet, die durch bestimmte Löschwirkungen den Verbrennungsprozess unterbinden, die Verbrennung also stoppen. Als Hauptlöschmittel gibt es derzeit Wasser, Schaum, Pulver und Kohlenstoffdioxid. Zudem gibt es noch einige Nebenlöschmittel, wie spezielle gasförmige Löschmittel, Sand oder Kochsalz.

7.3.1 Wasser

Wasser ist das Hauptlöschmittel schlechthin, da es günstig und (fast) überall verfügbar ist (► Bild 7.3). Zudem reicht es für die meisten Brände als Löschmittel völlig aus. Die Löschwirkung des Wassers ist vor allem auf das große Wärmebindungsvermögen zurückzuführen, das auf der hohen spezifischen Wärmebindungskapazität und der hohen



Bild 7.3 Die abkühlende Löschwirkung von Wasser stört die Verbrennungsreaktion.



Achtung:

Besondere Vorsicht beim Einsatz von Wasser bei Säuren und Laugen. Es besteht die Gefahr einer starken Erhitzung und einem Aufkochen bzw. Umherspritzen der Stoffe.

Verdampfungswärme basiert (aus einem Liter Wasser werden bei vollständiger Verdampfung 1 700 Liter Wasserdampf). Durch die abkühlende Löschwirkung des Wassers wird die Verbrennungsreaktion gestört. Gleichzeitig wird die thermische Aufbereitung brennbarer fester Stoffe beendet, sodass keine weiteren brennbaren Gase und Dämpfe produziert werden. Eine erstickende Löschwirkung hat Wasser durch das Ersticken durch Abmagern bei brennbaren Flüssigkeiten.

Wasser ist das Hauptlöschmittel für Brände der Brandklasse A. Je feiner das Sprühbild des Strahlrohres ist, desto größer ist die Oberfläche des Wassers (feinste Tröpfchen) und damit das Wärmebindungsvermögen (► Kapitel 30).

Wasser hat eine hohe Oberflächenspannung und kann deshalb nur schwer in Stoffe eindringen (z. B. Stroh, Heu, Kohle). Netzmittel kann daher zur Reduzierung der Oberflächenspannung zugesetzt werden. Die Herstellung des so genannten Netzwassers kann an Schaumzumischrichtungen mit einer Zumischrate von $\leq 1\%$ erfolgen.

In der Regel darf Wasser nicht bei Metallbränden (► Kapitel 19), heißen oder brennenden Ölen und Fetten, Schornsteinbränden (Gefahr des »Sprengens« des Schornsteins durch den infolge Wasserdampfbildung entstehenden Überdruck sowie Gefahr der zu starken Abkühlung und damit einer Rissbildung im Schornstein) und bei Chemikalien, die heftig mit Wasser reagieren, verwendet werden. Vorsicht ist beim Wassereinsatz in elektrischen Anlagen geboten. Hier sind die Sicherheitsabstände nach DIN VDE 0132 einzuhalten (► Kapitel 19). Ein Einsatz von Wasser sollte in folgenden Fällen genau abgewogen werden:

- quellfähige Stoffe,
- Stäube,
- größere Glutbrände in geschlossenen Räu-



Bild 7.4 Schaumeinsatz:

- a** Mit dem Kombinationsschaumrohr kann Mittel- und Schwertschaum erzeugt werden.
- b** Gut ist beim Kombinationsschaumrohr das mittige Rohr für Schwertschaum zu erkennen.

men (Gefahr der Wassergasbildung mit hohem Kohlenstoffmonoxid-Anteil),

- Kunstdünger,
- Säuren und Laugen.

7.3.2 Schaum

Schaum besteht aus den drei Komponenten Wasser, Schaummittel und Luft, die in der Regel am Einsatzort in einer Schaumzumisch-einrichtung (Zumischer, Turbozumischer [► Kapitel 28] oder fest eingebaute Zumisch-einrichtung im Fahrzeug) vermischt werden. Das Schaummittel-Wasser-Gemisch wird am Schaumrohr mit der Luft verwirbelt, sodass Schaum entsteht (► Bild 7.4).

Die Zumischung (bzw. Zumischrate) gibt den prozentualen Anteil des Schaummittels am Wasser-Schaummittel-Gemisch an. Eine dreiprozentige Zumischung bedeutet, dass das Wasser-Schaummittel-Gemisch aus 97 % Wasser und 3 % Schaummittel besteht. Die Höhe der Zumischung hat Einfluss auf die Schaumstabilität. Die Verschäumungszahl (VZ) ist das Verhältnis zwischen Flüssigkeitsmenge, also der Menge des Wasser-Schaummittel-Gemisches, und der Schaummenge ($VZ = \text{Schaumvolumen} / \text{Flüssigkeitsvolumen}$). Sie gibt also an, wie sich die Flüssigkeitsmenge bei der Verschäumung mit Luft vergrößert hat. Entsprechend der Verschäumungszahl werden die verschiedenen Schaumarten eingeteilt:

- $VZ < 20$: Schwertschaum,
- $VZ 20$ bis 200 : Mittelschaum,
- $VZ 200$ bis 1000 : Leichtschaum.

Je höher die Verschäumungszahl ist, desto höher ist der Luft- und desto geringer der Flüssigkeitsanteil des Schaums. Zum Einsatz von Schaum siehe ► Kapitel 28.

Es gibt verschiedene Schaummittelarten. Grob kann man zwischen Proteinschaummitteln und synthetischen Schaummitteln sowie zwischen fluorfreien und fluorhaltigen Schaummitteln unterscheiden. Fluorfreie Löschmittel sind nach Herstellerangaben beispielsweise einige synthetische Mehrbereichsschaummittel, Proteinschaummittel und Klasse-A-Schaummittel (für Druckluftschamanlagen). Fluorhaltige Löschmittel sind wasserfilmbildende synthetische Schaummittel, wasserfilmbildende Protein-Schaummittel und Fluor-Protein-Schaummittel. Bei den fluorhaltigen Schaummitteln muss man noch hinsichtlich des Fluorierungsverfahrens unterscheiden. Schaummittel, denen im Rahmen einer so genannten Telomerisierung Fluor zugesetzt wurde, dürfen verwendet werden. Wurden Schaummittel jedoch elektrochemisch fluorisiert, dürfen diese aus Umwelt-



Praxis-Tipp:

Aufgrund der Viskosität des Schaummittels empfiehlt sich im Winter u. U. eine höhere Zumischrate.

**Achtung:**

Schaum darf nicht in spannungsführenden elektrischen Anlagen eingesetzt werden.

und Gesundheitsschutzgründen seit Ende Juni 2011 nicht weiter verwendet werden, da diese die schädlichen Bestandteile PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure) enthalten. Nach 2000/2002 gekaufte Schaummittel sind laut Hersteller in der Regel jedoch als PFOS-frei anzusehen.

Bei den synthetischen Schaummitteln gibt es weiterhin noch alkoholbeständige Schaummittel. Bei diesen Schaummitteln wird in der Produktbezeichnung meist eine Ziffernfolge (z. B. 3/6) gesetzt. Diese Ziffern geben die Zumischrate bei Schwer- und Mittelschaum an. Die erste Ziffer (im Beispiel die Ziffer 3) gibt die Zumischrate für den Einsatz bei Stoffen der Brandklasse A bzw. bei unpolaren Flüssigkeiten wie Kraftstoffen (Brandklasse B) an. Die zweite Ziffer (im Beispiel die Ziffer 6) bezeichnet die Zumischrate beim Einsatz von polaren Stoffen der Brandklasse B. Das Problem der alkoholbeständigen Schaummittel ist die hohe Viskosität, insbesondere bei Temperaturen unter 0 °C.

Welches Schaummittel eingesetzt wird, hängt von der beabsichtigten Löschwirkung, den vorhandenen brennbaren Stoffen und letztlich der Logistik ab. Öffentliche Feuerwehren führen in der Regel Mehrbereichsschaummittel mit, das normalerweise mit einer Zumischrate von drei Prozent dem Löschwasserstrom zugemischt wird. Es ist für die Bekämpfung von Bränden der Brandklassen A und B geeignet; wasserfilmbildende Schaummittel wie AFFF eignen sich dagegen insbesondere für die Brandbekämpfung an Stoffen der Brandklasse B – für öffentliche Feuerwehren gibt es in der Regel keine nützliche Anwendung, außer es gibt ein entsprechendes Gefahrenpotenzial im Ausrückebereich.

Schaummittel ist v. a. für die Brandklassen A und B geeignet. Die Löschwirkung ist das Löschen durch Erstickern. Allerdings haben

Schwer- und Mittelschaum nicht nur die erstickende Löschwirkung. Das aus der Schaumschicht austretende Löschwasser verringert auch den Dampfdruck und damit die Dampfbildung der brennbaren Flüssigkeit weiter.

Nebenwirkungen beim Einsatz von Schaummitteln sind der Kühleffekt durch das aus dem Schaum austretende Wasser sowie der Dämmeffekt. Dabei isoliert der Schaum infolge der geringen eigenen Wärmeleitfähigkeit noch nicht entzündetes oder bereits abgelöschtes Brandgut gegenüber Wärmestrahlung bzw. Zündquellen. Werden geschlossene Räume mit Schaummittel geflutet, tritt noch der Verdrängungseffekt ein, bei dem der Schaum die für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff bzw. die brennbaren Gase verdrängt.

Je nach gewähltem Schaummittel kann es auch zu einer Filmbildung zwischen dem Brandgut und dem Schaum bzw. der Umgebung kommen. Wasserfilmbildende Schaummittel (AFFF) bilden beim Löschen von unpolaren (also nicht mit Wasser mischbaren) Flüssigkeiten einen dünnen, wässrigen Tensidfilm aus, welcher das Brandgut vom Sauerstoff trennt. Beim Löschen polarer, also mit Wasser mischbarer Flüssigkeiten (zum Beispiel Alkohole) mit alkoholbeständigen Schaummitteln entsteht ein Polymerfilm, der zwischen der Schaumschicht und der schaumzerstörenden polaren Flüssigkeit schwimmt.

Schaum darf nicht in spannungsführenden elektrischen Anlagen eingesetzt werden. Grundsätzlich sollte aus Umweltschutzgründen nur so wenig Schaummittel wie nötig eingesetzt werden (► Kapitel 38). Auch wenn die meisten Mehrbereichsschaummittel fluorfrei sind, sollte Schaummittel – vor allem in Wasserschutzgebieten und in der Nähe von Oberflächengewässern – nur sehr kontrolliert und im Ausnahmefall eingesetzt werden. Denn beim biologischen Abbau bindet auch die »Chemikalie Schaummittel« Sauerstoff.

Beim Leichtschaum – der in der Praxis jedoch fast keine Bedeutung mehr hat – liegt die Zerstörungsrate des Schaums beim Auftreffen auf das Brandgut bei bis zu 80 %. Die bei der Zerstörung des Schaums freiwerdenden Wassertröpfchen verdampfen als Wasserdampf,

der sich wiederum mit der Luft vermischt und diese verdünnt. So ergibt sich die erstickende Löschwirkung des Leichtschlums.

Netzmittel

Viele Feuerwehren setzen Klasse-A-Schaummittel mit einer geringen Zumischrate (< 0,5 Prozent) standardmäßig bei der Vornahme von Strahlrohren als Netzmittel ein. Dabei erfolgt die Schaumzumischung meist über eine Druckzumischanlage des Fahrzeuges. Durch die geringe Zumischung des Schaummittels als Netzmittel wird die Oberflächenspannung des Wassertropfens reduziert. So kann das Löschmittel besser in das Brandgut eindringen und möglicherweise einen schnelleren Löscherefolg erzielen (hier gehen die Meinungen und die bisher vorgelegten Untersuchungen jedoch durchaus auseinander). Dabei ist jedoch zu beachten, dass Netzmittel bzw. Netzwasser nie einen Stoff komplett durchdringt, sondern in der Regel nur in die Oberflächenstruktur eines Stoffes eindringt – ein Effekt, der möglicherweise auch ohne Netzmittel mit einem Hohlstrahlrohr erreicht werden kann – eine gute Ausbildung des Strahlrohrführers vorausgesetzt.

7.3.3 Pulver

Löschpulver wird aufgrund der Wirkung auf die Brandklasse unterschieden. Dabei werden die für den Einsatz zulässigen Brandklassen der Pulver-Bezeichnung vorangestellt (z. B. ABC-Pulver, BC-Pulver, D-Pulver). Auf den Feuerlöschern ergeben sich teilweise andere Bezeichnungen wie PG (Pulver Glutbrand) für ABC-Pulver, P für BC-Pulver oder PM für D-Pulver.

Grundlage für Löschpulver sind je nach Einsatzgebiet Phosphate oder Carbonate bzw. Natriumchlorid (bei Metallpulver). Pulver löscht durch die antikatalytische Wirkung (heterogene Inhibition) und nicht – wie oft angenommen – durch die Erstickungswirkung. Dies wirkt sich lediglich beim ABC-Pulver nebenbei aus, da die im Pulver enthaltenen Ammoniumverbindungen eine Glasurschicht auf dem mit Glut verbrennenden Stoff bilden und so einerseits die Sauerstoffzufuhr gemindert, andererseits die Strahlungswärme isoliert wird.

Beim Löscheinsatz mit Pulver ist unbedingt die Brandklasse zu beachten. So eignet sich BC-Pulver nur für Flammenbrände, also die Brandklassen B und C. ABC-Pulver kann hin-



Bild 7.5 Löschpulvereinsatz bei einem Brand der Brandklasse B

**Achtung:**

BC-Löschpulver ist schaumzerstörend. Soll Pulver zusammen mit Schaum eingesetzt werden, ist besonderes schaumverträgliches Pulver einzusetzen.

**Achtung:**

Nachteil von Löschpulver ist eine erhebliche Verschmutzung der Umgebung. Daher sollte der Einsatz von Löschpulver unter dem Gesichtspunkt der schadenarmen Einsatztaktik jeweils im Einzelfall entsprechend geprüft werden. In empfindlichen technischen Anlagen sollte der Einsatz von Pulver komplett unterbleiben.

gegen bei den Brandklassen A bis C eingesetzt werden. Metallbrandpulver ist ausschließlich für den Einsatz bei Bränden der Brandklasse D vorgesehen. Die Löschpulverwolke ist praktisch elektrisch nicht leitfähig; ABC- und BC-Pulver können so in spannungsführenden Niederspannungsanlagen zum Einsatz kom-



Bild 7.6 Pulverlöscher für Metallbrände

men. Allerdings können ABC-Pulver dort durch Schmelzen leitfähige Beläge bilden. Der Einsatz in Hochspannungsanlagen ist untersagt (► Kapitel 19).

Grundsätzlich sollte aus Umweltschutzgründen nur so wenig Pulver wie nötig eingesetzt werden. Zum Vorgehen mit Pulverlöschern siehe ► Kapitel 27.8.2.

Metallbrandpulver wird locker auf das Brandgut aufgebracht und nicht mit dem scharfen Strahl einer Pulverwolke. Die Löschwirkung des D-Pulvers ist vor allem ein Löschen durch Ersticken. Das auf dem Brandgut aufgetragene Pulver schmilzt und trennt das Brandgut so vom Sauerstoff.

7.3.4 Kohlenstoffdioxid

Der Löscheffekt bei Kohlenstoffdioxid (CO_2) beruht auf der Verdrängung des Sauerstoffs der Umgebungsluft; der Sauerstoffanteil sinkt im Löschbereich von Kohlendioxidlöschanlagen auf weniger als 15 Vol.-% (eine Sauerstoffkonzentration $\leq 13\%$ ist üblich). Die Löschwirkung ist also ein Löschen durch Ersticken.

Kohlenstoffdioxid ist für den Einsatz bei Bränden der Brandklassen B und C vorgesehen. Kohlenstoffdioxid kann in spannungsführenden elektrischen Anlagen eingesetzt werden; die Sicherheitsabstände nach VDE 0132 sind zu beachten (► Kapitel 19).

Der Einsatz bei Glutbränden der Brandklasse A ist unwirksam. Für Metallbrände ist es nicht zugelassen, da aufgrund der hohen Temperaturen Sauerstoff abgespalten wird und Kohlenstoffdioxid so brandfördernd wirkt. Bei Bränden im Freien ist Kohlenstoffdioxid wirkungslos; bei Bränden in geschlossenen Räumen muss unluftunabhängiger Atemschutz getragen werden.

Soll Kohlenstoffdioxid in geschlossenen Räumen als Inertgas eingesetzt werden, ist zu beachten, dass sich der Stoff bei Expansion elektrostatisch aufladen kann. So kann es zu zündfähigen Atmosphären und einer Explosionsgefahr kommen.

Das geruchslose Kohlenstoffdioxid ist ein Atemgift der Gruppe 3 mit Wirkung auf Blut,

Nerven und Zellen. Beim Atmen in einer Atmosphäre mit einer erhöhten Konzentration von Kohlenstoffdioxid steigt der normale Anteil von rund 4 Vol.-% Kohlenstoffdioxid in der menschlichen Ausatemluft an. Die Folge ist eine immer schnellere Atemfrequenz mit einer immer schlechteren Sauerstoffversorgung der Körperzellen. Dies wiederum führt zu Bewusstseinstörungen. Bei einer Konzentration ab etwa 15 Vol.-% CO₂ ist die Atemfrequenz so hoch, dass akute Lebensgefahr durch den Zusammenbruch der vegetativen Herz-/Kreislauf-Steuerung (Bewusstlosigkeit, Lähmungen, Tod) bestehen kann. Aufgrund der vom Löschgas ausgehenden Gefahren wird Kohlenstoffdioxid in Löschanlagen oft odoriert (also mit einem Geruchsstoff versehen); dies ist jedoch nicht zwingend vorgeschrieben (► Kapitel 29).

Kohlenstoffdioxid ist schwerer als Luft und kann sich auch gegen die Windrichtung am Boden ausbreiten. Dies ist auch bei der Lagebewertung zu beachten.

Aufgrund der Gesundheitsgefahr beim Einsatz von Kohlenstoffdioxid-Feuerlöschern in



Achtung:

Wenn das Verhältnis von Raumgröße (freie Grundfläche!) zu Kohlenstoffdioxid-Löschmittelmenge kleiner als 5,5 (m²/kg) ist, muss das Löschen (ohne umluftunabhängigen Atemschutz) von außen durch den geöffneten Türspalt erfolgen; anschließend ist die Tür zu schließen. Der Brandraum darf danach nur noch nach wirksamen Belüftungsmaßnahmen oder unter umluftunabhängigen Atemschutz betreten werden.

Räumen muss die Grundfläche des Raumes im Verhältnis zur Löschmittelmenge stehen. Um eine Gefährdung der Person, welche sich im Raum aufhält, um ein Feuer mittels Kohlenstoffdioxid-Feuerlöscher zu lösen, ausschließen zu können, muss laut DGUV (Stand: 2018) pro Kilogramm Kohlenstoffdioxid-Löschmittel eine freie (!) Grundfläche von mindestens 5,5 Quadratmetern vorhanden sein. Dies bedeutet, dass beim Einsatz eines Feuerlöscher KA2 (zwei Kilogramm Kohlenstoffdioxid) min-



Bild 7.7 Kohlenstoffdioxid-Feuerlöscher KA5

destens elf Quadratmeter freie Grundfläche vorhanden sein muss und beim Einsatz eines Feuerlöcher KA5 (fünf Kilogramm Kohlenstoffdioxid) mindestens 27,5 Quadratmeter freie Grundfläche vorhanden sein muss. Liegt die freie Grundfläche unter den genannten Werten, muss umluftunabhängiger Atemschutz getragen werden.

7.3.5 Sonstige Löschmittel

Je nach Brandgut können sich zur Brandbekämpfung auch andere Löschmittel als die aufgeführten Hauptlöschmittel eignen.

Ein Beispiel ist Sand. Sand eignet sich zum Löschen durch Ersticken von kleineren Bränden der Brandklassen A und B. Trockener (!) Sand kann zur Bekämpfung von Leichtmetallbränden verwendet werden. Ebenfalls zur Bekämpfung von Metallbränden eignet sich gewöhnliches Haushalts-Kochsalz oder Grauguss-Späne.

Als Inertgase kommen Stickstoff und Argon in Betracht, deren Löschwirkung wie beim Kohlenstoffdioxid im Ersticken liegt. Da Stickstoff leichter als Luft ist, eignet es sich gut für Brände, bei denen gut durch das aufsteigende Gas gelöscht werden kann (z. B. Silos, ► Kapitel 35.11). Die Hersteller bieten auf dem Markt auch verschiedenste Gasmischungen als Löschgase an. Deren Zusammensetzung und Eignung für den jeweiligen Einsatzzweck (meist in ortsfesten Löschanlagen) muss jeweils im Einzelfall geklärt werden.

Ein weiterer Löschmittelzusatz zu Wasser ist »F-500«. Der Löschmittelzusatz ist für die

Brandklassen A und B sowie in Teilbereichen C, D und F geeignet. F-500 enthält ein amphipatisches Molekül, das aufgrund der Tensideigenschaften brennbare Stoffe einhüllt. »F-500« kann bereits ab etwa 70 °C deutliche Mengen Wasserdampf abgeben, sodass brennbare Stoffe sehr schnell merklich abgekühlt werden, sodass sogar eine Metallbrandbekämpfung vom Hersteller nachgewiesen wurde. Der Löschmittelzusatz kann mittels normaler Zumischer dem Wasser mit einer dreiprozentigen Zumischung beigemischt und mittels Sprühstrahl über ein Hohlstrahlrohr ausgebracht werden.

Die < **Löschdecke** > soll laut der DGUV-Information »Einsatz von Löschdecken« (2018) nicht mehr bei der Bekämpfung von Speiseöl- und Speisefettbränden sowie bei brennenden Menschen zum Einsatz kommen. In beiden Fällen wird der Einsatz von Feuerlöschern der entsprechenden Brandklasse empfohlen. Hintergrund ist, dass die Löschdecke in den meisten Fällen keine Löschwirkung entfaltet und zudem noch eine Gefahr für den Anwender birgt.

Literatur

- [1] Rodewald, G., Rempe, A.: Feuerlöschmittel, 7. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2005.
- [2] Thorns, J.: Einsatz »Brandmeldeanlage«, 3. Auflage, Die Roten Hefte/Ausbildung kompakt 216, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2021.
- [3] Habermeier, F.: Chemie, 3. Auflage, Die Roten Hefte 59, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2010.
- [4] de Vries, H.: Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum, Ecomed Verlag, Landsberg, 1. Auflage, 2000.

Notizen:

8 Biologische Grundlagen

von Meike Rothe

Die Biologie ist die Lehre des Lebens. Sie beschäftigt sich mit der Erforschung des Menschen, der Tier- und Pflanzenwelt, aber auch mit Vorgängen, die sich in der Zelle abspielen. Fragestellungen in der Molekularbiologie, der Mikrobiologie und der Genetik sind in den vergangenen Jahrzehnten immer mehr in den Vordergrund getreten und haben der Medizin, der Agrarwirtschaft und der Industrie einen gewaltigen Wissenszuwachs beschert. Durch mikrobiologische Prozesse werden Medikamente hergestellt, Lebensmittel verfeinert und Verfahren in Klärwerken optimiert. Bakterien werden zur Beseitigung von Ölteppichen eingesetzt, Viren können bei der Krebstherapie zum Einsatz kommen. Die Biotechnologie hat sich zur Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts entwickelt. Neben den vielen Vorteilen und Nutzen für die Menschheit birgt sie jedoch auch Gefahren, die durch falschen Umgang oder Missbrauch entstehen. Die Feuerwehr muss diesen Gefahren kompetent entgegenreten. Damit dies gelingt, ist ein Grundlagenwissen im Bereich der Biologie unerlässlich.

8.1 Die Zelle

Eine Zelle ist die kleinste lebensfähige Einheit, die es auf der Welt gibt. Sie ist nur unter dem Mikroskop sichtbar, aber von grundlegender Bedeutung für das weitere Verständnis biologischer und medizinischer Fragestellungen. Trotz unterschiedlicher Formen und Spezialisierungen, besteht jede Zelle aus denselben Grundelementen. Es gibt Einzeller, wie Bakterien und Hefepilze, und Vielzeller, wie Pflanzen und Tiere. Einzeller sind die einfachsten Lebewesen, die es gibt. Sie bestehen nur aus einer Zelle.

Vielzeller bestehen aus einer Ansammlung verschiedener spezialisierter Zellen, die sich zu

Geweben und Organen zusammengeschlossen haben. Nur durch das systematische Zusammenspiel der Zellen, kann der Körper als eine Einheit funktionieren. Die Grundfunktionen aller Zellen sind gleich und werden im Folgenden am Beispiel der menschlichen Zelle erklärt

8.1.1 Aufbau menschlicher Zellen

Menschliche Zellen sind zwischen zehn und 100 Mikrometer (1 Mikrometer = 1/1 000 Millimeter) groß und können mit dem Lichtmikroskop untersucht werden. Sie sind von einer dünnen Schicht, der Zellmembran, umgeben. Lipide (Fette) in der Zellmembran sorgen für die Dichtigkeit der Zelle. Zwischen den Lipiden sind Proteine (Eiweißstoffe) in die Zellmembran eingebaut. Sie haben vielfältige Funktionen. Als so genannte Rezeptoren (Sensoren) können sie Reize aus der Umwelt aufnehmen. Als Kanäle können sie Stoffe in die Zelle herein oder heraus transportieren.

Die Zellmembran umschließt den Innenraum der Zelle, den man Cytoplasma (»Cyto« = griechisch für Zelle) nennt. Das Cytoplasma besteht vorwiegend aus Wasser, in dem Salze

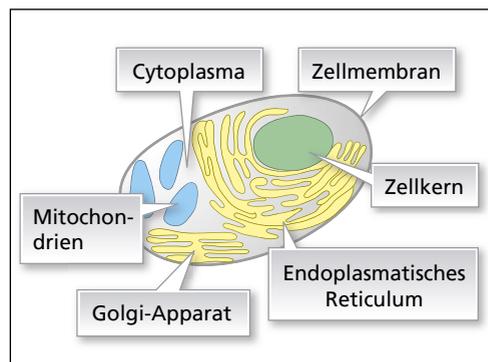


Bild 8.1 Aufbau der Zelle

und Proteine gelöst sind. Man findet darin verschiedene Organellen, die im Einzelnen vorgestellt werden sollen.

Der Zellkern

Im Zellkern befindet sich der größte Teil der Erbinformationen der Zelle. Sie liegt als Desoxyribonukleinsäure (DNS, englisch: DNA) vor und ist vergleichbar mit einer großen, geordneten Datenbank. Die dort gespeicherten Daten werden Gene genannt. Es wird geschätzt, dass der Mensch über 25 000 Gene verfügt. Die Daten werden im Zellkern abgerufen, in der Zelle verarbeitet und schließlich als Proteine dargestellt. Proteine steuern alle zellulären Vorgänge. In den unterschiedlichen Zellen des Menschen werden nie alle Daten gleichzeitig umgesetzt. Dadurch können Zellen unterschiedliche Aufgaben übernehmen.

Menschliche Gene sind gebündelt als Datenpakete, den Chromosomen, angeordnet. In fast jeder Zelle liegt die gleiche Kombination aus zweimal 23 Chromosomen vor (doppelter Chromosomensatz). 50 Prozent der Gene stammen von der Mutter, die anderen 50 Prozent vom Vater ab. Dadurch ist die Individu-

alität jedes einzelnen Menschen gewährleistet. Geschlechtszellen, die nur in den Geschlechtsorganen hergestellt werden können, enthalten den einfachen Chromosomensatz. Mit der Vereinigung von Ei- und Samenzelle entsteht die erste Körperzelle des Embryos.

Die Mitochondrien

Die Mitochondrien sind die »Kraftwerke« der Zelle. Sie sind für die Energiegewinnung zuständig. Aufgenommene Nährstoffe werden mit Sauerstoff verbrannt. Dabei entsteht ATP (Adenosintriphosphat), die »Energiewährung« der Zelle. Das ATP kann gegen eine Aktivität »eingetauscht« werden.

Aktive Muskeln haben einen hohen Energiebedarf. Entsprechend viel ATP muss in Muskelzellen produziert werden. Sie müssen daher ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Die erhöhte Atemfrequenz beim Sport stellt die Sauerstoffzufuhr sicher.

Der Golgi-Apparat

Der Golgi-Apparat ist an der Produktion, Sortierung und Ausscheidung von Stoffwechselprodukten beteiligt. Er stellt das »Logistik-

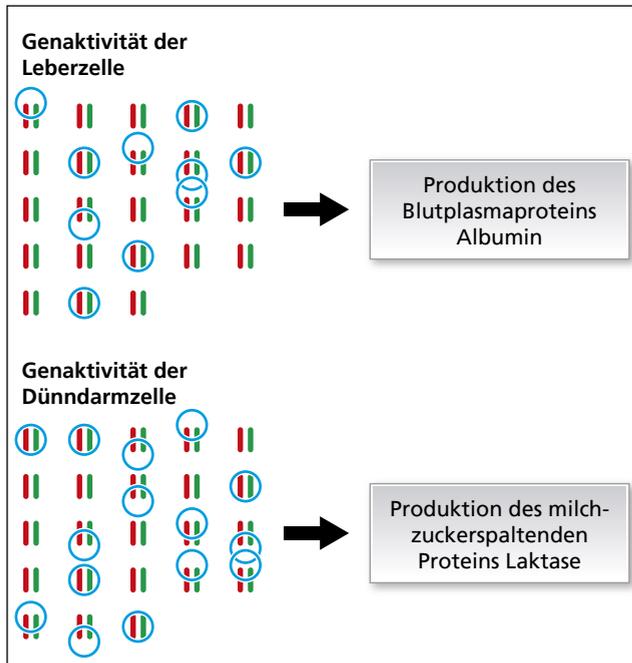


Bild 8.2 Schematische Darstellung unterschiedlicher Genaktivität (blaue Kreise) in verschiedenen Zellen bei gleichem Genmaterial (2 x 23 Chromosomen, dargestellt durch rote und grüne Striche). Als Ergebnis werden unterschiedliche Proteine gebildet.

Zentrum« der Zelle dar. Durch chemische Veränderungen von Proteinen können komplexe Transportvorgänge innerhalb der Zelle gesteuert werden.

Endoplasmatisches Reticulum (ER)

Das ER wirkt bei der Proteinbiosynthese und im Stoffwechsel mit. Man unterscheidet zwischen dem glatten ER und dem rauen ER. Das raue ER ist mit Ribosomen verbunden. Bei ihnen handelt sich um die Produktionsstätten der Proteine. Wenn man beachtet, dass Proteine für alle Zellfunktionen zuständig sind, ist es nicht verwunderlich, dass das ER einen großen Platzbedarf in der Zelle hat. Das glatte ER, das keine Ribosomen an der Oberfläche trägt und daher glatt aussieht, ist unter anderem an der Umsetzung von Kohlenhydranten sowie an der Beseitigung von Giftstoffen beteiligt.

8.2 Bakterien

Bakterien sind einzellige Lebewesen, die es schon seit mindestens 3,5 Milliarden Jahren gibt. Durch ständige Veränderungen und Anpassungen an neue Lebensräume besiedeln sie heute fast alle Nischen unserer Erde.

8.2.1 Lebensräume von Bakterien

Auch wenn man Bakterien nicht sehen kann, sind sie überall vorhanden. Ihre Anzahl übersteigt jegliche Vorstellungskraft. Man geht davon aus, dass erst zehn Prozent aller Bakterienarten bekannt sind. Eine enorme Artenvielfalt verbirgt sich in den restlichen 90 Prozent. Bereits heute sind Arten bekannt, die in über 100 °C heißen Quellen oder in hochradioaktiv verstrahlten Gebieten leben. Einige Vertreter können als Symbionten (»Lebenspartner«) von Fischen unter Wasser Licht produzieren, andere bauen Öl ab oder stellen Stickstoff für Ackerpflanzen zur Verfügung.

Die Industrie hat sich die zahlreichen Fähigkeiten der Bakterien zu Nutzen gemacht. Milchsäurebakterien werden zur Herstellung von Brot und Milchprodukten genutzt, Essigsäurebakterien produzieren Speiseessig. Andere Bakterien stellen den Geschmacksverstärker

Glutamat her oder bilden Produkte für die Pharmaindustrie, wie zum Beispiel Insulin.

Neben den nützlichen Arten gibt es aber auch eine Vielzahl von Vertretern, die Krankheiten hervorrufen können. Sie werden in pathogene und opportunistische Keime unterteilt. Opportunistische Keime sind normale Bewohner des Körpers. Ihr Wachstum wird durch das menschliche Immunsystem in Grenzen gehalten. Erst wenn dieses zum Beispiel durch Unterernährung oder durch eine HIV-Infektion geschwächt ist, können sich die opportunistischen Keime vermehren und Krankheiten hervorrufen.

Pathogenen Bakterien müssen erst die natürlichen Barrieren des Körpers überwinden, um in den Körper zu gelangen (► Abschnitt 8.6.1). Die Infektion kann über drei Wege erfolgen: durch den direkten Kontakt, den indirekten Kontakt oder durch tierische Überträger. Bei der direkten Übertragung durch Tröpfchen- oder Schmierinfektionen oder durch sexuellen Kontakt werden die Erreger über Körperflüssigkeiten von Mensch zu Mensch ausgetauscht. Beim indirekten Kontakt nimmt der Mensch die Pathogene über verunreinigte Gegenstände, Hände oder Wasser und Lebensmittel auf. Auch Insekten und andere Tiere können eine bakterielle Infektion auslösen. Durch einen Zeckenbiss gelangen beispielsweise Bakterien der Gattung *Borrelia* in die menschliche Blutbahn. Dort können sie sich vermehren und die Infektionskrankheit Borreliose hervorrufen.

8.2.2 Bakteriellles Wachstum und Infektionsmechanismen

Bakterielles Wachstum erfolgt durch Zellteilungen. Durch Einschnürung der Zelle entstehen in kurzer Zeit aus einer Zelle zwei. Aus diesen werden dann vier, daraus entstehen acht, daraus 16 und so weiter. Unter günstigen Umweltbedingungen vermehrt sich eine Zelle exponentiell und bildet in nur kurzer Zeit eine ganze Kolonie von Nachkommen. Erst durch die Begrenzung von Nährstoffen oder Sauerstoff wird das Wachstum eingestellt.

Während des Wachstums schädigen Pathogene den Menschen zweifach. Zum einen wer-

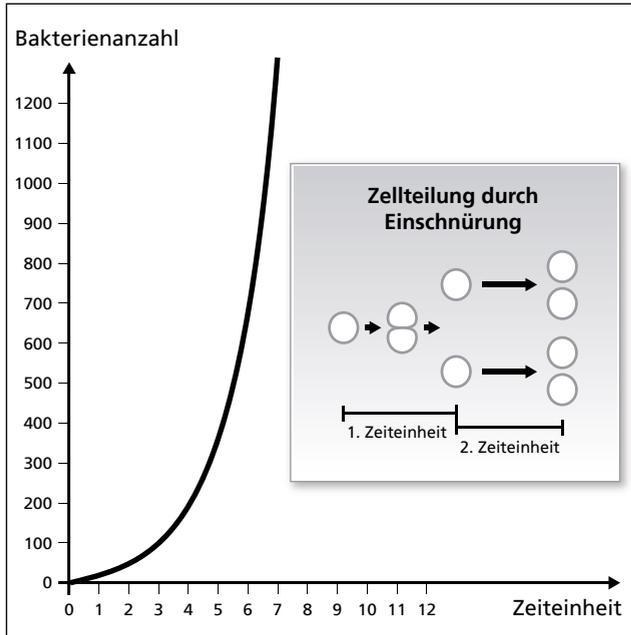


Bild 8.3 Exponentielles Wachstum einer Bakterienzelle durch Zellteilung: Nach nur sieben Zeiteinheiten (Zeitdauer, die eine Art für die Zellteilung braucht, in der Regel eine Stunde) sind aus anfänglich zehn Zellen 1 280 Zellen entstanden.

den Gewebe und Zellen zerstört, zum anderen werden Giftstoffe (Toxine) gebildet. Nur durch die Gabe von Antibiotika oder die vorbeugende Impfung können schwerwiegende bakterielle Infektionen bekämpft oder vermieden werden.

8.2.3 Antibiotika-resistente Bakterien

Große Probleme verursachen Pathogene wie *Staphylococcus aureus*, die gegen viele Antibiotika resistent geworden sind (MRSA – Multiresistenter *Staphylococcus aureus*). Gerade in Krankenhäusern und Altenheimen bereiten sie zunehmend Schwierigkeiten. Eine Behandlung mit üblichen Antibiotika scheitert aufgrund der erworbenen Antibiotika-Resistenz dieser Bakterien. Als Folge können sich die Erreger immer weiter ausbreiten.

Die Resistenzen entstehen durch natürliche genetische Mutationen (Veränderung des Erbguts) einiger Erreger. Wenn eine Mutation dazu führt, dass ein Bakterium bei der Verabreichung des Antibiotikum »A« als einziges überleben kann, dann kann sich dieses Bakterium ungehindert vermehren. Aufgrund der Zellteilung tragen alle Nachkommen dieses

Bakteriums ebenfalls die Mutation. Durch die erneute Verabreichung von Antibiotikum »A« bleiben alle Nachkommen am Leben. Antibiotikum »A« ist damit wirkungslos geworden. Die Gabe von Antibiotikum »B« kann zu einem Behandlungserfolg führen. MRSA sind gegen viele Antibiotika resistent. Die Auswahl eines geeigneten Antibiotikums wird immer schwieriger.

8.3 Viren

Viren sind noch kleiner und einfacher gebaut, als Bakterien. Sie bestehen nur aus einer Proteinhülle und den darin enthaltenen Erbinformationen. Es handelt sich um reine Parasiten. Um sich vermehren zu können, sind sie auf eine so genannte Wirtszelle angewiesen. Eine eigenständige Vermehrung außerhalb des Wirtes ist nicht möglich. Damit zählen sie nicht zu den Lebewesen.

8.3.1 Vermehrung der Viren

Um sich vermehren zu können, muss sich das Virus an eine passende Wirtszelle anlagern. Auf der Außenseite der Virushülle und der

Zellmembran treffen Proteine aufeinander, die sich wie der Schlüssel zum Schloss verhalten. So ist jeder Virustyp auf eine Zellgruppe spezialisiert. Sobald die richtige Verbindung zustande gekommen ist, injiziert das Virus sein Genmaterial in die Wirtszelle. Dieses ist so dominant, dass es die Wirtszelle umprogrammiert. Was dann geschieht, hängt vom Virustyp ab.

Es gibt virulente Viren, wie Influenza- oder Tollwut-Viren, die die Wirtszellen so umprogrammieren, dass sie nur noch Viren produziert. Die dazu benötigten Nährstoffe, ATP und Proteine werden von der Wirtszelle geliefert. Nachdem Hunderte bis Tausende von neuen Viren in der Wirtszelle gebildet wurden, platzt die Zelle auf und entlässt die Viren. Die Zelle geht dabei zugrunde. Die Viren dagegen suchen sich neue Zellen, die sie befallen können. Bei einer Grippeinfektion kann das Immunsystem oft gegen die Viren ankämpfen und können die zerstörten Zellen ersetzt werden. In anderen Fällen, wie bei der Tollwut-Erkrankung, ist mit einem raschen Tod zu rechnen.

Temperente Viren, wie Herpes-Viren, verändern die Wirtszelle auf eine andere Art. Nach der Injektion des viralen Erbmaterils wird es in die genetische Datenbank der Wirtszelle eingebaut. Dort verbleibt es ohne Schaden anzurichten. Bei jeder Teilung der Wirtszelle

wird die virale DNA aber ebenfalls vererbt. Irgendwann wird durch äußere Faktoren die Umprogrammierung eingeleitet. Als Folge werden alle infizierten Nachkommzellen zerstört.

Ein dritter Virustyp sind Tumoviren. Wie der Name schon vermuten lässt, sind sie an der Entstehung von Krebs beteiligt. Ein bekannter Vertreter ist das humane Papillom-Virus (HPV), das Gebärmutterhalskrebs hervorrufen kann.

8.3.2 Schutzmöglichkeiten gegen Viren

Ein wirksamer Schutz gegen Viren ist eine Impfung. Harmlose Virusvarianten werden dabei in den Körper gebracht, um das Immunsystem auf gefährlichere Virustypen vorzubereiten. Eine starke Abwehrreaktion des Körpers wird dann bei einer tatsächlichen Infektion eingeleitet. Bei einer akuten Virus-Erkrankung ist die Medizin oft machtlos. Antibiotika wirken nicht. Sie sind ausschließlich auf Bakterien ausgerichtet. Antivirale Medikamente hemmen die Virusproduktion, können aber nicht alle Viren eliminieren.

8.3.3 Neue Viren und ihre Verbreitung

Jedes Jahr lassen sich Tausende von Menschen gegen Grippe impfen. Dass diese Impfung, anders als die meisten anderen Impfungen, jährlich stattfindet, hat einen Grund: Das Grippevirus verändert sich. Die Veränderungen (Mutationen) führen dazu, dass sich das Virus genetisch von seinem Ursprungstyp entfernt. Personen, die gegen den Ursprungstyp immun sind, können vom Nachfolger infiziert werden. Durch die Mutationen besteht zudem die Möglichkeit, dass ein Virus plötzlich einen anderen Zelltyp befallen kann.

Viele menschliche Viruserkrankungen sind auf diese Weise durch eine Tier-zu-Mensch-Übertragung entstanden. Die immer wieder auftretende »Aviäre Influenza« (Vogelgrippe) und das Influenza-Virus A/H1N1 sind Beispiele hierfür. Letzteres hat als ursprüngliche Schweineseuche den Wirtswechsel zum Menschen geschafft und als so genannte »Schwei-

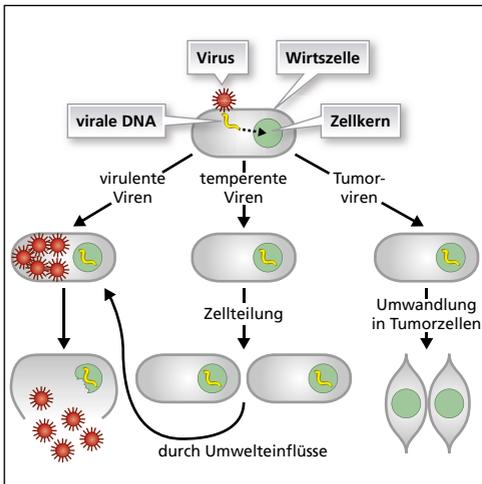


Bild 8.4 Vermehrungszyklen der Viren

negrippe« im Jahr 2009 Tausende von Todesopfern gefordert.

Seit 2019 verbreitet sich ausgehend aus der chinesischen Provinz Wuhan ein neues Virus auf dem ganzen Globus. SARS-CoV-2, umgangssprachlich Corona-Virus, überträgt sich sehr leicht durch Tröpfcheninfektion. Bei den meisten der Infizierten äußert sich die Krankheit, COVID-19 genannt, nur mit geringen Symptomen einer leichten Erkältung. Sie kann aber auch zu schwerwiegenden Erkrankungen, meist Lungenentzündungen, mit tödlichem Verlauf führen. Die Sterblichkeit nimmt mit zunehmendem Alter und bei Vorliegen weiterer Erkrankungen zu. Auch mit Spätfolgen, die heute zum Teil noch unbekannt sind, ist selbst bei leichten Krankheitsverläufen zu rechnen. Bis zum Redaktionsschluss dieser Auflage haben sich nach Angaben der WHO weltweit 223 022 538 Menschen infiziert, 4 602 882 sind an COVID-19 gestorben.

Die weltweite Ausbreitung einer Krankheit nennt man Pandemie. Die leichte Mensch-zu-Mensch-Übertragung von SARS-CoV-2, die weltweite Vernetzung durch den schnellen Flugverkehr und verschiedene Großveranstaltungen haben dazu geführt, dass im Frühjahr 2020 in nahezu allen Staaten exponentielle Anstiege der SARS-CoV-2-Ausbreitung zu verzeichnen waren. Durch Kontaktbeschränkungen, das Tragen von Mund-Nasen-Schutz, Abstandsgeboten bis hin zum kompletten Herunterfahren des gesellschaftlichen und beruflichen Lebens (»Lockdown«) sollte die Ausbreitung verlangsamt und das exponentielle Wachstum vermieden werden. Ein Impfstoff stand in dieser frühen Phase der Pandemie noch nicht zur Verfügung. In Deutschland und anderen europäischen Ländern hat man sich zum Ziel gesetzt, die Ausbreitung des Virus mit den oben genannten Maßnahmen und Einschränkungen zu verlangsamen und eine Überlastung der Gesundheitssysteme zu verhindern. Gleichzeitig wurde die Entwicklung von Impfstoffen forciert. Bereits Ende 2020 standen mehrere Vakzine zur Verfügung, so dass mit Jahresbeginn 2021 mit der Immunisierung der Bevölkerung begonnen werden konnte.



Merke:

- Eine Endemie ist eine Infektion, die in einem begrenzten Gebiet immer wieder auftritt.
- Eine Pandemie ist eine Infektion, die sich über mehrere Kontinente verbreitet.
- Eine Epidemie ist eine Infektion, die plötzlich viele Menschen in einem begrenzten Gebiet trifft.

SARS-CoV-2 wird erst dann »besiegt« sein, wenn die überwiegende Mehrheit der Bevölkerung immunisiert wurde. Dies kann entweder durch eine überstandene COVID-19-Erkrankung oder aber durch eine Impfung erfolgen. Bereits aufgetretene Mutationen des Virus stellen die Immunität immer wieder in Frage. Mit Stand Sommer 2021 ist nicht auszuschließen, dass auch der Kampf gegen SARS-CoV-2 einer jährlich auf einen veränderten Virustyp angepassten Folgeimpfung bedarf.

Zwei weitere Begriffe werden mit der Ausbreitung von Krankheiten in Verbindung gebracht. Eine Epidemie bezeichnet eine Infektion, die plötzlich viele Menschen betrifft. Jedes Jahr erkranken nahezu gleichzeitig Tausende von Menschen in Deutschland an der Grippe.

Treten in einem begrenzten Gebiet immer mal wieder dieselben Krankheitsfälle auf, so spricht man von einer Endemie. Die Infektionswahrscheinlichkeit ist für alle dort lebenden Menschen gleich groß. Die Frühsommer-Meningitis-Erkrankung (FSME) kommt nur in vereinzelt Gebieten in Süddeutschland vor. Sie wird durch FSME-Viren ausgelöst, die durch Zecken übertragen werden, die nur in diesen Regionen leben.

8.4 Pilze

Mit dem Begriff »Pilz« verbinden viele Menschen zweierlei Aspekte. Fußpilz, verschimmelte Lebensmittel und feuchte Kellern erwecken unangenehme Eindrücke. Positiv und nützlich dagegen sind die Eigenschaften als Antibiotika-, Wein- und Bierproduzenten und als Nahrungsmittel. Als Zersetzer von totem

organischem Material übernehmen Pilze eine große Verantwortung in unseren Ökosystemen. Pilze können in drei Gruppen unterteilt werden: Schimmelpilze, Hefen und Ständerpilze.

8.4.1 Schimmelpilze

Ein Schimmelpilz ist ein schnell wachsender Pilz, der fadenartig nicht nur Oberflächen bedeckt, sondern auch in viele Materialien eindringen kann.

Es gibt wenige nutzbare Schimmelarten, die beispielsweise zur Veredelung von Käse eingesetzt werden (Roquefort, Camembert). Sie sind nicht gesundheitsschädlich und geben den Lebensmitteln ihr besonderes Aroma.

Andere Schimmelarten können neben Geruchsbelästigungen Allergien bis hin zu schwerwiegenden Krankheiten auslösen. Sie sind überall vorhanden und in geringen Konzentrationen relativ harmlos. Erst wenn sie sich ausbreiten können, zum Beispiel in feuchten Kellern und auf Lebensmitteln, stellen sie eine nicht zu unterschätzende Gefahr dar. Sie produzieren Gifte oder sorgen durch ihre Zellbestandteile dafür, dass der Mensch erkrankt. Vor allem immungeschwächte Patienten werden schneller von Schimmelpilzen befallen. Die Infektion mit einem Pilz wird Mykose genannt. Als besonders gefährlich wird der Pilz der Gattung *Aspergillus* eingestuft. Er bildet Giftstoffe, die schon in geringen Konzentrationen krebserregend sind und Organe schädigen können.

8.4.2 Hefen

Hefen sind einzellige Pilze. Als Bäcker- und Bierhefen werden sie schon seit Jahrtausenden genutzt. Andere Hefepilze, wie *Candida albicans*, besiedeln den Mund- und Rachenraum sowie den Genitalbereich gesunder Menschen ohne Schaden anzurichten. Erst durch eine Schwächung des Immunsystems, zum Beispiel in Folge einer HIV-Infektion, können sich die Hefepilze ausbreiten. Eine weitere Wachstumsmöglichkeit erlangen sie, wenn sich ihr Lebensraum, zum Beispiel durch die Gabe von Anti-

biotika, ändert. Wenn alle Bakterien abgetötet sind, kann die Hefe ungehindert wachsen.

8.4.3 Ständerpilze

Ständerpilze sind wichtige Zersetzer von Holz und Pflanzenabfällen. Als typische Erscheinung fallen sie in Wald und Wiesen auf. Bemerkenswert ist, dass die typische Pilzform nur einen kleinen Teil des gesamten Pilzes darstellt. Der überwiegende Teil wächst fadenförmig unter der Erde und kann sich in einigen Fällen kilometerweit ausbreiten.

8.5 Biologische Waffen

Biologische Kampfstoffe werden definiert als vermehrungsfähige Mikroorganismen, Viren oder Gifte biologischen Ursprungs, die zu nicht-friedlichen Zwecken produziert werden und zu einer vorübergehenden oder dauernden Schädigung oder zum Tod führen.

8.5.1 Einsatz biologischer Kampfstoffe

Die bekanntesten Biowaffen sind Anthrax, Pest-Erreger, Pockenviren, das Botulinumtoxin und das pflanzliche Gift Rizin. Zur Ausbreitung werden vor allem Klimaanlagen, U-Bahnen und Flughäfen favorisiert, um möglichst große Menschenmengen zu schädigen und gleichzeitig eine Verdünnung der Stoffe durch die Umgebungsluft zu minimieren. Biologische Waffen sollen Kräfte binden und durch (vorübergehende) Beeinträchtigung der Bevölkerung die Wirtschaft schädigen.

Die Ausbreitung kann nicht wahrgenommen werden. Die Erreger und Gifte sind unsichtbar. Sie erzeugen keine Geräusche, keinen Geruch und lassen sich nicht schmecken. Oftmals treten Symptome zeitlich verzögert auf. Eine unmittelbare Verbindung zu einem möglichen Anschlag lässt sich kaum herstellen. In der Zwischenzeit können sich die Erreger ungehindert ausbreiten. Aufgrund der enormen Vielfalt biologischer Kampfstoffe und der zeitintensiven Nachweismethoden dauert die Ursachensuche recht lange. Eine große Verunsicherung in der Bevölkerung breitet sich aus, es

kommt zu Panik und Fluchtverhalten aus dem Anschlaggebiet. Gerade dies fördert aber die zusätzliche Verbreitung der Erreger.

Nicht alle Bakterien oder Viren sind als Bio- waffen geeignet. Sie müssen leicht kultivierbar und in Luft lebensfähig sein. Sie müssen hoch infektiös und leicht übertragbar sein. Vor allem die Kultivierung und die Lebensfähigkeit in der Luft sorgen für Schwierigkeiten, sodass es einen hohen Materialaufwand und gut ausgebildete Wissenschaftler bedarf, um eine wirksame biologische Waffe herzustellen.

Im Jahr 1975 haben 171 Staaten eine Konvention gegen biologische und toxikologische Waffen unterzeichnet. Darin verpflichten sie sich, auf die Beschaffung, Entwicklung und Produktion von mikrobiologischen oder toxikologischen Waffen zu verzichten. Dennoch sollen laut amerikanischen Angaben insgesamt 17 Staaten über biologische Kampfstoffe verfügen.

In den vergangenen Jahren haben vorwiegend kleinere Gruppen biologische Gefah- stoffe zu ihren Zwecken missbraucht. Im Jahr 1984 haben Mitglieder der Rajneeshi-Sekte in Oregon, USA, ein Salatbuffet mit Salmonellen verseucht, um Kommunalwahlen zu manipu- lieren. Zwischen den Jahren 1990 und 1993 hat die Aum-Sekte in Tokio mehrfach Aerosole mit Anthraxsporen versprüht. Als diese wenig Erfolg zeigten, übten sie im Jahr 1995 in der U-Bahn in Tokio den Giftgasanschlag mit dem chemischen Kampfstoff Sarin aus.

Potenzielle Bio-Waffen werden nach dem US-amerikanischen CDC (Center for Disease Control and Prevention) in drei Kategorien eingeteilt. Im Folgenden werden Agenzien der Kategorie A vorgestellt. Sie sind einfach auszu- bringen, leicht übertragbar, weisen eine hohe Sterberate auf und stellen hohe Anforderungen an das öffentliche Gesundheitssystem.

8.5.2 Bakterielle Bio-Waffen

Anthrax

Als Anthrax wird das Bakterium *Bacillus anthracis* bezeichnet. Es löst Milzbrand aus, eine Infektion, die die Haut, den Darm oder die Lunge betrifft und ohne Behandlung eine

hohe Sterberate aufweist. Der Hautmilzbrand erscheint als schwarzes Hautgeschwür, aus dem sich ein eitriges Bläschen entwickelt. Je nach Größe des Geschwüres kann es zu einer Blutvergiftung kommen. Der Darmmilzbrand führt zu einer blutigen Darmentzündung und bei einer weiteren Verbreitung über die Blut- bahn zu Organversagen. Die Sterberate liegt bei 50 Prozent. Noch gefährlicher ist der Lun- genmilzbrand. Er beginnt mit grippeähnlichen Symptomen, die bis zur Atemnot führen. Bis die Ursache der Krankheit entdeckt ist, ist die bereits erfolgte Schädigung des Körpers zu hoch, um eine große Lebenschance zu bieten. *Bacillus anthracis* wird in Laboren der Sicherheitsstufe 3 (► Kapitel 39.15 und 53 ff.) gehalten.

Bacillus anthracis kommt auf der ganzen Welt im Boden vor. Dort verweilt es in einem inaktiven Zustand, der Sporenform. Die Spore besitzt eine gewaltige Widerstandsfähigkeit. Sie ist vor Hitze, Chemikalien, Strahlung und Druck geschützt. Erst wenn die optimalen Umgebungsbedingungen vorliegen, wird die Spore aktiviert und beginnt sich zu teilen und zu wachsen.

Oft nehmen grasende Weide- und Wildtiere die Sporen auf. Sie überstehen die Angriffe durch die Magensäure und können sich daher im Darm, wo optimale Temperatur- und Nährstoffbedingungen herrschen, entwickeln. Die Aufnahme von nur 8 000 Sporen genügt, um eine ernsthafte Erkrankung auszulösen. Beim Schlachten oder beim Umgang mit Fel- len und Häuten erkrankter Tiere kann sich der Mensch mit dem Erreger infizieren. Eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung ist nicht möglich. Mit einer Antibiotikabehandlung kann gegen die Erkrankung vorgegangen werden, wenn man sie rechtzeitig entdeckt. In den USA ist ein dem Militär vorbehaltener Impf- stoff vorhanden.

Pest

Das Bakterium *Yersinia pestis*, das in die Si- cherheitsstufe 3 eingeordnet wird, ist Verur- sacher der Beulen- und der Lungenpest. Die Beulenpest wird durch Flohbisse von Tie- ren auf Menschen übertragen. Sie geht mit Entzündungen der Lymphknoten, starkem

Krankheitsgefühl und Bewusstseinsstörungen einher. Die Krankheit ist erfolgreich mit Antibiotika zu behandeln. Die Lungenpest ist per Tröpfcheninfektion von Mensch zu Mensch übertragbar und weist trotz Behandlung eine hohe Sterberate auf. Das Einatmen von nur 100 Bakterien, die zum Beispiel durch Husten freigesetzt werden, kann schon zu einer Ansteckung führen.

Tularämie

Das Bakterium *Francisella tularensis* löst die Tularämie aus, die auch Hasenpest genannt wird. Die Erreger werden durch direkten Kontakt mit Wildtieren oder durch Insekten auf den Menschen übertragen. Eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung erfolgt nicht. Zehn bis 15 Bakterien reichen aus, um einen Menschen hochgradig zu gefährden. Die Erreger gehören ebenfalls zur Sicherheitsstufe 3.

8.5.3 Virale Bio-Waffen

Pocken

Bei den Pocken handelt es sich um eine äußerst gefährliche Krankheit, die per Tröpfcheninfektion von Mensch zu Mensch übertragbar ist. Die Infektion durch Variola-Viren beginnt mit Atemwegkrankungen, hohem Fieber und kann sich bis zu Knochenmarkschädigungen, Lähmungen und Hirnschäden ausweiten. Als Nebeneffekt treten windpockenähnliche Hauterscheinungen auf. Die Sterberate kann 40 Prozent betragen.

Nach einer weltweiten Impfkampagne der WHO (World Health Organization) wurden die Pocken im Jahr 1980 für ausgerottet erklärt.

Offiziell verfügen nur noch zwei Labore, in den USA und in Russland, über Restbestände der Variola-Viren. Einige Staaten, darunter auch Deutschland, haben Impfdosen für den Fall eines Anschlages mit biologischen Waffen bevorratet. Variola-Viren werden als die potenteste biologische Waffe eingeschätzt. Sie werden in die Sicherheitskategorie 4 eingestuft.

Hämorrhagische Fieber-Viren

Ebola-, Lassa- und Dengueviren, bekannte Bei-

spiele für hämorrhagische Fieber-Viren, sind Tierviren, die auf den Menschen übertragbar sind. Sie werden unter der Sicherheitsstufe 4 geführt. Die von diesen Viren hervorgerufenen Erkrankungen beginnen schleichend mit Grippe-ähnlichen Symptomen, die in ein Dauerfieber übergehen. Es kommt zu Blutungen, die oft bis zum Tod führen. Die Sterberate liegt beim Dengue- und Lassa-Fieber bei bis zu 50 Prozent, bei einem Ebola-Fieber bei bis zu 90 Prozent. Ausgewählte Krankenhäuser in Deutschland verfügen über Isolierstationen, in denen Infizierte symptomatisch behandelt werden können. Dengue-Viren werden durch bestimmte Mücken übertragen. Diese sind vor allem in den Tropen und Subtropen heimisch. Durch den Klimawandel ist es möglich, dass sich diese Mücken in Zukunft auch in Europa verbreiten werden.

Lassa- und Ebola-Viren können per Tröpfchen- und Schmierinfektion sowie Sexualkontakt von Mensch zu Mensch weitergegeben werden. Die Patienten müssen streng isoliert werden. Ihre Ausscheidungsprodukte, Blut und andere Sekrete müssen vor der Entsorgung desinfiziert werden. In den Jahren 2014 bis 2016 grassierte in Westafrika eine Ebola-Epidemie, die laut Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) mehr als 11 300 Menschenleben forderte. Die Behandlung erfolgte symptomatisch. Der erste Impfstoff gegen Ebola soll im Jahr 2017 zur Zulassung eingereicht werden. Bei einer Lassa-Infektion gibt es derzeit weder Therapiemöglichkeiten noch einen Impfschutz.

8.5.4 Toxine

Toxine sind Giftstoffe, die von lebenden Organismen gebildet werden. Sie sind meist bakteriellen oder pflanzlichen Ursprungs. Der Produzent selbst geht an den Toxinen nicht zugrunde, sondern zieht daraus einen Nutzen für das eigene Überleben. Im Unterschied zu chemischen Kampfstoffen sind biologische Toxine nicht flüchtig aber wesentlich giftiger.

Die Giftigkeit der Toxine wird mit der LD 50 bemessen. Dies ist die letale Dosis, bei der 50 Prozent aller Versuchstiere sterben.

Botulinum-Toxin

Das Botulinum-Toxin ist die gefährlichste Substanz der Welt. Mit nur einem Gramm könnte man eine Millionen Menschen töten. Das Botulinum-Toxin ist ein Nervengift und kann zu Lähmungen der Atemmuskulatur führen. Es wird vom Bodenbakterium *Clostridium botulinum* produziert und kann durch Nahrung, Wunden oder Inhalation aufgenommen werden. In schlecht konservierten Konservendosen kann sich das Bakterium hervorragend ausbreiten. Die Dosen sind nach kurzer Zeit an einer Ausbeulung zu erkennen. Sie dürfen auf keinen Fall geöffnet oder der Inhalt verzehrt werden.

Rizin

Rizin ist ein pflanzliches Toxin des Rizinusbaumes, der in den Tropen zur Herstellung von Rizinusöl kultiviert wird. Das Toxin wird durch relativ einfache Verfahren aus dem Samen des Baumes extrahiert. Es ist ein sehr starkes Gift, das die Proteinsynthese in den Zellen verhindert. Weniger als ein Milligramm können zu einer irreversiblen Schädigung der Zellen und zum Tod führen.

Rizin wird in die CDC-Kategorie B eingeordnet (► Kapitel 8.5.1). Die Ausbringung ist relativ einfach, das Toxin kann aber mit Wasser und Seife entfernt oder mit Natriumhypochlorit (NaClO) inaktiviert werden. Die Sterberate liegt im mittleren Bereich. Eine Ansteckungsgefahr ist nicht gegeben. Aufgrund der einfachen Herstellung ist Rizin eine überaus beliebte Option für die Herstellung biologischer Waffen.

8.6 Schutz und Hygiene

Der Mensch muss sich gegen zahlreiche Bakterien, Viren, Toxine und andere schädigende Stoffe, denen er ständig ausgesetzt ist, verteidigen. Es gibt zweierlei Schutzmöglichkeiten vor Krankheitserregern. Die eine ist angeboren. Es handelt sich um die natürlichen Abwehrsysteme des menschlichen Körpers. Die andere Schutzmöglichkeit wird durch eine ausreichende Körperhygiene erreicht. Darüber hinaus wissen wir spätestens seit der SARS-

CoV-2-Pandemie, dass Abstandhalten und eine regelmäßige Frischluftzufuhr zu einem geringen Übertragungsrisiko bei Tröpfcheninfektionen führen.

8.6.1 Natürliche Abwehrsysteme des Menschen

Die natürlichen Abwehrsysteme des menschlichen Körpers stellen die Verteidigungslinien der »Festung Mensch« dar. Durch sie werden unzählige Angriffe aus der Umwelt abgewehrt. Eine intakte Hautoberfläche stellt zusammen mit den Schleimhäuten die erste Verteidigungslinie dar. Kein Mikroorganismus kann die unverletzte Haut durchdringen und in das Körperinnere gelangen. Die trockene und saure Hautoberfläche bietet im Normalfall keine gute Lebensgrundlage für fremde Organismen. Auch chemische Stoffe haften zunächst an der Hautoberfläche und schädigen die tieferen Gewebe nicht unmittelbar.

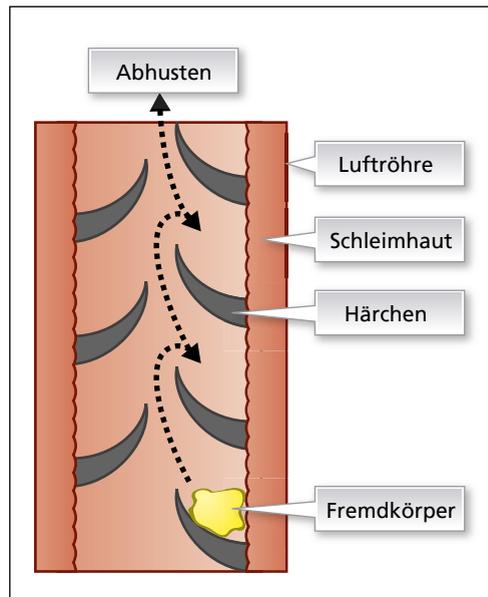


Bild 8.5 Schematische Darstellung der Luft- und Speiseröhre: Spezielle Härchen fangen den Fremdkörper ab und befördern ihn durch spezielle Bewegungen nach oben. Im Rachenraum angelangt, wird der Fremdkörper abgehustet und die Lunge bleibt geschützt.

Partikel, die durch Einatmen in den Rachenraum gelangen, werden von den Schleimhäuten abgefangen, verschleimt und durch spezielle Härchen nach oben und durch Husten wieder hinaus befördert. Jedes einzelne Haar ist so aufgebaut, dass eine Weitergabe der Partikel nur von der Lunge weg erfolgen kann. Man kann sich den Vorgang wie ein Mühlrad vorstellen, dessen Einkerbungen dazu führen, dass das Wasser nur auf einer Seite herauslaufen kann. Dadurch wird verhindert, dass sich Stoffe, egal welcher Art, in der Lunge festsetzen oder Infektionen auslösen.

Mit der Nahrung nehmen wir eine Vielzahl an Mikroorganismen auf, die den Körper schädigen können. Im Magen werden diese Mikroorganismen zerstört. Die Magensäure ist eine chemische Barriere und führt mit ihrem niedrigen pH-Wert dazu, dass Fremdstoffe zersetzt und Mikroorganismen abgetötet werden.

Krankheitserreger, die die erste Verteidigungslinie durchbrechen konnten, sehen sich dem zweiten Hindernis gegenüber. Das Blut zum Beispiel hat eine besondere Bedeutung für die körpereigenen Abwehrmechanismen. Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) erkennen Fremdstoffe in geschädigten Geweben und wandern aus dem Blut in die infizierten Gewebe ein. Dort nehmen sie die Erreger in einem Prozess, der Phagozytose genannt wird, auf und zerstören sie.

Zu den unspezifischen Abwehrzellen des Blutes zählen auch die so genannten Killerzellen. Sie greifen keine fremden Keime an, sondern entfernen körpereigene infizierte Zellen. Dadurch werden Zellen, die beispielweise von Viren befallen sind, zerstört. Die Vermehrung der Viren wird durch das Opfern der eigenen Zelle gestoppt.

Die dritte Verteidigungslinie stellt die Immunantwort dar. Auch sie wird durch Zellen des Blutes eingeleitet. Die so genannten Lym-

phozyten erkennen einzelne Erreger anhand ihrer Oberflächeneigenschaften. Diese Eigenschaften werden Antigene genannt. Das Wort hat nichts mit den zuvor vorgestellten Genen des Menschen zu tun. Vielmehr wurde der Begriff aus den zwei Wörtern Antikörper generierend zusammengesetzt. Die Wörter beschreiben, was nach der Entdeckung fremder Organismen im Körper geschieht.

Nach der Registrierung der Antigene stellen die Lymphozyten Proteine her. Diese speziell zugeschnittenen Proteine werden Antikörper genannt. Sie sind so aufgebaut, dass sie sich an die Oberflächenstruktur der Erreger anlagern können. Es findet eine Antikörper-Antigenreaktion statt. Der Fremdorganismus wird auf diese Weise unschädlich gemacht. Das Immunsystem besitzt die bemerkenswerte Eigenschaft, ein Antigen bei einer zweiten Begegnung wieder zu erkennen. Diese Fähigkeit wird immunologisches Gedächtnis genannt. Infektionen mit dem wieder erkannten Erreger können auf diese Weise schneller entdeckt und bekämpft werden. Der Krankheitsverlauf ist schwächer und kürzer als beim ersten Mal.

8.6.2 Hygienemaßnahmen

Außer mit den angeborenen Abwehrsystemen kann sich der Mensch auch bewusst vor Bakterien, Viren und Giftstoffen schützen. Dies wird vor allem durch eine ausreichende Hygiene sichergestellt.

Hygiene ist die Lehre der Verhütung von Krankheiten und die Erhaltung und Festigung der Gesundheit. Die einfachsten Hygienemaßnahmen sind das Händewaschen und das Zähneputzen. Gerade durch das sich täglich wiederholende Händeschütteln im Arbeitsleben und im Bekanntenkreis werden Krankheitserreger übertragen. Die wechselnde Benutzung von Computertastaturen, Türgriffen und vielgenutzten Handtüchern tragen ihren Teil dazu bei, dass sich Mikroorganismen gerade in der Erkältungszeit rasant verbreiten.

Um sich effizient die Hände zu waschen, sollte man die Hände unter fließendes Wasser halten und sie 20 bis 30 Sekunden mit Seife einreiben. Dabei ist es wichtig, auch die Fin-



Merke:

Hygiene ist die Lehre der Verhütung von Krankheiten und die Erhaltung und Festigung der Gesundheit.

Quelle: J. Thorns



Bild 8.6 Hygieneboard in einem Löschfahrzeug

gerzwischenräume und die Fingerkuppen zu reinigen. Danach spült man die Hände gründlich ab und trocknet sie am besten mit einem Papierhandtuch, das anschließend in den Müll gegeben wird. Die Hände sollten immer vollständig getrocknet werden, denn auf feuchter Haut siedeln sich Bakterien besonders gern an. Das Papierhandtuch sollte immer die erste Wahl zum Trocknen sein. Oft benutzte Handtücher, womöglich durch verschiedene Personen, werden selten komplett trocken und bieten Krankheitserregern somit eine gute Wachstumsgrundlage. Auch Heißlufttrockner sind mit Vorsicht zu betrachten. Je nach Sauberkeit des Apparates können sich im Gebläse Mikroorganismen an Staubpartikeln festgesetzt haben, die bei Gebrauch mit hoher Geschwindigkeit auf die Hände »geschossen« werden.



Achtung:

Im Einsatz kann nicht sicher festgestellt werden, ob der Patient eine Infektionskrankheit hat oder nicht: Handschuhe sind immer zu tragen!

Das Zähneputzen ist eine weitere unerlässliche Hygienemaßnahme. Im Mund leben unzählige Bakterien, die sich bei mangelnder Sauberkeit schnell ausbreiten und neben Karies und Zahnfleischentzündungen üblen Mundgeruch verursachen können. Eine Bissverletzung zählt zu den Verletzungen mit den höchsten Infektionsrisiken.

Andere persönliche Schutzmaßnahmen sind regelmäßige Impfungen. Durch eine Impfung wird der Körper mit einem abgeschwächten Typ des Krankheitserregers infiziert. Der Körper leitet daraufhin eine Immunreaktion ein und bildet Antikörper gegen den Erreger. Bei einer ernsthaften Infektion setzt das immunologische Gedächtnis ein, sodass die Erreger schnell und ohne schwerwiegende Erkrankungserscheinungen vernichtet werden können.

Seit Ende 2020 ist ein ganz neuer Impfstofftyp zugelassen. Dieser basiert auf mRNA (messenger-, also Boten-RNA) und wurde erstmals als Impfstoff gegen COVID-19 eingesetzt. Die mRNA, die in die menschliche Zelle eingeschleust wird, enthält eine Art Bauanleitung für ein Protein, das sich auch auf der Virushülle von SARS-CoV-2 befindet. Die menschliche Zelle produziert daraufhin unzählige dieser Proteine, die vom eigenen Immunsystem als Fremdstoff erkannt werden. Auch gegen diesen Fremdstoff werden Antikörper gebildet. Eine Immunantwort ist erfolgt.

Antikörper bauen sich nach einer gewissen Zeit ab. Der Impfschutz ist dann nicht mehr gegeben. Jeder sollte sich in regelmäßigen Abständen über seinen Impfstatus informieren und sich von einem Arzt beraten lassen. Speziell vor Fernreisen gilt es, sich über Infektionsrisiken in Kenntnis zu setzen und gegebenenfalls eine Schutzimpfung durchführen zu lassen.

Im Feuerwehreinsatz sind gewisse Mindestregeln zu beachten. An Einsatzstellen herrscht ein Rauch-, Trink-, und Speiseverbot. Die direkte Aufnahme (Inkorporation) von gefährlichen Stoffen wird dadurch vermieden. Jeder sollte sich bewusst sein, dass durch das Trinken, Essen und Rauchen mit schmutzigen Händen und verrußtem Gesicht Giftstoffe in

den Körper gelangen. Diese können Krankheiten auslösen. Um die Aufnahme von Giftstoffen in den Körper zu vermeiden, sollte man sich angewöhnen, sich vor (Trink-)Pausen unter fließendem Wasser zu reinigen. Hygienestationen in Löschfahrzeugen mit fließendem Wasser, Seife, Desinfektionsmittel und Papierhandtüchern sind mittlerweile weit verbreitet und stellen auch aus arbeitsmedizinischen Aspekten einen wichtigen Schutz dar.

Einsatzkleidung verhindert Verschmutzungen des Körpers durch direkten Kontakt mit Giftstoffen oder Krankheitserregern. Die Schutzwirkung wäre vergebens, würde man nach Ende des Einsatzes die kontaminierten Kleidungsstücke nicht reinigen lassen. Vor allem Rußpartikel, die eine Menge an giftigen Substanzen beinhalten, verbleiben noch tagelang in den Fasern der Kleidung und werden kontinuierlich wieder freigesetzt. Der unverkennbare Geruch der Einsatzkleidung oder gar des ganzen Umkleidebereiches nach einem Brandereignis spricht für sich. Das Einatmen dieser Rußpartikel birgt eine große Gefahr, die deutlich unterschätzt wird.

Um sich vor biologischen Infektionen zu schützen, müssen im Rettungsdiensteinsatz

aber auch bei der technischen Rettung nach einem Verkehrsunfall Schutzhandschuhe getragen werden. Dadurch wird der direkte Kontakt zum Patienten oder dessen Ausscheidungen vermieden.

Weitere Sicherheitsmaßnahmen im Einsatzfall beschreibt die Feuerwehr-Dienstvorschrift 500 »Einheiten im ABC-Einsatz« (► Kapitel 53 ff.). Sie beschäftigt sich mit Atomaren, Biologischen und Chemischen Gefahren. Je nach Eigenschaft der jeweiligen Substanzen unterscheidet man drei Gefahrengruppen, die spezielle Sicherheitsmaßnahmen nach sich ziehen.

Literatur

- [1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Biologische Gefahren, Bonn, 2005.
- [2] Campell, N., Reece, J.: Biologie, Pearson Studium, München, 2003.
- [3] Madigan, M. et al.: Mikrobiologie, Spektrum Verlag, Heidelberg, 2000.
- [4] Russmann, H.: Toxine: Biogene Gifte und potenzielle Kampfstoffe, in Gesundheitsdatenblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Ausgabe 46 (2003), S. 989 ff.
- [5] Wickert, L., Holzapfel, B.: B-Einsatz, Die Roten Hefte 91, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2008 (vergriffen).

Notizen:



2021. 319 Seiten mit 110 Abb.
und 55 Tab. Kart.

€ 39,-

ISBN 978-3-17-030975-3

Besondere Gefahrenlagen

Andreas Kühlar/Klaus Ehrmann

CBRN-Schutz in der Gefahrenabwehr

Immer wieder werden Einsatzkräfte von Feuerwehren, Hilfsorganisationen und der Polizei mit CBRN-Gefahren konfrontiert. Das Buch beschreibt ausführlich mögliche Bedrohungslagen durch chemische, biologische, radiologische und nukleare Gefahren und stellt die organisatorischen und technischen Grundlagen des Schutzes, der Gefahrenfeststellung sowie der Dekontamination dar. Die sich daraus für die Gefahrenabwehr ergebenden Maßnahmen der Vorbereitung, Planung und Durchführung von ABC-Einsätzen werden eingehend behandelt.

Dipl.-Chem. Dr. Andreas Kühlar ist Verbindungsoffizier der Bundeswehr am niederländischen Defensie CBRN Centrum und in der Feuerwehr u.a. als Leiter von Gefahrstoffeinheiten und Fachberater Chemie tätig.

Dipl.-Chem. Klaus Ehrmann ist Chemischer Sachverständiger und Lehrbeauftragter für Toxikologie und Sicherheit an der Universität Siegen.

Digital-Ausgabe erhältlich in der BRANDSchutz-App und als E-Book.
Leseproben und weitere Informationen:
www.kohlhammer-feuerwehr.de

Kohlhammer
Bücher für Wissenschaft und Praxis

C Technische Grundlagen und Einsatztechnik

9. Baukunde	105
10. Normen im Feuerwehrbereich.....	122
11. Fahrzeugkunde	125
12. Pumpen in der Feuerwehr	144
13. Persönliche Schutzausrüstung	150
14. Einsatz der Wärmebildkamera.....	164
15. Knoten, Stiche und Bunde	169

9 Baukunde

von Frieder Kircher

9.1 Allgemeines

Ein großer Teil der Feuerwehreinsätze findet in Gebäuden statt. Meist wird durch einen Brand oder eine Explosion die Struktur des Gebäudes beschädigt. Um in dieser Situation sicher vorgehen zu können, ist das Wissen über Belastungen und wie diese über das statische System abgetragen werden, notwendig. Die Feuerwehrangehörigen müssen auch wissen, wie sich die wichtigsten Baustoffe und die daraus gefertigten Bauteile wie Stützen, Decken, Wände usw. im Brandfall verhalten. Hierzu sind Mindestkenntnisse in der Baukunde notwendig, wie sie nachfolgend vermittelt werden sollen.

9.2 Belastungen von Gebäuden

9.2.1 Lasten, Kräfte und das statische System

Auf jedes Gebäude wirken Lasten. Diese Lasten können sowohl von außen, z. B. Windlasten, als auch im Inneren, z. B. Deckenlasten, auf das Gebäude wirken. Diese Lasten ver-

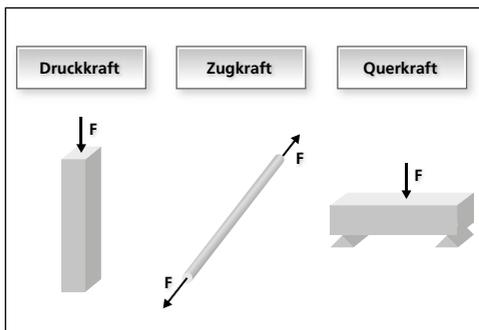


Bild 9.1 Schematische Darstellung der Wirkungsweisen der Druckkraft, der Zugkraft und der Querkraft

ursachen Kräfte in der Konstruktion die in das Fundament über ein System aus Decken, Trägern, Wänden und Stützen abgeleitet werden müssen. Die Kräfte können entweder als Zugkräfte, als Druckkräfte oder als ein Biegemoment verursachende Querkräfte auftreten (► Bild 9.1).

Zugkräfte können dazu führen, dass ein Bauteil auseinanderreißt, Druckkräfte können zum Abscheren oder zum Knicken, Biegemomente zu extremer Verformung und zum Brechen einer Konstruktion führen. Damit die statisch erforderlichen Querschnitte von Bauteilen ermittelt werden können, muss die Verteilung dieser Kräfte über das statische System, eine idealisierte Abbildung des Tragwerkes des Gebäudes, ermittelt werden. Bei der Betrachtung des Kräfteverlaufs innerhalb eines Gebäudes geht man immer von oben nach unten vor. Die Lasten werden von oben für jedes Geschoss ermittelt und immer wieder aufsummiert, bis sie über das Fundament in den Boden abgeleitet werden (► Bild 9.2).

Bei den Lasten werden ständige Lasten und bewegliche bzw. veränderliche Lasten unterschieden. Ständige Lasten sind z. B. das Gewicht der Bauteile, das unveränderlich ist. Veränderliche oder bewegliche Lasten sind z. B. Personen, Einrichtungsgegenstände, Lagerinhalte oder aber auch Wind- und Schneelasten.



Achtung:

Im Rahmen von Löscharbeiten können zusätzliche Lasten auftreten. Wenn z. B. quellfähiges Lagergut in großen Mengen Löschwasser aufnimmt, steigt die Deckenlast im Gebäude an. Das kann, in Abhängigkeit von der Auslegung des statischen Systems des Gebäudes, zur Überlastung bis hin zum Versagen führen.

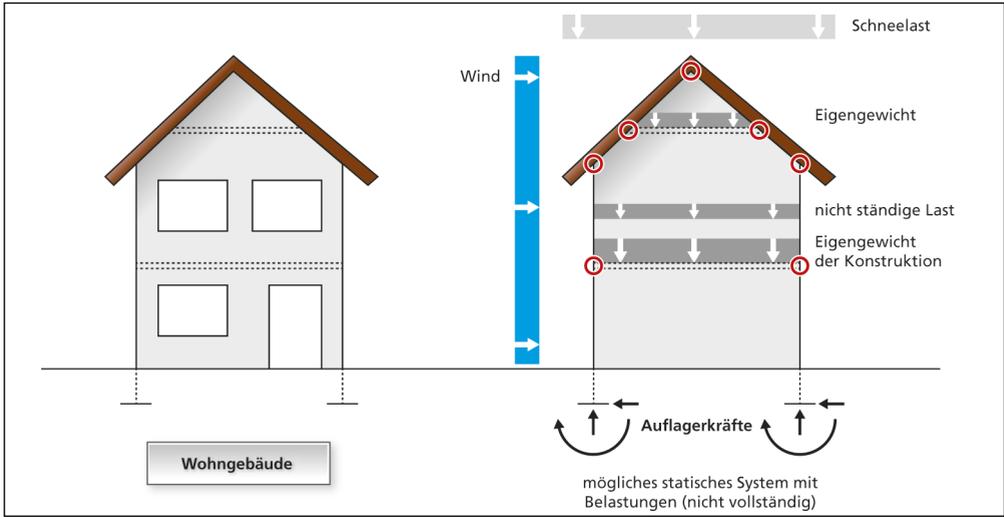


Bild 9.2 Einfaches Wohngebäude und ein daraus abgeleitetes statisches System zur Berechnung der wirkenden Kräfte

9.2.2 Kräfte und Bauteilspannungen

Die Lasten erzeugen in den Bauteilen innere Kräfte, die an jeder Stelle des statischen Systems mithilfe statischer Berechnungsmethoden ermittelt werden können. Innere Kräfte

wirken in Richtung der Längsachse als Normalkräfte, quer zur Längsachse als Querkräfte und als Biegemomente, die die Verbiegung des Bauteils erzeugen. Die inneren Kräfte im Bauteil führen zu Spannungen, die sich überlagern und Formveränderungen erzeugen. In Re-

Tabelle 9.1 Lotrechte Nutzlasten für Decken (Annahmen nach DIN 1055-3:2006-03)

Kategorie	Nutzung	Beispiele	Flächenlast (kN/m ²)	Einzellast Q _k (kN)
A	A1 Spitzböden	Dachraum bis 1,8 Meter lichter Höhe	1,0	1,0
	A2 Wohn- und Aufenthaltsträume	Räume und Flure in Wohngebäuden, Hotelzimmer	1,5	1,0
	A3 Wohn- und Aufenthaltsträume	wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung	2,0	1,0
B	B1 Büroflächen, Arbeitsflächen	Bürofläche, Kleinviehställe	2,0	2,0
	B2	Altenheime, Internate	3,0	3,0
T	T1	Treppen und Treppenpodeste der Kategorie A	3,0	2,0
	T2	Treppen und Treppenpodeste der Kategorie B bis E	5,0	2,0
Z	Balkone	Dachterrassen, Loggien, Balkone	4,0	2,0



Achtung:

Die Spannung σ_{zul} kann durch Folgendes überschritten werden:

1. Infolge steigender Last bei gleich bleibendem Querschnitt wird die zulässige Spannung überschritten (z. B. Löschwasser).
2. Wenn sich bei gleich bleibender Last, z. B. durch Abbrand, ein Holzquerschnitt vermindert, kann die zulässige Spannung überschritten werden.

chenformeln werden Spannungen parallel zur Längsachse mit dem griechischen Buchstaben Sigma (σ) bezeichnet. Spannungen senkrecht zur Längsachse, die aus Querkraften resultieren, werden Schubspannungen genannt und mit dem Formelzeichen Tau (τ) bezeichnet (werden hier nicht behandelt). Die Längsspannung ist (vereinfacht) der Quotient aus Kraft und Fläche: $\sigma = F/A$ [N/cm²].

Die Spannung im Inneren eines Bauteils ist abhängig von der wirkenden Kraft und der Querschnittsgröße des Bauteils. Für jeden Baustoff gibt es eine zulässige innere Spannung. Wird diese bei der Belastung eines Bauteils aus diesem Baustoff überschritten, muss mit einer unzulässigen Verformung bis hin zum Bruch gerechnet werden: $\sigma = F/A < \sigma_{zul}$.

Aus der Spannung kann man die Verformung eines Bauteils ermitteln, wenn man den Elastizitätsmodul des Baustoffes kennt. Der E-Modul ist der Proportionalitätsfaktor des Gra-

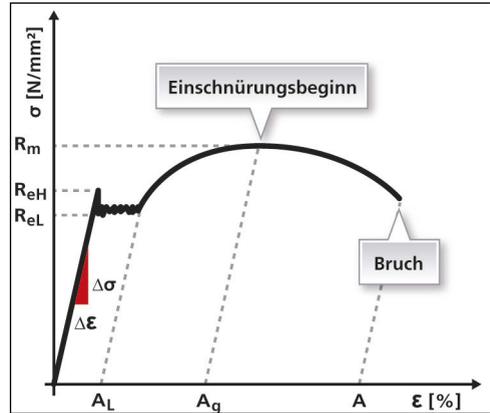


Bild 9.3 Spannungs-/Dehnungsdiagramm von Stahl. R_m = Zugfestigkeit, R_{eH} = obere Streckgrenze, R_{eL} = untere Streckgrenze, E = Elastizitätsmodul, A = Bruchdehnung, A_g = Gleichmaßdehnung, A_L = Lüdersdehnung

phes eines Spannungs-/Dehnungsdiagramms in der linearen Phase (► Bild 9.3). Der E-Modul ist definiert als $E = \delta\sigma/\delta\epsilon$.

9.3 Brandverhalten von Baustoffen

9.3.1 Prüfung des Brandverhaltens von Baustoffen

Das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen kann nicht im natürlichen Brand geprüft werden, sondern man benötigt ein standardisiertes Brandmodell. Das idealisierte Brandmodell ist aus der Erfahrung vieler

Tabelle 9.2 Die E-Modul-Werte von verschiedenen Baustoffen

Material	E-Modul in kN/mm ²	Material	E-Modul in kN/mm ²
Metallische Werkstoffe bei 20 °C		Nichtmetallische Werkstoffe bei 20 °C	
Stahl	195 bis 210	CFK parallel zur Faser	150
Guss	80 bis 185	CFK quer zur Faser	13
Titan	105	Glas	50 bis 90
Messing	78 bis 123	Glasfaser	55 bis 87
Kupfer	100 bis 130	Beton	22 bis 45
Aluminium	70	Holz parallel zur Faser	7 bis 20
		Holz quer zur Faser	0,23 bis 1,33

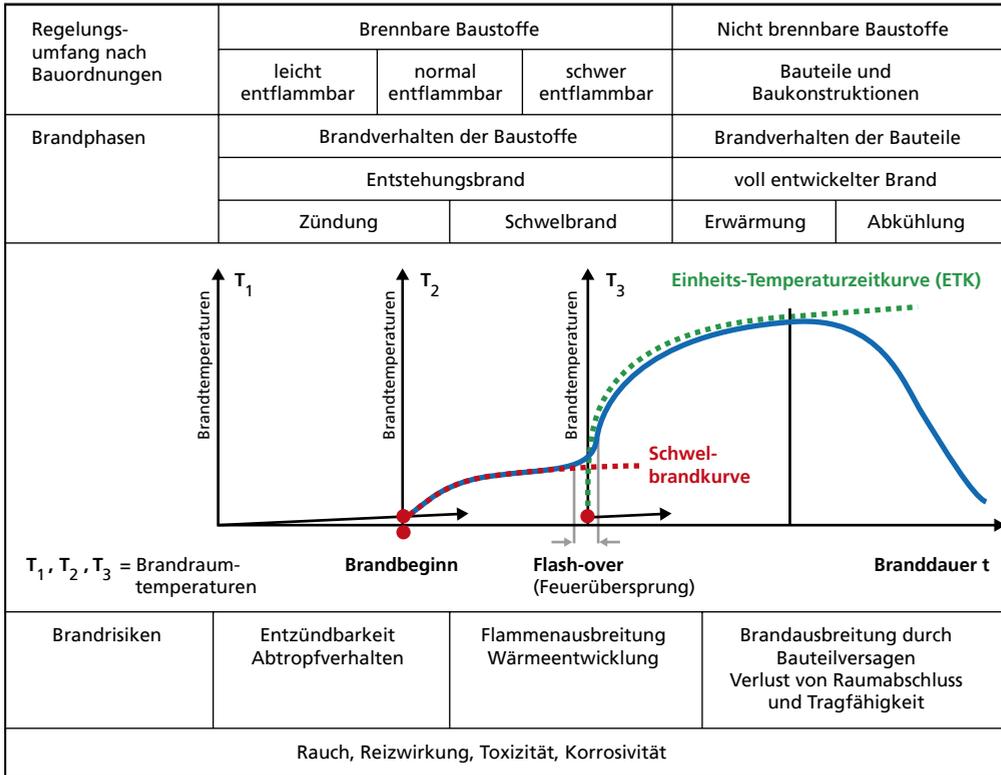


Bild 9.4 Idealisertes Brandmodell zur Prüfung von Baustoffen und Bauteilen

Brände entstanden und stellt den Verlauf eines gewöhnlichen Wohnungsbrandes dar. Brände, die z. B. unter Beteiligung einer großen Menge brennbarer Flüssigkeiten entstehen, laufen unter anderen Gesetzmäßigkeiten ab. Das idealisierte Brandmodell ist in (► Bild 9.4) dargestellt. Für die Prüfung des Brandverhaltens von Baustoffen ist die Brandphase des Entstehungsbrandes von Bedeutung.

Es ist sinnvoll, dieses Verhalten im Bereich niedriger Temperaturen zu prüfen, da bei sehr hohen Temperaturen fast jeder Baustoff brennt. Die Prüfverfahren sind bisher in DIN 4102 – »Brandverhalten von Bauteilen und Baustoff-

fen« beschrieben gewesen. Mit der Einführung der europäischen Normung werden die Prüfverfahren für Baustoffe in DIN EN ISO 1182 und DIN EN 13823 geregelt.

9.3.2 Klassifizierung der Baustoffe

In den Landesbauordnungen werden die Baustoffe unterschieden in nichtbrennbare, schwerentflammbare, normalentflammbare Baustoffe. Man spricht hier von der bauaufsichtlichen Benennung der Baustoffe. DIN EN 13501-1 definiert wie die Klassifizierung der Baustoffe nach erfolgten Prüfungen zu erfolgen hat. Diese Klassen werden als EN-Baustoffklassen bezeichnet. Die geprüften Baustoffe tragen nach einem Zulassungsverfahren diese Klassifizierung. Damit die bauaufsichtlichen Anforderungen in das Verhältnis mit der geprüften Baustoffklasse der Baustoffe in Verbindung gesetzt werden können, ist in der Bauregelliste in



Merke:

Bei der Beurteilung der brandschutztechnischen Qualität eines Baustoffes kommt es hauptsächlich auf sein Entzündungsverhalten an.

Tabelle 9.3 Vergleich der bauaufsichtlichen Anforderungen, der EN-Klasse und der Baustoffklassen nach DIN 4102-1

Bauaufsichtliche Anforderung	EN-Klasse	Baustoffklasse DIN	Prüfnorm
Nichtbrennbare Baustoffe ohne Anteile von brennbaren Baustoffen	A1	A1	EN ISO 1182, EN ISO 1716, EN ISO 9239
Nichtbrennbare Baustoffe mit Anteilen von brennbaren Baustoffen	A2	A2	EN ISO 1182, EN ISO 1716, EN ISO 9239
Schwerentflammbare Baustoffe	B	B1	EN ISO 9239-1
Schwerentflammbare Baustoffe	C	B1	EN ISO 9239-1
Normalentflammbare Baustoffe	D	B2	EN ISO 9239-1
Normalentflammbare Baustoffe	E	B2	EN ISO 11925-1
Leichtentflammbare Baustoffe	F	B3	Keine Prüfung erfolgt

Anlage 0.2.2 festlegt, welche EN-Klasse welcher bauaufsichtlichen Forderung entspricht. Zur Ermöglichung eines Vergleiches mit den früheren Klassen der DIN 4102-1 ist in der Tabelle (► Tabelle 9.3) eine Zusammenstellung der bauaufsichtlichen Anforderungen, der EN-Klasse und der Baustoffklasse nach DIN dargestellt.

9.3.3 Brandverhalten von Stahl

Der Baustoff Stahl ist nichtbrennbar und wegen der Möglichkeit der industriellen Vorfertigung und der guten Montagefähigkeit im Bauwesen sehr wirtschaftlich anwendbar. Das



Achtung:

Dünne, filigrane Stahlbauteile, die intensiv beflammt werden, versagen schneller als massive Stahlbauteile, die z. B. nur an einem Teil der Oberfläche beflammt werden.



Merke:

Aus Versuchen in den Materialprüfanstalten ist hervorgegangen, dass Stahlstützen, die einem Vollbrand ausgesetzt sind, nach zehn bis 25 Minuten bereits ihre Tragfähigkeit verlieren. Bei Trägern setzt dieser Prozess bereits nach acht bis 17 Minuten ein (abhängig von der Stahlsorte).

Brandverhalten dieses sehr stabil aussehenden Baustoffes hat allerdings einige Nachteile. Zum Verständnis muss man sich das Spannungs-/Dehnungsverhalten von Stahl in Abhängigkeit von der Temperatur betrachten: Bevor Stahl bei Zimmertemperatur bei steigender Last mit stärkerer Längendehnung ins Fließen kommt, muss zunächst die Streckgrenze überwunden werden. Diese Streckgrenze sinkt aber in Abhängigkeit von der Temperatur ab (► Bild 9.3). Bei einer Temperatur von etwa 500 °C ist diese Streckgrenze nicht mehr ausgeprägt und der Stahl fängt an zu fließen und versagt nach kurzer Zeit. Die Feuerwiderstandsdauer ist daher entscheidend abhängig von der Erwärmungsgeschwindigkeit. Die Erwärmungsgeschwindigkeit hängt ab von der Größe der beflamten Stahloberfläche und dem Volumen der Stahlmasse.

9.3.4 Brandverhalten von Holz

Der Baustoff Holz ist im Gegensatz zu Stahl brennbar. Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen können aber infolge ihrer Materialeigenschaften unter Brandbeanspruchung sehr widerstandsfähig sein. Unter Brandbeanspruchung zersetzt sich das Holz an der Oberfläche zwar thermisch, es bildet sich aber eine Holzkohleschicht, die für den vorhandenen Restquerschnitt eine natürliche Wärmedämmung bildet. Durch diese Wärmedämmung werden tiefer liegende Holzschichten solange

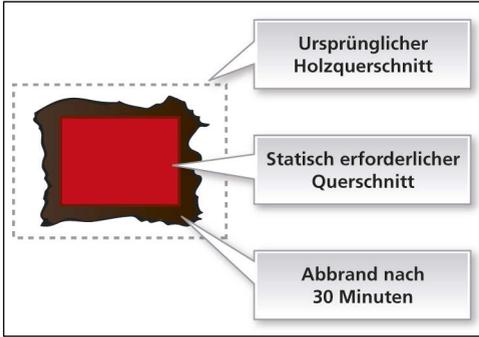


Bild 9.5 Die Überdimensionierung von Holzbalken ermöglicht eine höhere Feuerwiderstandsdauer.

geschützt, bis diese Dämmschicht durch fortlaufende Temperaturzuführung abplatzt und wieder neue, unverbrannte Holzschichten dem Feuer als Nahrung zur Verfügung stehen. Gleichzeitig erfolgt mit der Verbrennung am Rande eine Verschiebung der Feuchtigkeit in das Innere des Holzbauteils, sodass dieser Kern durch höheren Feuchtigkeitsgehalt besser geschützt ist als die ausgetrocknete Außenseite.

In der heutigen Zeit wird die Verwendung von Holzbauteilen insbesondere auch aus Gründen der Nachhaltigkeit im Bauwesen verstärkt gefördert. Dazu wurden neue Bauformen von Holz entwickelt, die in (► Bild 9.6) dargestellt sind. Das Brandverhalten die-



Merke:

Sind Holzbalken und Holzträger ausreichend überdimensioniert, so können diese ohne größere Zusatzmaßnahmen 60 Minuten einem Vollbrand widerstehen.

ser Bauteile ist, bei entsprechender Auslegung, so gestaltet, dass nach 90 Minuten noch die vollwertige Tragfähigkeit erhalten bleibt und die Dichtigkeit gegen Rauchdurchtritt gewährleistet ist. (► Bild 9.7) zeigt ein Wandbauteil



Bild 9.7 Wandbauteil, das mit einer Brandbeanspruchung im Versuch analog einer vollausgestatteten Wohnung über mehr als 90 Minuten beansprucht wurde. Die Holzkohleschicht verzögert das Fortbrennen in die Tiefe des Bauteils.

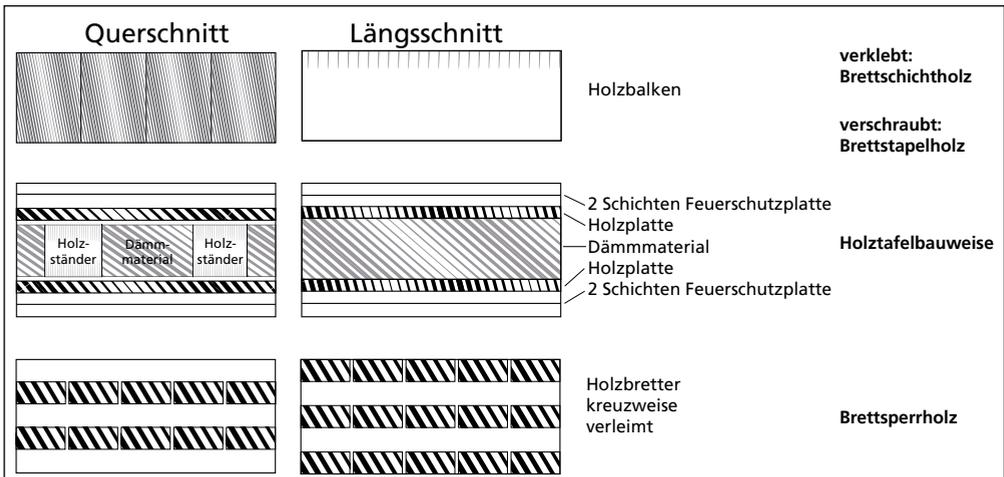


Bild 9.6 Verschiedene Bauformen moderner Holzbauteile

**Achtung:**

Nagelbrettbinder sind bei einem Brandeinsatz mit höchster Vorsicht zu beobachten. Ein Innenangriff ist hier nicht mehr zu verantworten, da in kurzer Zeit ohne Vorwarnung ein Einsturz der Gesamtkonstruktion zu erwarten ist.

aus Brettsper Holz, das über 90 Minuten im Rahmen eine Groß-Brandversuches mit einer Brandlast analog einer vollausgestatteten Wohnung beansprucht wurde.

Etwas kritischer als Vollholzträger sind Nagelbrettbinder, auch als Nagelplattenbinder bezeichnet, zu beurteilen. Sie werden heute insbesondere bei den Standardbauten der Lebensmittel-Supermärkte verwendet. Ihre Tragwirkung liegt in der Konstruktion des Fachwerkes. Die einzelnen Stäbe sind Druck und Zugstäbe und werden von Nagelplatten zusammengehalten. Die Bauweise ist sehr filigran und die gesamte Dachkonstruktion bildet ein Gesamtsystem. Versagt ein Stab, ist wegen der statisch ausgereizten Konstruktion keine Lastumlagerung mehr möglich und es ist mit einem Einsturz zu rechnen.

9.3.5 Brandverhalten von Stahlbeton

Stahlbeton ist ein nichtbrennbarer Baustoff. Er ist ein weit verbreiteter Verbundwerkstoff aus Beton und Stahl. Beton besteht im Wesentlichen aus Zement, Wasser, Zuschlagstoffen und ggf. Betonzusatzmitteln. Beton (ohne

**Merke:**

Wird der Stahlbeton an der Zugseite infolge eines Vollbrandes beansprucht, kann der Stahl genauso wie beim reinen Stahlbauteil durch Erwärmung ins Fließen kommen, was zum Gesamtversagen des Stahlbetonbauteils führen kann. Dieser Nachteil wird durch eine ausreichende Betondeckung des Bewehrungsstahls ausgeglichen. Der Beton führt durch Wärmedämmung zu einem Schutz des Stahls.

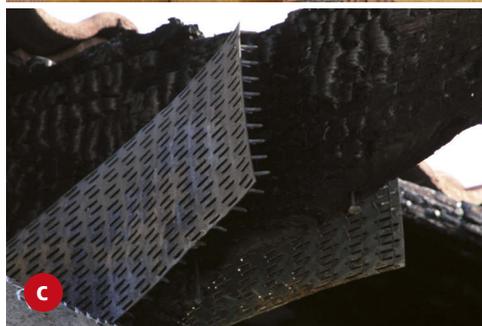
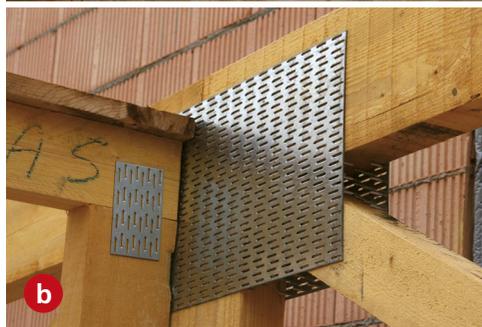


Bild 9.8 Nagelbrettbinder:

- a** Dachkonstruktion in Nagelbrettbinderbauweise
- b** Alle Elemente der Konstruktion sind mit Nagelplatten verbunden.
- c** Nagelbrettbinderkonstruktion nach Brandeinwirkung

Stahlbewehrung) hat bei Zimmertemperatur eine hohe Druckfestigkeit, aber eine geringe Zugfestigkeit. Bei Temperaturbeanspruchung sinkt auch die Druckfestigkeit ab, die bei einer Temperatur von etwa 500 °C nur noch 20 Prozent der ursprünglichen Festigkeit aufweist. Wegen der geringen Zugfestigkeit wird im Bauwesen hauptsächlich der Stahlbeton einge-



Bild 9.9 Spannbetonkonstruktion einer Halle

setzt. Durch Einlage von Baustahl im Bereich der Zugzone eines Bauteils übernimmt der

Stahl die wirkenden Zugspannungen, während der Beton in der Druckzone die Druckspannungen übernimmt.

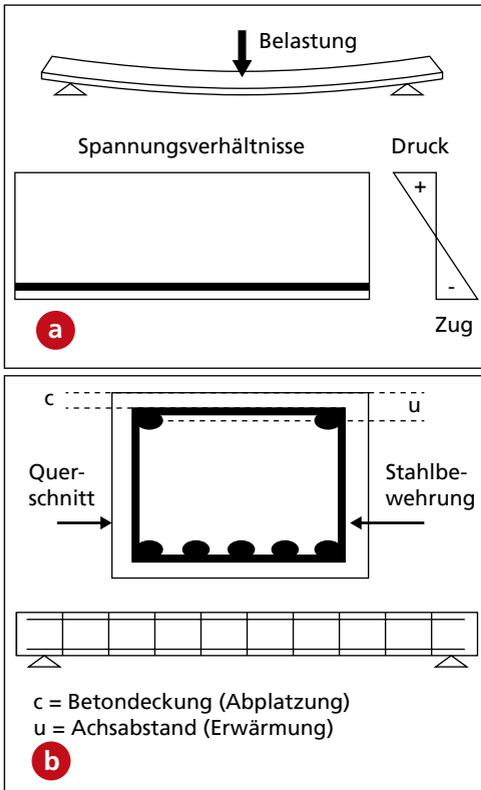


Bild 9.10 Wirkungsprinzip des Stahlbetons:

- a** Im Vergleich zur Druckfestigkeit hat Beton nur eine sehr geringe Zugfestigkeit,
- b** die auf Zug belasteten Stellen werden daher mit Stahl bewehrt.

Spannbeton ist ebenfalls ein Baustoff, der wie Stahlbeton aus Zement, Zuschlagsstoffen und Stahl besteht. Die Stahlbewehrung wird aber so vorgespannt, dass die Zugzone des meist balkenartigen Bauteils, durch eine Vorspannung überdrückt wird. Dadurch liegen im Beton nur Druckspannungen vor. Kritisch ist allerdings das Verhalten im Brandfall: Wenn die Vorspannung infolge einer Ausdehnung der Spann-Bewehrung sinkt, treten Zugspannungen auf, die der Beton nicht mehr aufnehmen kann. Dadurch kann es zu einem sehr schnellen Versagen des Bauteils kommen. Spannbetonbauteile kann man meistens an der sehr schlanken Bauweise der Träger (► Bild 9.9) erkennen. Im Brandfall ist hier mit höchster Vorsicht vorzugehen, insbesondere wenn eine größere Temperaturbelastung des Bauteils erfolgt ist.

9.3.6 Brandverhalten von Mauerwerk

Mauerwerk besteht aus Formsteinen, die mit Mörtel oder ähnlichen Verbindungsstoffen im Verbund aufeinander gesetzt werden und so ein raumabschließendes Bauteil bilden. Die einzelnen Formsteine sind nichtbrennbar. Mauerwerk wirkt aber bezüglich seines Brandverhaltens im Verbund. Das Brandverhalten ist nicht einheitlich darstellbar, sondern nur die Einflussfaktoren erläuterbar. Der Feuerwiderstand ist abhängig von:

**Achtung:**

Wird Brandschutzglas beflammt, schäumen die Dämmschichtbildner auf und verhindern das Durchtreten von Wärmestrahlung.

- der Steinsorte (gebrannt, wie Mauerziegel nach DIN 105 oder ungebrannt wie Kalksandstein nach DIN 106, Porenbetonstein nach DIN 4165 und Leichtbetonsteine nach DIN 18151-2) und dem damit verbundenen Feuchtigkeitsgehalt im Mauerwerk,
- der Rohdichte und Festigkeit der Steine (je geringer Rohdichte und Festigkeit der Steine, desto empfindlicher reagiert das Bauteil auf die Brandbeanspruchung),
- der Ausführungsqualität der Steine und des Mörtels,
- der Schlankheit und den Auflagerbedingungen des Bauteils,
- dem Lastausnutzungsgrad und Art der Belastung (zentrisch oder exzentrisch),
- der Art der Brandbeanspruchung (ein- oder zweiseitig).

Die Feuerwiderstandsklasse von Mauerwerk wird vorwiegend aus Normbrandversuchen abgeleitet.

9.3.7 Brandverhalten von Glas

Gläser werden vor allem für Fenster und die Schaffung von Transparenz in Gebäuden eingesetzt. Glas ist nichtbrennbar, aber es verliert in der Form von Fenstern als Bauteil seine Form und platzt als Einfachglas bei einer Temperatur von zirka 150 °C infolge der hohen Gefügespannungen innerhalb der Glasfläche. Darüber hinaus kann Glas keine Wärmestrahlung zurückhalten. Als Brandschutzglas werden mehrere Scheiben aufeinander gefügt und durch eine Schicht mit einem transparenten Dämmschichtbildner getrennt. Sie dämmen auch kurzfristig die Wärmeweiterleitung ab und schützen so die nächste Glasschicht. Nach einigen Minuten blättert diese Schicht ab und die nächste Glasscheibe der mehrfach aufeinander gefügten Scheiben platzt weg und die nächste Dämmschicht schäumt auf.

9.3.8 Brandverhalten von Gips

Gips in reiner Form kommt heute seltener im Bauwesen vor. Sein Anwendungsbereich der Gipskartonplatten hat aber erhebliche Bedeutung. Gips ist ein kristallwasserhaltiges Kalziumsulfat – auch Gipsstein genannt – das in der Natur vorkommt, aber auch als Nebenprodukt bei chemischen Prozessen (z. B. Phosphatsäureherstellung, Rauchgasentschwefelungsanlagen) anfällt. Für das Bauwesen wird es zu Stuckgips durch Brennen und daraus folgender Dehydratisierung aufbereitet.

Stuckgips bindet das bei der Verarbeitung zugesetzte Anmachwasser so an sich, dass wieder das kristallwasserhaltige Kalziumsulfat entsteht. Der beim Brennvorgang stattgefundenen Dehydratisierungsprozess wird also beim Aushärten vollständig rückgängig gemacht. Im Brandfall wird das Kristallwasser wieder freigesetzt und entweicht in Form von Wasserdampf. Solange dieser Entwässerungsvorgang andauert, solange bleibt auch die Temperatur im Gips unabhängig von der Höhe der Brandtemperatur bei zirka 100 °C stehen. Man spricht von einem Haltepunkt bei 100 °C. Diese Eigenschaft wird besonders im Trockenbau, aber auch bei der brandschutztechnischen Ertüchtigung von Holzbalkendecken bei Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) genutzt.

Bei Gipskarton-Feuerschutzplatten wird wegen der im Brandfall eintretenden starken Entwässerung der Gipskarton-Bauplatten und dem damit verbundenen Verlust des inneren Zusammenhaltes in die Gipsmasse der Gipskarton-Bauplatten anorganische Fasern (z. B. Mineralfasern) zugesetzt, um im Brandfall den Gefügezusammenhalt zu verbessern.

9.3.9 Brandverhalten von Kunststoffen

Kunststoffe werden in vielen Anwendungen im Bauwesen eingesetzt. Sowohl in der Wärmedämmung als auch bei Leitungen, Rohren und Kabeln kommen sie zu Einsatz. Sie bestehen meist aus Kohlenwasserstoffketten, deren Eigenschaften durch verschiedene Bindungsarten zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff sowie durch die eingelagerten Zusatzstoffe