



Anlage zur Master Thesis

im Studiengang Bauingenieurwesen
Vertiefungsrichtung Bauen im Bestand

Grundlagenermittlung als Zusatz zur Master Thesis

eingereicht an der

Hochschule Wismar

University of Applied Sciences, Technology, Business and Design
Fakultät Ingenieurwissenschaften
Bereich Bauingenieurwesen

und bei der

Bilfinger Berger Instandsetzung GmbH

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. D. Glaner

Zweitprüfer: Dr.-Ing. F. Riesner

Vorgelegt von: B.Eng. Lars Burandt

Matr.Nr.: 105 631

Anschrift: Otto-Schumann-Weg 1a

21031 Hamburg

Veröffentlicht auf: <http://master.2sn.de>

Hamburg, 08.01.2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	4
2. Grundlagen des Brandschutzes	5
2.1. Brandentstehung/ Brandverlauf	5
2.1.1. Ursachen.....	5
2.1.2. Statistik.....	8
2.1.3. Voraussetzung eines Brandes	9
2.1.3.1. Allgemein.....	9
2.1.3.2. Effektive Zündquelle/Entzündungstemperatur	11
2.1.3.3. Sauerstoff.....	11
2.1.3.4. Brennbare Stoffe/ Brandklassen	12
2.1.4. Löschmittel.....	16
2.1.4.1. Wasser bzw. wässrige Lösungen.....	16
2.1.4.2. Kohlenstoffdioxid	16
2.1.4.3. ABC-Löschpulver	17
2.1.4.4. BC-Löschpulver.....	17
2.1.4.5. D-Löschpulver (Metallbrandpulver)	17
2.1.4.6. Löschschaum	18
2.1.4.7. Sonstige Löschmittel	18
2.1.5. Brandverhalten.....	18
2.1.6. Brandverlauf/ Brandphasen	20
2.1.6.1. Allgemein.....	20
2.1.6.2. Erläuterung der fünf Brandphasen am Beispiel eines Zimmerbrandes	20
2.1.6.3. Einflussgrößen	22
2.1.6.4. Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK)	23
2.1.7. Brandprodukte.....	24
2.2. Arten der Verbrennung	26
2.2.1. Allgemein	26
2.2.2. Brand.....	26
2.2.2.1. Ventilationsgesteuerter Brand.....	26
2.2.2.2. Brandlastgesteuerter Brand	27
2.2.2.3. Schwelbrand.....	27
2.2.2.4. Glimmbrand.....	28
2.2.2.5. Offener Brand	29
2.2.2.6. Durchzündung/ „flash over“	29
2.2.3. Explosion.....	31
2.3. Brandschutzmaßnahmen.....	32
2.3.1. Vorbeugender Brandschutz	33
2.3.1.1. Bauliche Brandschutzmaßnahmen	33
2.3.1.2. Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen.....	35
2.3.1.3. Organisatorische Brandschutzmaßnahmen	37
2.3.2. Abwehrender Brandschutz.....	38

2.4. Brandschutzkonzept	40
2.4.1. Allgemein	40
2.4.2. Schutzziele	43
2.4.2.1. Definition	43
2.4.2.2. Die zwei Phasen des Personenschutzes	44
2.4.2.3. Schutzzielparameter	45
3. Anforderungen/ Gesetzliche Grundlagen	52
3.1. Geschichtliche Entwicklung der Brandschutzgesetzgebung	52
3.2. Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken	56
3.2.1. Bauordnungsrecht	58
3.2.1.1. Zielsetzung des Bauordnungsrechts	58
3.2.1.2. Konkretisierung des Bauordnungsrechts	59
3.2.1.3. Spezielle Regelungen des Bauordnungsrechts	59
3.2.1.4. Unterschiede bauordnungsrechtlicher Anforderungen in den einzelnen Bundesländern	62
3.2.2. Arbeitsschutzrecht	64
3.2.2.1. Arbeitsstättenverordnung	64
3.2.2.2. Gefahrstoffverordnung	65
3.2.3. Anlagen- und Gerätesicherheitsrecht	67
3.2.4. Unfallverhütungsrecht	67
3.2.5. Haushaltsrecht	68
3.2.6. Deutsches Klassifizierungssystem nach DIN 4102	70
3.2.6.1. Überblick	70
3.2.6.2. DIN 4102-1:1998-5	71
3.2.6.3. DIN 4102-2:1977-11	74
3.2.6.4. DIN 4102-3:1977-11	77
3.2.6.5. DIN 4102-4:1994-3 / DIN 4104-4/A1:2004-11	77
3.2.7. Europäisches Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501	78
3.2.7.1. Überblick	78
3.2.7.2. DIN EN 13501-1:2002-6	78
3.2.7.3. DIN EN 13501-2:2003-12	81
4. Zusammenfassung	84
Literaturverzeichnis	85
Quellenverzeichnis	87
Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abbildungsnachweis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Tabellennachweis	VI

1. Einführung

Im Rahmen der Master-Thesis des Studiengangs Bauingenieurwesen, Vertiefungsrichtung „Bauen im Bestand“ hat der Verfasser dieses Skript mittels umfangreicher Literatur- und Internetrecherche zusammengestellt. In Absprache mit Herrn Dipl.-Ing. Ralf Fischer von der Bilfinger Berger Instandsetzung GmbH dient dieses Skript als Grundlagenermittlung für die Master Thesis mit dem Thema „Erfassung und Beseitigung von Brandschutzmängeln an einem Gebäude der Bundeswehruniversität in Hamburg am Beispiel der Deckenkonstruktion“ und wird dieser als Download auf der dazugehörigen Internetseite¹ hinzugefügt.

Dieses Skript befasst sich mit einer ausführlichen Betrachtung der Grundlagen des Brandschutzes sowie den dazugehörigen gesetzlichen Grundlagen und Anforderungen. Es soll dem interessierten Leser einen Einblick in dieses weitgefächerte Themengebiet eines Bauingenieurs geben, um die darauf basierende Master Thesis besser nachvollziehen zu können. Dieses Skript geht in Absprache mit Herrn Prof. Dr.-Ing. Glaner und Herrn Dr.-Ing. Riesner nicht in die Bewertung der Master Thesis ein, sondern wurde vom Verfasser lediglich als Grundlagenermittlung zur Master Thesis erstellt.

¹ <http://master.2sn.de>

2. Grundlagen des Brandschutzes

2.1. Brandentstehung/ Brandverlauf

2.1.1. Ursachen

Allgemein

Die Möglichkeiten einer Brandentstehung sind vielfältig. Oft kann schon eine kleine Unachtsamkeit beim Umgang mit brennenden Gegenständen wie z.B. Zigaretten oder Kerzen für die Entstehung eines Brandes verantwortlich sein. Auch technische Defekte beispielsweise durch Überhitzung von elektrischen Anlagen oder aber der Kontrollverlust über ein Nutzfeuer (z.B. Abbrennen von Laub) können einen Brand auslösen. Hinzu kommen vorsätzlich oder mutwillig gelegte Brände sowie in der Natur vorkommende Zündquellen wie beispielsweise Blitzeinschläge.²

Neben der Verwendung von einfachen Zündmitteln wie z.B. Kerzen, Streichhölzern und Feuerzeugen, der Zuhilfenahme von Brandbeschleunigern und dem Einwirken von natürlichen Zündquellen (z.B. Blitzeinschlag) gibt es auch Materialien, welche sich ab bestimmten Temperaturen von selbst entzünden und so einen Brand auslösen können.³

Lagern beispielsweise leicht brennbare organische Materialien (z.B. Heu oder Holzspäne) in einem schlecht belüfteten Raum, so können diese Materialien infolge eines biologischen Prozesses (z.B. Gärung) Wärme erzeugen. Kann diese erzeugte Wärme nun nicht in einem ausreichenden Maß nach außen entweichen (Wärmestau), so kommt es zu einer starken Erhitzung und schließlich zur Selbstentzündung.⁴ Der Baustoff Holz beispielsweise entzündet sich bei einer Temperatur von 320 °C von selbst.

Nachfolgend werden nun einige häufig vorkommende Brandursachen näher erläutert. Diese Erläuterungen sind nur als eine kleine Übersicht anzusehen, um einen Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten einer Brandentstehung zu bekommen.

² <http://www.obo-bettermann.com/downloads/de/kataloge/bss.pdf> - (07.09.2009)

³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Brand#Ursachen> – (07.09.2009)

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Selbstentz%C3%BCndung> - (07.09.2009)

Elektrizität

Gemäß einer Statistik des Institutes für Schadensverhütung (siehe Abschnitt 2.1.2.) und nach Angaben der Feuerwehr werden die meisten Brände durch Elektrizität verursacht. Hierfür sind Fehler in elektrischen Anlagen und Geräten oder leichtsinniger Umgang mit elektrischen Haushaltsgeräten verantwortlich. In jüngster Zeit wurden auch immer häufiger neuartige Geräte wie beispielsweise Ladegeräte für Mobilfunktelefone, Stromsparlampen und Computer für die Entstehung eines Brandes ausgemacht. Die elektrischen Leitungen werden durch diese Vielzahl zum Einsatz kommenden Geräte häufig überlastet und überhitzt dadurch. Solche Überhitzungen können auch durch die einfache Stand-by Schaltung, welche heute in vielen Geräten installiert ist, zustande kommen und so zu einem Brand führen. Des Weiteren sollten auch Veränderungen oder Reparaturen von elektrischen Anlagen und Geräten immer einem Fachmann überlassen werden, da von Laien bei solchen Arbeiten oft lebensgefährliche Fehler gemacht werden. Dies sollen für die Ursachen einer Brandentstehung nur einige Beispiele sein, welche verdeutlichen, dass ein falscher Umgang mit elektrischen Anlagen und Geräten verheerende Folgen haben kann.⁵

Keller, Speicher, Treppenträume

Eine weitere Ursache für die Brandentstehung sind als Stauraum für Gerümpel genutzte Keller oder Speicher. Hierbei stellt nicht eine ordnungsgemäße und in Maßen durchgeführte Lagerung das Problem dar. Viel eher sind beispielsweise mit brennbarem Sperrmüll, Gerümpel und brennbaren Gasen oder Farben überfrachtete Räume eine weit verbreitete Ursache für eine Brandentstehung. Vor allem Brandbeschleuniger und Gasflaschen (z.B. Campinggasflaschen) sollten daher nicht in Kellern oder Speichern gelagert werden.⁶

Treppenträume und Flure stellen häufig wichtige Rettungswege während eines Notfalls (z.B. Brandfall) dar. Dabei sind aber genau diese Treppenträume und Flure häufig für eine Brandentstehung verantwortlich. Grund dafür sind beispielsweise in diesen Fluchräumen abgestellte Fahrräder und Kinderwagen. Auch Möbel (z.B. Schuhschränke) oder brennbare Flüssigkeiten werden häufig in den Fluchräumen gelagert und stellen so eine große Gefahr dar. Hierbei ist

⁵ http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf - (08.09.2009)

⁶ http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf - (08.09.2009)

der Kinderwagen eine der häufigsten Ursachen für die Entstehung eines Brandes in einem Treppenraum bzw. Flur. Grund hierfür können Brandstiftung, aber auch Nachbarschaftsstreitigkeiten sein. Ist es erst einmal zu einem Brand in einem solchen Fluchtraum gekommen, verraucht dieser Rettungsweg und kann somit zur tödlichen Falle werden. Planer, Nutzer oder Hauswart hat somit stets darauf zu achten, dass diese Fluchträume frei von Brandlasten zu halten sind.⁷

Rauchen

Rauchen ist für den Menschen nicht nur gesundheitsschädigend, sondern auch „brandgefährlich“. Eine der häufigsten Ursachen für die Entstehung eines Brandes infolge Rauchens ist das Rauchen im Bett. Die Glut einer Zigarette entzündet Materialien wie Textilien und Kunststoffe rasend schnell. Daher wäre es aus brandschutztechnischer Sicht sinnvoll, dass besonders in Schlafräumen ein absolutes Rauchverbot herrschen sollte. Des Weiteren zählt gemäß einer Statistik der Feuerwehr auch das achtlose Entsorgen von Zigaretten im Papierkorb bzw. Mülleimer zu eine der häufigsten Ursachen für eine Brandentstehung infolge Rauchens.⁸

Umgang mit brennbaren Stoffen

In der menschlichen Umgebung finden sich viele brennbare Stoffe wie z.B. Kerzen oder Brandbeschleuniger. Ein falscher Umgang mit solchen Brandquellen oder nicht eingehaltene Sicherheitsabstände zum brennbaren Material können oft Brände verursachen. Somit sind beispielsweise unbeaufsichtigt gelassene Kerzen oder die Nutzung von Wachskerzen auf dem Weihnachtsbaum häufig auftretende Ursachen für eine Brandentstehung. Auch das Grillen auf dem Balkon oder der falsche Umgang mit handelsüblichen Grillanzündern war schon häufig für die Entstehung eines Brandes verantwortlich. Die dabei entstehenden Gase entzünden sich bei einem falschen Umgang rasant und können so zu schweren Verbrennungen beim Anwender führen.⁹

⁷ http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf - (08.09.2009)

⁸ http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf - (08.09.2009)

⁹ http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf - (08.09.2009)

2.1.2. Statistik

In Deutschland richten etwa 230.000 Brände jährlich Schäden in Milliardenhöhe an. Laut Angabe des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) sterben dabei jährlich etwa 600 bis 800 Menschen an den Folgen eines Brandes. Bis zu 60.000 Menschen werden dabei verletzt, 10% von ihnen sogar lebensbedrohlich. Häufig wird die verheerende Wirkung der hochgiftigen und aggressiven Brandgase unterschätzt. Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) geht davon aus, dass etwa 95% aller Brandopfer an den Folgen einer Rauchvergiftung ums Leben kommen.¹⁰

Betrachtet man nun die in Abschnitt 2.1.1. vorgestellten Brandursachen, so führt nach einer Studie des Institutes für Schadensverhütung (IFS) und Schadensforschung der öffentlichen Versicherer e.V. aus dem Jahre 2005 der Bereich Elektrizität mit rund 31% die Statistik an. Abbildung 1 zeigt die statistische Zusammenstellung des Institutes für Schadensverhütung (IFS).¹¹

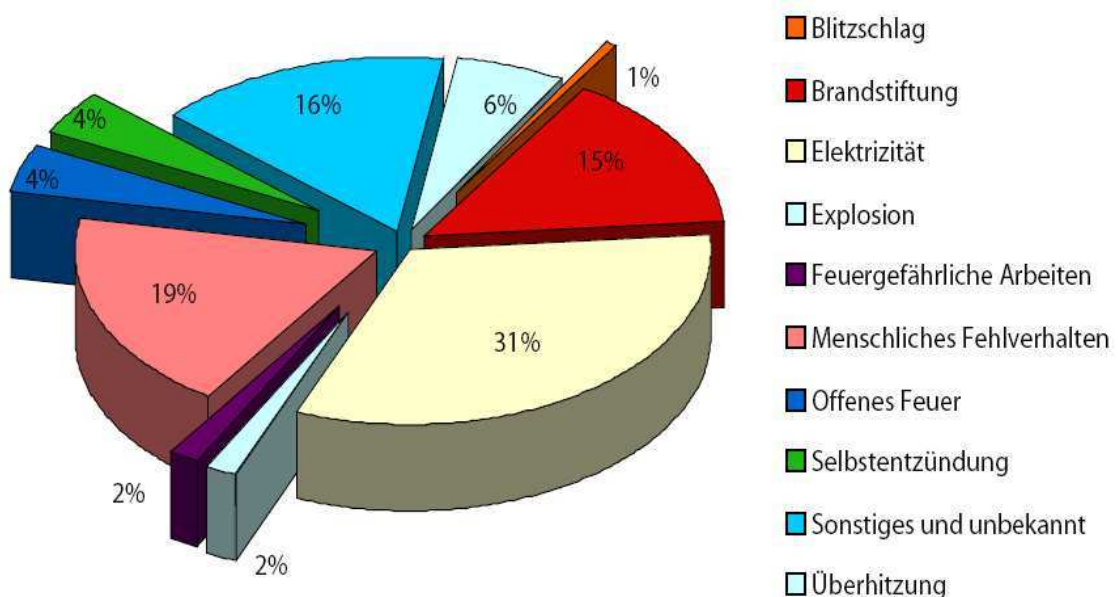


Abb. 1: Verteilung der Brandursachen aus dem Jahr 2005 gem. Institut für Schadensverhütung, [A1]

Seit Beginn der Erhebungen des IFS im Jahre 2000 sind Fehler in elektrischen Anlagen und Geräten die häufigsten Brandursachen mit steigender Tendenz. Mit 24% aus dem Jahre 2000 ist sie bis 2005 weiter gestiegen. Auch die Schäden durch menschliches Fehlverhalten haben deutlich zugenommen. Hier

¹⁰ <http://www.obo-bettermann.com/downloads/de/kataloge/bss.pdf> - (07.09.2009)

¹¹ http://www.ifs-kiel.de/03_info/ifs_report/2006/IFS_Report_Mar_2006.pdf - (07.09.2009)

vermutet das Institut für Schadensverhütung (IFS), dass unter anderem eine erhöhte Stressbelastung diesem Trend zugrunde liegt. Gutachter werden immer häufiger mit Brandentstehungen infolge unbeaufsichtigter, eingeschalteter Elektroherdplatten konfrontiert. Einen klaren Rückgang konnte das IFS hingegen bei Brandschäden durch offenes Feuer verzeichnen. Eine Detailbetrachtung der Schäden infolge Elektrizität, menschliches Fehlverhalten und offenes Feuer ist für den Zeitraum von 2000 bis 2005 in Abbildung 2 dargestellt.¹²

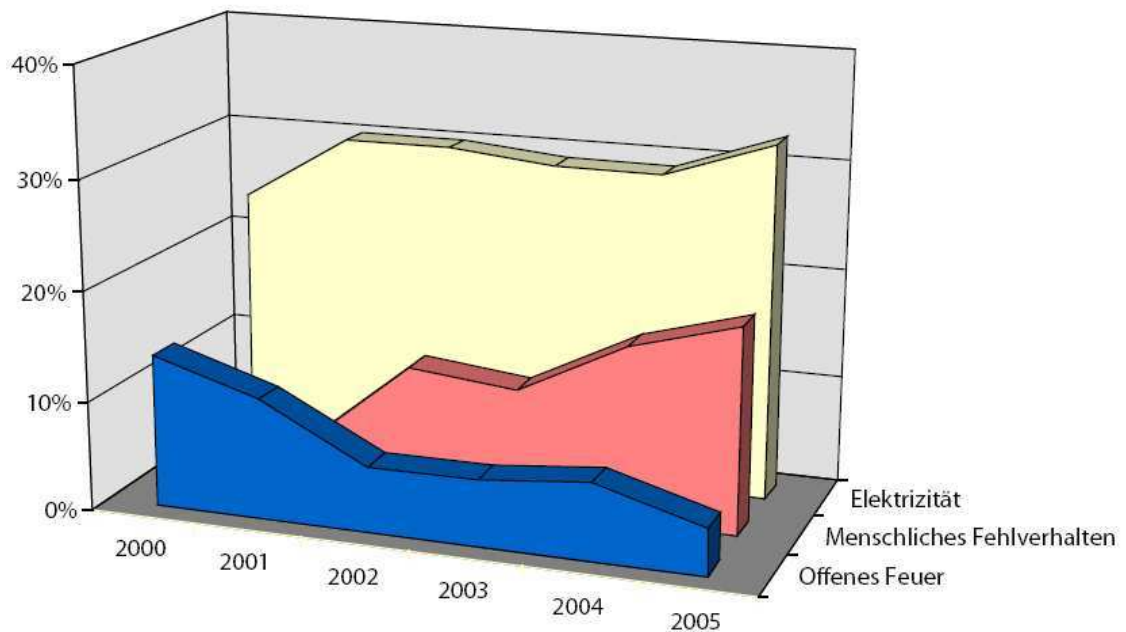


Abb. 2: Detailbetrachtung von Brandschäden infolge Elektrizität, menschliches Fehlverhalten und offenes Feuer für den Zeitraum von 2000 bis 2005, [A1]

2.1.3. Voraussetzung eines Brandes

2.1.3.1. Allgemein

Zur Entstehung eines Brandes müssen folgende drei Voraussetzungen erfüllt sein:¹³

- Brennstoff
- Oxidationsmittel (Sauerstoff)
- Effektive Zündquelle/ -energie

¹² http://www.ifs-kiel.de/03_info/ifs_report/2006/IFS_Report_Mar_2006.pdf - (07.09.2009)

¹³ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (08.09.2009)

Eine Verbrennung bzw. Brandentstehung ist nur dann möglich, wenn alle drei Voraussetzungen zeitlich und räumlich zusammentreffen, wie es in nachfolgendem Dreieck (Branddreieck) in Abbildung 3 dargestellt ist.¹⁴

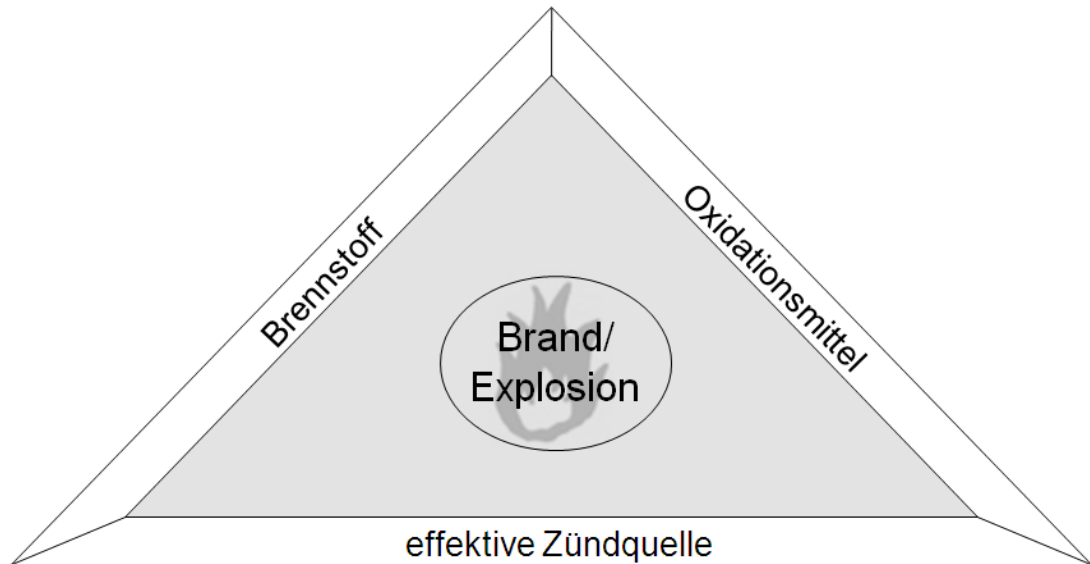


Abb. 3: Darstellung der Voraussetzung eines Brandes (Branddreieck), [A2]

Zur Verhütung und Bekämpfung von Bränden muss eine dieser drei Bedingungen ausgeschlossen werden.

Neben der Verbrennung mit einer offenen Flamme oder mit Glut, gibt es noch die Form der „stillen“ Verbrennung. Hierunter wird die langsame Oxidation eines Stoffes verstanden wie beispielsweise das Rosten von Eisen. Bei einer solchen Form genügt lediglich die Anwesenheit des Oxidationsmittels (Sauerstoff) und einem oxidierbaren Stoff. Durch die Oxidation von feinkörnigen Stoffen, welche in Massen gelagert werden, kann es zu einer großen Wärmeentwicklung kommen. Wird diese Wärme dann nicht in ausreichendem Maße abgeführt, so kommt es zu einem Wärmestau. Durch diesen Wärmestau kann die Entzündungstemperatur des brennbaren Stoffes erreicht werden und es kommt zur Selbstentzündung (vgl. Abschnitt 2.1.1.).¹⁵

¹⁴ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (08.09.2009)

¹⁵ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

2.1.3.2. Effektive Zündquelle/Entzündungstemperatur

Um ein brennbares Material bei Anwesenheit eines Oxidationsmittels zur Entflammung zu bringen, benötigt man eine Zündquelle, welche in der Lage ist, die Oxidationsreaktion in Gang zu setzen. Für eine solche Entflammung kommen verschiedene Zündquellen in Frage, welche die benötigte Wärmeenergie liefern. Hierzu ist nicht unbedingt eine offene Flamme notwendig. Es gibt Stoffe bei denen beispielsweise allein die Reibungswärme zur Entflammung des Stoffes ausreicht. Ob die jeweilige Zündquelle genügend Wärmeenergie für die Entflammung erzeugt, hängt vom brennbaren Stoff ab. Da jede Verbrennung bzw. Oxidation Energie freisetzt (exothermer Vorgang), können dabei andere brennbare Stoffe mit höheren Entzündungstemperaturen entflammt werden und somit den Brand ausbreiten.¹⁶

Als mögliche Zündquellen für brennbare Stoffe kommen thermische Zündquellen (z.B. offene Flammen, heiße Oberflächen, heiße Gase), elektrische Zündquellen (z.B. Kurzschluss, Übergangswiderstände, Blitzschlag, statische Aufladung), mechanische Zündquellen (z.B. Reibungswärme, Funken) und chemische Zündquellen (z.B. Selbstentzündung) in Frage.¹⁷

2.1.3.3. Sauerstoff

Eine weitere Voraussetzung für die Entstehung eines Brandes bzw. die Entflammung eines brennbaren Stoffes ist das Oxidationsmittel (Sauerstoff). Der Sauerstoff bestimmt außerdem die Geschwindigkeit der Verbrennung. Die Verbrennungsgeschwindigkeit ist umso höher, je schneller sich der Sauerstoff mit dem brennbaren Stoff chemisch verbindet. Das Verhältnis von Sauerstoff und brennbaren Stoff, der sog. Zerteilungsgrad, spielt hierbei eine wichtige Rolle. „In mancher Literatur wird der Zerteilungsgrad sogar gesondert als vierte Bedingung zur Entstehung eines Brandes genannt (Brandviereck) und nicht dem Sauerstoff untergeordnet.“ Feinkörnige brennbare Stoffe und brennbare Gase haben eine höhere Verbrennungsgeschwindigkeit als kompakte brennbare Stoffe, da der Sauerstoff aufgrund der größeren Oberfläche besser an den

¹⁶ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

¹⁷ Riesner, F.: Mitschriften vom Wahlpflichtmodul 18 – Katalog A der Hochschule Wismar, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Bereich Bauingenieurwesen: „Brandschutz/ Planen und Entwerfen im Bestand“

brennbaren Stoff gelangt und sich somit schneller mit dem brennbaren Stoff chemisch verbinden kann.¹⁸

2.1.3.4. Brennbare Stoffe/ Brandklassen

Allgemein

Mit der DIN EN 2 – „Brandklassen“ und der 1992 durch die DIN EN 3 – „tragbare Feuerlöscher“ abgelösten DIN 14406 – „tragbare Feuerlöscher“ erfolgt eine Einteilung verschiedener Feuerlöscher in Brandklassen. Sowohl die DIN EN 2 als auch die DIN 14406 gibt damit wesentliche Anhaltspunkte, welche Feuerlöscher bei bestimmten Objekten eingesetzt werden dürfen. Brennbare Stoffe wurden nach der DIN 14406 in vier Brandklassen eingeteilt. Im Zuge der EU-Harmonisierung wurde die DIN EN 2 eingeführt, welche brennbare Stoffe in fünf Brandklassen unterteilt. Hierbei unterscheidet man Feste Stoffe (Brandklasse A), Flüssigkeiten (Brandklasse B), Gase (Brandklasse C), Metalle (Brandklasse D) und Fette (Brandklasse F).¹⁹ Abgeschafft wurde die Brandklasse E, die für Brände in elektrischen Niederspannungs-Anlagen (bis 1000 Volt) vorgesehen war, da alle heutigen Feuerlöscher in Niederspannungsanlagen eingesetzt werden können. Hierbei ist immer der auf dem Feuerlöscher aufgedruckte Sicherheitsabstand einzuhalten.²⁰

Brennbare Feststoffe

Die DIN EN 2 definiert brennbare Feststoffe der Brandklasse A als Stoffe hauptsächlich organischer Natur, die normalerweise unter Glutbildung verbrennen. Als Beispiele hierfür können Holz, Kohle, Papier und Textilien genannt werden.

Beurteilt wird die Brennbarkeit fester Stoffe nach deren Entzündungstemperatur. Bei Erreichen dieser Temperatur entzündet sich der jeweilige Stoff in Gegenwart des Oxidationsmittels (Sauerstoff) von selbst (vgl. Abschnitt 2.1.3.2.). Bewertet wird das Brandverhalten fester Stoffe nach ihrer Entflamm-

¹⁸ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

¹⁹ <http://www.gloria.de/utcfs/Templates/Pages/Template-66/0,8070,pageld%3D8858&siteId%3D446,00.html> - (08.09.2009)

²⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Brandklasse#Brandklasse_E - (08.09.2009)

barkeit bzw. Brennbarkeit, welche beispielsweise durch geeignete Schutzanstriche verringert werden kann.²¹

In Tabelle 1 sind einige Beispiele verschiedener Entzündungstemperaturen von unterschiedlichen Feststoffen angegeben:

Tab. 1: Entzündungstemperaturen brennbarer Feststoffe, [T1]

Brennbarer Stoff	Entzündungstemp.	Brennbarer Stoff	Entzündungstemp.
Phosphor	60 °C	Zucker	410 °C
Torf	230 °C	Steinkohle	330 bis 440 °C
Schwefel	250 °C	Weizenstaub	270 °C
Fichtenholz	280 °C	Teer	500 °C
Braunkohle, Anthrazit	250 bis 280 °C	Roggenmehl	500 °C

Als Löschmittel für Stoffe der Brandklasse A kommt Wasser, wässrige Lösung, Schaum, Kohlenstoffdioxid und ABC-Pulver in Frage (vgl. Abschnitt 2.1.4.).²²

Brennbare Flüssigkeiten

Unter der Brandklasse B versteht die DIN EN 2 Brände von flüssigen und flüssig werdenden Stoffen. Dazu zählen auch Stoffe, die infolge einer Temperaturerhöhung flüssig werden.

Der Brennpunkt von brennbaren Flüssigkeiten wie z.B. Benzin, Alkohol, Teer, Lacken oder Harz wird nach ihren Flammpunkten beurteilt. „Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der sich aus Flüssigkeit Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass diese, mit der Luft über dem Flüssigkeitsspiegel vermischt, durch eine Zündquelle entflammbar sind“.²³

Mit der Einführung der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) am 3. Oktober 2002 wurde zwar die ehemalige Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) zum 1. Januar 2003 überwiegend aufgehoben. Die zugehörigen Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) sind seit Mai 2002 komplett überarbeitet und gelten weiter. In den Technischen Regeln für brenn-

²¹ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

²² <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

²³ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

bare Flüssigkeiten (TRbF 20) wird in zwei verschiedene Gefährklassen unterschieden, welche in Tabelle 2 aufgeführt werden.²⁴

Tab. 2: Einteilung brennbarer Flüssigkeiten gem. TRbF 20, [T2]

Gefährklasse A	Wasserunlösliche oder schwerlösliche, brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt nicht über 100 °C
▪ Gefährklasse A I	Flüssigkeiten mit Flammpunkt unter 21 °C (z.B. Benzin); entspricht hochentzündlich/leichtentzündlich nach BetrSichV
▪ Gefährklasse A II	Flüssigkeiten mit Flammpunkt von 21 °C bis 55 °C (z.B. Petroleum); entspricht entzündlich nach BetrSichV
▪ Gefährklasse A III	Flüssigkeiten mit Flammpunkt über 55 °C bis 100 °C (z.B. Dieseldieselkraftstoff); keine Zuordnung nach BetrSichV
Gefährklasse B	Wasserlösliche, brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C (z.B. Ethanol); entspricht hochentzündlich/ leichtentzündlich nach BetrSichV

Für Stoffe der Brandklasse B kann Kohlenstoffdioxid, Schaum, ABC-Pulver oder BC-Pulver als Löschmittel verwendet werden.²⁵

Brennbare Gase

Bei der Brandklasse C spricht die DIN EN 2 von Bränden von Gasen. „Die Gefährlichkeit von Gasen und verdampften Flüssigkeiten wird nach ihrer Zündtemperatur beurteilt.“²⁶

In Tabelle 3 sind beispielhafte Zündtemperaturen unterschiedlicher brennbarer Gase gegeben.

Tab. 3: Zündtemperaturen unterschiedlicher brennbarer Gase, [T1]

Brennbarer Stoff	Entzündungstemp.	Brennbarer Stoff	Entzündungstemp.
Schweißkohlenstoff	102 °C	Acytelen	305 °C
Ethylether	170 °C	Benzol	555 °C
Benzin	250 °C	Menthan	650 °C

Stoffe der Brandklasse C lassen sich mit ABC-Pulver, BC-Pulver und in Ausnahmefällen mit Kohlenstoffdioxid bekämpfen. Für den Einsatz von Kohlenstoffdioxid gibt es sehr selten speziell konstruierte Sonderfeuerlöscher mit Gas-

²⁴ <http://www.umweltschutz-bw.de/?lvi=352> – (08.09.2009)

²⁵ www.einsatzberichte-feuerwehr-tastrup.tastrup.com/Verbrennungslehre_Loeschlehre.ppt - (08.09.2009)

²⁶ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpvx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)

strahldüse. Oft kann eine Brandbekämpfung brennbarer Gase auch durch das Unterbinden der Gaszufuhr erfolgen.²⁷

Brennbare Metalle

Die DIN EN 2 definiert die Brandklasse D als Brände von Metallen. Unter dem sog. Metallbrand versteht man das unkontrollierte und Schaden verursachende Verbrennen von Metallen. Der Einsatz von Wasser als Löschmittel ist aufgrund der dabei entstehenden hohen Temperaturen von über 3000 °C so gut wie unmöglich. Die Feuerwehr bekämpft solche Brände somit durch Ersticken. Hierbei hat sich die Brandbekämpfung beispielsweise mit trockenem Sand, Zementpulver, Grauguss-Späne oder Natriumchlorid als sehr effektiv erwiesen. Ein Pulverlöscher mit Metallbrandpulver kann ebenfalls als Löschmittel eingesetzt werden.²⁸

Prinzipiell sind die meisten Metalle brennbar. Unter den üblichen atmosphärischen Verhältnissen sind praktisch jedoch nur die sog. Alkalimetalle (z.B. Natrium, Kalium, Lithium) und Erdalkalimetalle (z.B. Magnesium, Calcium, Barium) und deren Legierungen betroffen. Ebenfalls brennbar ist Eisen in feinverteilter Form (z.B. Stahlwolle, Eisenpulver).²⁹ Unter bestimmten Voraussetzungen und bei feinem Verteilungszustand (Späne, Staub etc.) sind abgesehen von den Edelmetallen alle Metalle brennbar. Einige Metalle sind sogar selbstentzündlich.³⁰

Brennbare Fette

Bei der Brandklasse F spricht die DIN EN 2 von Bränden von Speiseölen bzw. Speisefetten. Hierfür können z.B. pflanzliche oder tierische Öle und Fette in Frittier- und Fettbackgeräten und anderen Kucheneinrichtungen und Küchengeräten in Frage kommen. Ist es erst einmal zu einer Entflammung infolge brennbarer Fette gekommen, so müssen zur Brandbekämpfung Speziallöschmittel (z.B. Fettbrandlöscher oder Wasser- und Schaumgemische mit chemischen Zusätzen) zur Verseifung eingesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit

²⁷ www.einsatzberichte-feuerwehr-tastrup.tastrup.com/Verbrennungslehre_Loeschlehre.ppt - (08.09.2009)

²⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Metallbrand> - (08.09.2009)

²⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Metallbrand> - (08.09.2009)

³⁰ <http://www.jwsl.de/aktion2004/pdf/zs-anleitung.pdf> - (08.09.2009)

den Brand zu bekämpfen ist das Prinzip des Erstickens (vgl. Abschnitt 2.1.3.4.).³¹

2.1.4. Löschmittel

2.1.4.1. Wasser bzw. wässrige Lösungen

Bei Bränden der Brandklasse A ist Wasser bzw. wässrige Lösung ein geeignetes Löschmittel. Durch den Einsatz von Wasser bzw. einer wässrigen Lösung wird dem Brandherd durch Verdunstung eine große Wärmemenge entzogen. Wird die Entzündungstemperatur des brennbaren Stoffes unterschritten, dann geht das Feuer aus. Ein weiterer Löscheffekt des Wassers wird durch den durch die Hitze des Brandes entstandenen Wasserdampf erzielt. Dieser verdrängt den Sauerstoff und erstickt das Feuer.³²

2.1.4.2. Kohlenstoffdioxid

Ein geeignetes Löschmittel für die Brandklassen A und B ist Kohlenstoffdioxid. In Ausnahmefällen auch für die Brandklasse C. Das Kohlenstoffdioxid wird in einem Feuerlöscher unter hohem Druck verflüssigt (Hochdruckstahlflaschen) oder in großen Niederdruckbehältern bei -20 °C gekühlt. Bei einer Betätigung des Feuerlöschers dehnt sich das verflüssigte Gas schlagartig aus und kühlt sich dabei sehr stark ab. Somit wird auch der Brandherd gekühlt. Das gasförmig austretende Kohlenstoffdioxid verdrängt dabei den Luftsauerstoff und erstickt somit den Brandherd.³³ Bei der Anwendung muss darauf geachtet werden, dass Kohlenstoffdioxid ein Atemgift ist und auf das Atemzentrum von Mensch und Tier wirkt. Bei Überschreitung des Grenzwertes von mehr als 5 Vol.-% schreiben die Berufsgenossenschaften besondere Schutzmaßnahmen vor. Weitere inerte Gase, die als Löschmittel verwendet werden können, sind beispielsweise Argon und Stickstoff.³⁴

³¹ www.einsatzberichte-feuerwehr-tastrup.tastrup.com/Verbrennungslehre_Loeschlehre.ppt - (08.09.2009)

³² <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf%20-%20%2808.09.2009%29> – (08.09.2009)

³³ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf%20-%20%2808.09.2009%29> – (08.09.2009)

³⁴ <http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/gas.htm> - (08.09.2009)

2.1.4.3. ABC-Löschpulver

ABC-Löschpulver ist das einzige Löschmittel, das für die Brandklassen A, B und C geeignet ist. ABC-Pulver besteht überwiegend aus fein vermahlenem Ammoniumphosphat und Ammoniumsulfat. Die Löschwirkung beruht bei Flammenbränden auf den „Antikatalytischen Löscheffekt“. Hierunter wird ein Löschmittel verstanden, das aus einer Reaktion unverändert wieder hervorgeht. Es selbst wird also nicht verbraucht. Bei Glutbränden bildet sich durch das schmelzende Löschpulver auf dem heißen Brandgut zusätzlich eine Sinterschicht, die den Brand erstickt. Hierbei kann es auch zu der Bildung von Ammoniak kommen, welches ebenfalls eine erstickende Wirkung aufweist.³⁵

2.1.4.4. BC-Löschpulver

Als Löschmittel für die Brandklassen B und C ist das BC-Löschpulver gut geeignet. Gegen Brände der Brandklasse A und D hat das BC-Löschpulver keine nennenswerte Löschwirkung. Bei einem Brand der Brandklasse F kann es zwar kurzzeitig zu einer erfolgreichen Brandbekämpfung kommen, jedoch ist ein Schutz gegen Wiederauflammen nicht gegeben. BC-Löschpulver, welches hauptsächlich auf Basis von Natriumhydrogencarbonat beruht, wird oft als Standardlöschpulver bezeichnet. Besonders häufig wird es in der chemischen und petrochemischen (z.B. Herstellung von chemischen Produkten aus Erdgas) Industrie eingesetzt. Auch beim BC-Löschpulver wird die Löschwirkung durch den „Antikatalytischen Löscheffekt“ erreicht (vgl. Abschnitt 2.1.4.3.).³⁶

2.1.4.5. D-Löschpulver (Metallbrandpulver)

Das sog. D-Löschpulver bzw. Metallbrandpulver ist das einzige genormte Löschpulver für Brände der Brandklasse D. Metallbrandpulver besteht hauptsächlich aus feinst vermahlenen Alkalichloriden, häufig in Form von Natriumchlorid. Die hohe Reaktions- und Temperaturstabilität stellt ein besonderes Merkmal dieser Metallbrandpulver dar. Die Ausbringung des Metallbrandpulvers erfolgt sehr weich und drucklos mit einer speziellen Pulverbrause, um die gegebenenfalls vorhandene Metallschmelze vorsichtig mit einer luftdichten Schicht

³⁵ <http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/abc.htm> - (08.09.2009)

³⁶ <http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/bc.htm> - (08.09.2009)

abdecken zu können. Diese soll zu einer Sinterschicht „zusammenschmelzen“, um so den Brandherd zu beseitigen.³⁷

2.1.4.6. Löschschaum

Der Einsatz von Schaum als Löschmittel ist besonders für die Brandklassen A und B geeignet. Dieser bewirkt bei richtiger Anwendung, dass der brennende Stoff vom Luftsauerstoff getrennt und die Verbrennungstemperatur abgekühlt wird. Hierbei trennt bzw. verdrängt die geschlossene Schaumdecke die Verbrennungszone von der sie umgebenden Luft und verhindert so die weitere Sauerstoffzufuhr (Trenn- bzw. Verdrängungseffekt). Das dabei aus dem Schaum austretende Wasser verdampft und entzieht dem Brandgut Wärme (Kühleffekt). Somit wird die Reaktionsgeschwindigkeit zwischen Brandgut und Luftsauerstoff deutlich abgesenkt. Des Weiteren verhindert die geschlossene Schaumdecke das weitere Ausgasen brennender Stoffe (Deckeffekt). Zudem besitzt Schaum eine geringe Wärmeleitfähigkeit und verhindert so eine weitere Brandausbreitung (Dämmeffekt). Die Feuerwehr teilt Löschschaum primär nach ihrer Verschäumung in drei Kategorien ein: Schwerschaum, Mittelschaum und Leichtschaum.³⁸

2.1.4.7. Sonstige Löschmittel

Sand, Zementpulver, Grauguss-Späne und ähnliche Stoffe eignen sich hervorragend für die Brandbekämpfung der Brandklasse D und gegebenenfalls auch für die Brandklasse F. Dem Brandherd wird durch Verdrängung Luftsauerstoff entzogen und somit erstickt.³⁹

2.1.5. Brandverhalten

Beim Brandverhalten wird differenziert zwischen Baustoffverhalten und Bauteilverhalten.

Das Baustoffverhalten beschreibt das jeweilige Material hinsichtlich der Brennbarkeit und gegebenenfalls hinsichtlich zusätzlicher Eigenschaften wie z.B.

³⁷ <http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/d.htm> - (08.09.2009)

³⁸ <http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/schaum.htm> - (09.09.2009)

³⁹ <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvp6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf%20-%20%2808.09.2009%29> – (08.09.2009)

Rauchentwicklung, Entflammbarkeit, Wärmeentwicklung und Toxizität unter definierten Randbedingungen.⁴⁰

Das Bauteilverhalten hingegen beschreibt das komplette Bauteil (z.B. Wand, Decke) gegenüber einer definierten Brandbeanspruchung unter definierten Randbedingungen. Hierbei werden beispielsweise Anforderungen an den Raumabschluss, der Erhalt der Tragfähigkeit, der Temperaturdurchgang und der Funktionserhalt des Bauteils berücksichtigt.⁴¹

Bisher erfolgte diese Klassifizierung nach DIN 4102. Zukünftig wird sie im Rahmen der europäischen Harmonisierung nach DIN EN 13501 erfolgen. Für den Zeitraum der Koexistenzperiode⁴² (voraussichtlich bis 2010) kann diese Klassifizierung sowohl nach der Normengruppe DIN 4102, als auch nach dem europäischen Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501 erfolgen.⁴³ Eine Stellungnahme zur jetzigen Situation wird nachfolgend von Frau Irene Herzog, der Leiterin des Referats „Brandverhalten von Baustoffen“ des Deutschen Institutes für Bautechnik DIBt, zitiert:⁴⁴

„Die Einführung des europäischen Klassifizierungssystems in das deutsche Baurecht und die Zuordnung der in Deutschland erforderlichen Klassen und Leistungsstufen zu den jeweiligen bauaufsichtlichen Anforderungen wird mit einer entsprechenden Ergänzung in der nächsten Bauregelliste erfolgen. Das bisherige deutsche Klassifizierungssystem, basierend auf der Normenreihe DIN 4102, und das europäische Klassifizierungssystem werden für eine Übergangszeit gleichwertig und alternativ anwendbar sein. Der Hersteller oder der Anwender haben die Möglichkeit, Nachweise zum Brandverhalten oder den Feuerwiderstand entweder auf der Grundlage der DIN 4102 oder auf der Grundlage der DIN EN 13501-1 (Brandverhalten) bzw. der DIN EN 13501-2 (Feuerwiderstand) zu führen.“

⁴⁰ Willems/Schild/Dinter/Strickler: Formeln und Tabellen Bauphysik: Wärmeschutz-Feuchteschutz-Klima-Akustik-Brandschutz, Wiesbaden (2007), S. 362

⁴¹ Willems/Schild/Dinter/Strickler: Formeln und Tabellen Bauphysik: Wärmeschutz-Feuchteschutz-Klima-Akustik-Brandschutz, Wiesbaden (2007), S. 362

⁴² Koexistenz beschreibt das gleichzeitige Vorhandensein verschiedener Systeme

⁴³ Willems/Schild/Dinter/Strickler: Formeln und Tabellen Bauphysik: Wärmeschutz-Feuchteschutz-Klima-Akustik-Brandschutz, Wiesbaden (2007), S. 362

⁴⁴ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (09.09.2009)

2.1.6. Brandverlauf/ Brandphasen

2.1.6.1. Allgemein

Jeder Brand ist durch stoffliche Veränderungen und energetische Vorgänge gekennzeichnet und stellt ein einmaliges, nicht wiederholbares und nicht vorher-sagbares Ereignis dar. Der Verlauf eines Brandes bleibt jedoch immer gleich und lässt sich schematisch in fünf verschiedene Phasen einteilen. In Abbildung 4 sind die fünf Phasen eines typischen Zimmerbrandes von der Entzündung bis zum Verlöschen schematisch dargestellt.⁴⁵

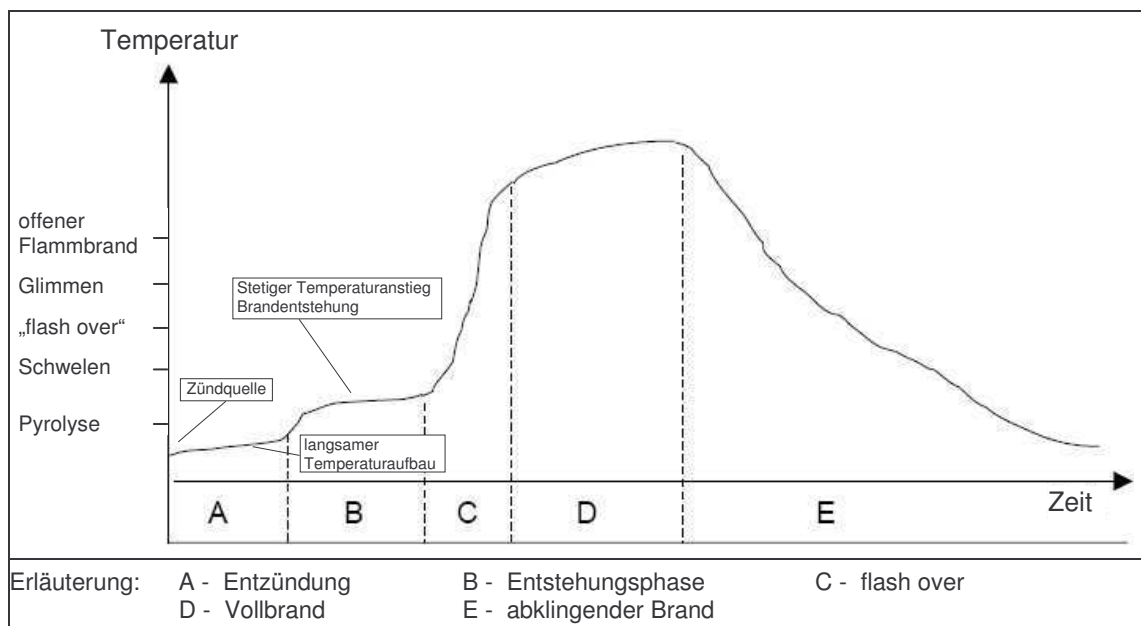


Abb. 4: Schematische Darstellung der 5 Phasen eines typischen Zimmerbrandes, verändert nach [A3]

2.1.6.2. Erläuterung der fünf Brandphasen am Beispiel eines Zimmerbrandes

In der ersten Phase, der sog. Zündphase, steigt die Temperatur eines brennbaren Materials langsam an bis die jeweilige Entzündungstemperatur erreicht ist. Reicht die bei dieser Verbrennung freigesetzte Energie nicht aus, um in der Nähe befindliche Materialien zu entzünden, so kommt es zum Verlöschen. In diesem Fall wird die Temperatur des Raumes nur unwesentlich erhöht und erreicht nach kurzer Zeit auch wieder die Normaltemperatur.⁴⁶

⁴⁵ <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf> - (09.09.2009)

⁴⁶ Löhmer, S.: Risikominimierung durch Brand- und Explosionsschutz: Überblick über die chemisch-technischen Grundlagen von Bränden und Explosionen sowie die prinzipiellen „Sicherheitstechnischen Schutzmaßnahmen“, Zürich (1995), S. 22

Kommt es in der ersten Phase zu einer ausreichenden Energiefreisetzung des zuerst gezündeten Materials, so wird in der zweiten Phase (Entstehungsphase) eine große Menge an brennbarem Kohlenstoffmonoxid produziert. Die dabei entstehenden Temperaturen reichen aus, um umliegende brennbare Materialien (z.B. Gardinen) stark zu erhitzen und zu entzünden, wobei zündfähige Gase (Schwelgase) und Dämpfe freigesetzt werden. Sind nun genügend brennbare Stoffe in diesem Raum vorhanden, so werden auch diese durch die Temperaturerhöhung im Raum sowie durch die vom Entstehungsbrand ausgesetzte Wärmestrahlung pyrolysiert. Der dabei ansteigende Druck im Raum hat zur Folge, dass die Brandintensität bzw. Verbrennung nicht weiter zunimmt. Der Druck und die Temperaturen im Raum können jedoch zum Zerplatzen der Fensterscheiben führen. Dabei kommt es zu einer plötzlichen Sauerstoffzufuhr und einem damit verbundenen Temperaturanstieg. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Phase drei mit dem Feuerübersprung, dem sog. „flash over“. Dies führt dazu, dass die Schwelgase an der Decke des Raumes innerhalb von wenigen Sekunden abbrennen bzw. durchzünden. Durch diese Zündung der Gase und Dämpfe breitet sich der Brand explosionsartig über den ganzen Raum aus. Dabei werden alle im Raum befindlichen brennbaren Materialien entzündet, ohne dass sie in Kontakt mit der Zündflamme treten müssen (Selbstentzündung). Nach dem „flash over“ ist der Brandverlauf bezüglich der Temperatur nahezu statisch. Die vierte Phase, der sog. Vollbrand, ist erreicht und hält so lange an, bis kein brennbares Material mehr in diesem Raum vorhanden ist. Das Feuer kann nun beispielsweise durch Türen, Fenster und Wände dringen und so benachbarte Räume entflammen.^{47,48}

Wenn alles in diesem Raum befindliche brennbare Material verbrannt ist, fällt die Temperatur nach einiger Zeit auf Umgebungstemperatur ab (Phase 5). Diese Zeitspanne ist abhängig vom Wärmespeichervermögen der umgebenden Bauteile und der Größe der vorhandenen Öffnungen im Raum.⁴⁹

⁴⁷ <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf> - (09.09.2009)

⁴⁸ Löhmer, S.: Risikominimierung durch Brand- und Explosionsschutz: Überblick über die chemisch-technischen Grundlagen von Bränden und Explosionen sowie die prinzipiellen „Sicherheitstechnischen Schutzmaßnahmen“, Zürich (1995), S. 22/23

⁴⁹ Löhmer, S.: Risikominimierung durch Brand- und Explosionsschutz: Überblick über die chemisch-technischen Grundlagen von Bränden und Explosionen sowie die prinzipiellen „Sicherheitstechnischen Schutzmaßnahmen“, Zürich (1995), S. 23

2.1.6.3. Einflussgrößen

Der Ablauf eines Brandes mit den in Abschnitt 2.1.6.2. erläuterten Phasen ist immer gleich. Jedoch sind der zeitliche Ablauf dieser unterschiedlichen Phasen und die dabei entstehenden Temperaturen von vielen Faktoren abhängig. Nachfolgend werden einige Einflussgrößen stichpunktartig aufgeführt:^{50,51}

- die Art der Zündung (Initial, Material),
- die Art und Verteilung des Brandmaterials,
- die Art der Wärmeeinwirkung (Anordnung der Wärmequellen und der Brandstoffe),
- charakteristische Stoffdaten zu Abbrandverhalten, Rauchpotentialen, Packdichte und Nutzung,
- die Dichte der Energiezufuhr durch Strahlung, Konvektion und Leitung
- die Brandlast (in kg),
- die Umgebungs- und Brandbedingungen (z.B. Luftzirkulation, Windgeschwindigkeit, Ventilationsbedingungen),
- die Raumgeometrie einschließlich Öffnungen,
- die Oberflächenverhältnisse (wärmespezifische Parameter der Bauteile),
- die entstehenden Zersetzungsgase

Wie an dieser Auflistung deutlich wird, spielen viele Faktoren für den zeitlichen Ablauf der unterschiedlichen Brandphasen eine Rolle und sind besonders für eine Brandfrüherkennung zur Brandbekämpfung von großer Bedeutung. Hier ist besonders die Kenntnis über die entstehenden Zersetzungsgase zu nennen. Sie hat eine Reihe entscheidender Vorteile gegenüber physikalischer Messgrößen wie Strahlung und Temperatur. Gelingt es frühzeitig materialspezifische Substanzen auszumachen, so ist eine rasche Identifizierung der Brandlast möglich. Somit können eingeleitete Löschmaßnahmen schneller und effizienter erfolgen, um den Schaden durch einen solchen Brand möglichst gering zu halten.⁵²

⁵⁰ <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf> - (09.09.2009)

⁵¹ http://www.vfdb.de/download/Leitfaden_Ingenieurmethoden_Juni_2009.pdf - (09.09.2009)

⁵² <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf> - (09.09.2009)

2.1.6.4. Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK)

Um einheitliche Prüf- und Beurteilungsgrundlagen für das Brandverhalten von Bauteilen zu schaffen, wurde auf internationaler Ebene eine sog. Einheits-Temperaturkurve (ETK) festgelegt. Auf ihr basieren die Bauteilprüfungen nach DIN 4102 Teil 2, 3, 5, 6, 9 und 11.⁵³ Der Ablauf des Prüfverfahrens ist der DIN 4102-2:1977-9 zu entnehmen.

Die Einheits-Temperaturkurve stellt annähernd den Brandverlauf nach dem Auftreten eines „flash over“, dem schlagartigen Entzünden eines großen Teiles aller brennbaren Materialien in einem Raum, dar. Die Bauteile werden hierbei unter Wärmebeanspruchung gemäß ETK im Labor einer Feuerwiderstandsprüfung unterzogen. Die ETK dient so als Maßstab, an dem das Brandverhalten der Bauteile in Bauwerken gemessen und verglichen werden kann.⁵⁴

Der Temperaturanstieg in der Einheits-Temperaturkurve bei einem Normbrand in einer Brandkammer wird mathematisch in Abhängigkeit von der Zeit durch eine logarithmische Funktion beschrieben. Das Ergebnis dieser Funktion liefert die Temperaturerhöhung $\Delta\theta$ in Kelvin gegenüber der Anfangstemperatur T_0 im Brandraum.⁵⁵

Die Temperaturerhöhung in der Einheits-Temperaturkurve (ETK) wird nach folgender Gleichung ermittelt:⁵⁶

$$\Delta\theta(t) = \theta(t) - \theta_{t=0} = 345 \lg(8t + 1) \quad \text{Glg. [2.1]}$$

Hierbei sind:

$\Delta\theta(t)$ zeitabhängige Temperaturdifferenz gegen die Ausgangstemperatur in [K]

$\theta(t)$ Brandraumtemperatur zum Zeitpunkt t in [K]

$\theta_{t=0}$ Temperatur der Probekörper zum Zeitpunkt t=0 (Versuchsbeginn) in [K]

t Zeit in [min]

⁵³ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (11.09.2009)

⁵⁴ http://www.bbs-international.com/webfm_send/576 - (14.09.2009)

⁵⁵ http://bib1lp1.rz.tu-bs.de/docportal/servlets/MCRZipServlet?id=DocPortal_derivate_00001463 – (11.09.2009)

⁵⁶ Deutsches Institut für Normung: DIN EN 4102-2: „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, September 1977

Nach Gleichung 2.1 beträgt die Temperatur im Brandraum nach nur 30 Minuten schon 822 °C, nach 90 Minuten 986 °C und nach 120 Minuten 1029 °C. Der sich somit ergebene Verlauf der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102-2 für einen Normbrand in einer Brandkammer ist in nachfolgender Abbildung 5 dargestellt.

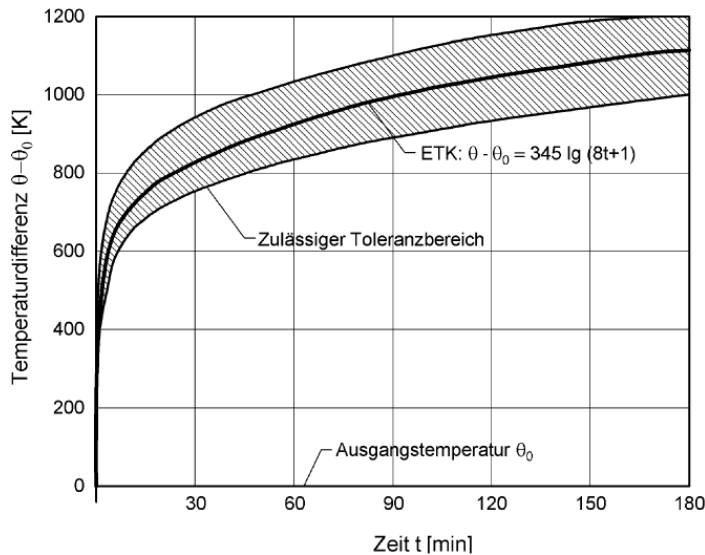


Abb. 5: Verlauf der Einheits-Temperaturkurve (ETK) nach DIN 4102-2 für einen Normbrand in einer Brandkammer, [A4]

Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, erfolgt im Gegensatz zur Temperatur-Zeitkurve eines natürlichen Brandereignisses kein Abklingen der Temperaturkurve bei der Brandprüfung in einer Brandkammer.

2.1.7. Brandprodukte

Bei einem Brand können sowohl feste, flüssige als auch gasförmige Produkte entstehen. Feste Verbrennungsprodukte können sich beispielsweise in Form von Asche und unverbrannten Kohlenstoffresten (Ruß) darstellen. Feste Verbrennungsprodukte bestehen somit überwiegend aus anorganischen Bestandteilen und sind weitestgehend unschädlich.

Auch die flüssigen Verbrennungsprodukte in Form von Schmelze, Löschwasser oder Pyrolyseöl sind weitestgehend als unschädlich anzusehen.

Mehr Aufmerksamkeit sollte bei der Betrachtung der Brandprodukte den gasförmigen Verbrennungsprodukten gegeben werden. Bei diesen Verbrennungsprodukten können sich neben den ungiftigen Produkten wie z.B. Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid auch Rauchgase (Brandgase) mit giftigen Bestandteilen

entwickeln. Hier sind beispielsweise Kohlenmonoxid, Salzsäure, Nitrosegase, Phosgen und Blausäure zu nennen. Diese können beispielsweise bei der Verbrennung von Kunststoffen, Lacken, Fußbodenbelägen, Möbeln oder elektrischen Geräten freigesetzt werden. Wie bereits in Abschnitt 2.1.2. erwähnt, fallen die meisten Menschen nicht den Flammen zum Opfer, sondern sterben an den Folgen einer Rauchvergiftung infolge dieser giftigen Verbrennungsprodukte (vgl. Abschnitt 2.4.2.3.).

Abbildung 6 zeigt eine kleine Übersicht welche Produkte bei einer Verbrennung anfallen können und wie der entstehende Brandrauch zusammengesetzt sein kann.

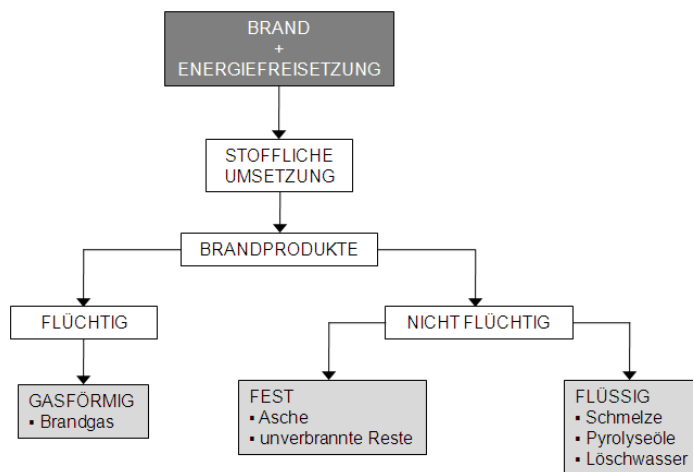


Abb. 6: Übersicht Brandprodukte, verändert nach [A2]

Neben den Verbrennungsprodukten ist auch die Rauchentwicklung von entscheidender Bedeutung für den Brandschutz. Abbildung 7 zeigt wie viel m³ Rauch bei der Verbrennung verschiedener Materialien anfällt.

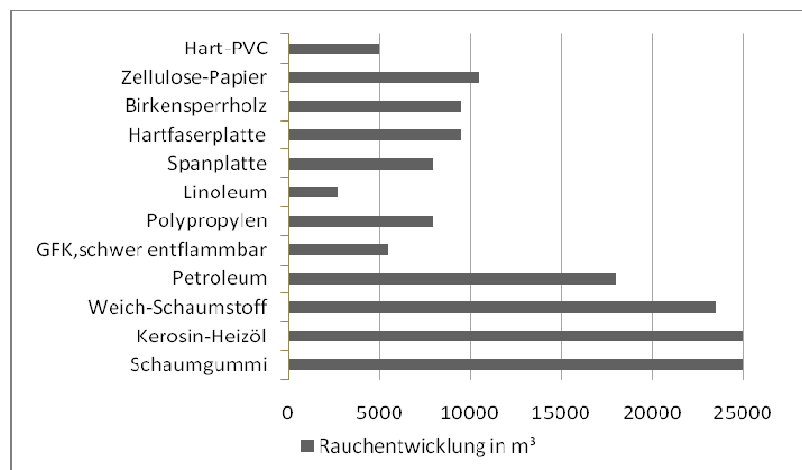


Abb. 7: Rauchentwicklung unterschiedlicher Materialien, verändert nach [A5]

2.2. Arten der Verbrennung

2.2.1. Allgemein

In diesem Abschnitt geht der Autor dieser Arbeit detaillierter auf die unterschiedlichen Arten einer Verbrennung ein. Es gibt zwei unterschiedliche Arten der Verbrennung. „Je nach Verteilungsgrad des Brennstoffs und seiner Durchmischung und in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, mit der die Reaktion abläuft, spricht man von einer Explosion oder einem Brand“.⁵⁷

Brandvorgänge in geschlossenen Räumen sind sehr komplex und hängen von verschiedenen Einflussgrößen ab. Hierbei kann grundsätzlich zwischen zwei Brandszenarien unterschieden werden. Zum einen der ventilationsgesteuerte Brand (vgl. Abschnitt 2.2.2.1.) und zum anderen der brandlastgesteuerte Brand (vgl. Abschnitt 2.2.2.2.). Des Weiteren werden die Begriffe des Schwelbrandes, Glimmbrandes und Offenen Brandes näher erläutert. Auch der Begriff „flash-over“ wird aufgrund seiner enormen Bedeutung im Verlauf eines Brandes dem interessierten Leser näher gebracht.

Dem Brand gegenüber steht der Begriff der Explosion, auf welche der Autor dieser Arbeit in Abschnitt 2.2.3. nur kurz eingehen wird.

2.2.2. Brand

2.2.2.1. Ventilationsgesteuerter Brand

Beim ventilationsgesteuerten Brand wird der Brandverlauf von einer Begrenzung des Volumens der einströmenden Luft bzw. des einströmenden Sauerstoffs bestimmt. Ist genügend Luftzufuhr vorhanden, so wird die Abkühlung erst dann einsetzen, wenn keine Brandlasten mehr vorhanden sind.⁵⁸

Für den Temperaturzeitverlauf bei ventilationsgesteuerten Bränden ist neben den thermischen Eigenschaften der umfassenden Bauteile die Größe der Öffnungen des Brandraumes bestimmend.⁵⁹ Sie geben Aufschluss über die maxi-

⁵⁷ http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf?bcsi_scan_FB0003135BCCED5C=TweG+BaxIIWOBiPNVNNMSDMAAAC45V6Q&bcsi_scan_filename=DA2.pdf - (11.09.2009)

⁵⁸ http://www.geo-s.de/Downloads/Grundlagen_der_Bauphysik.pdf - (10.09.2009)

⁵⁹ http://bib1lp1.rz.tu-bs.de/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00001616/Document.pdf?hosts=local - (10.09.2009)

mal mögliche Wärmefreisetzungsrates, die in dem betreffenden Raum erreicht werden kann.⁶⁰

Zum Beispiel kann bei kleinen Räumen mit wenig Sauerstoff im Raum ein geschlossenes Fenster zum Erlöschen des Brandes führen, bevor hohe Temperaturen erreicht werden. Bei großen Räumen hingegen ist ein geschlossenes Fenster unerheblich, da genug Sauerstoff vorhanden ist, um große Temperaturen zu entwickeln.⁶¹

2.2.2.2. Brandlastgesteuerter Brand

Bei einem brandlastgesteuerten Brand ist die Energiefreisetzung durch die brennende Oberfläche der vorhandenen Brandlasten begrenzt. Der Brandablauf wird hierbei durch die Art, Menge und Verteilung der brennbaren Stoffe bestimmt.⁶² Sobald alle brennbaren Stoffe verbrannt sind, verlöscht der Brand.

„Bei brandlastgesteuerten Bränden ist neben der Wärmeabfuhr aus dem Brandraum durch Öffnungen und Umfassungsbauteile die freigesetzte Energie die dominierende Einflussgröße.“⁶³

Kleinere Räume beispielsweise sind zunächst brandlastgesteuert, da sich genügend Sauerstoff im Raum befindet. Während des Brandverlaufs wird dieser Sauerstoff jedoch verbraucht. Somit wird aus dem brandlastgesteuerten Brand ein ventilationsgesteuerter Brand. Kommt es nun beispielsweise durch Zerspringen der Fensterscheiben zu einer erneuten Luftzufuhr, so ist der Brand wieder brandlastgesteuert.⁶⁴

2.2.2.3. Schwelbrand

Ein Schwelbrand ist eine langsame Pyrolyse⁶⁵, die bei einer minimalen Luftzufuhr auch selbstständig ablaufen kann. Dieser Vorgang ist verbunden mit Rauchentwicklung ohne Flammenbildung und Temperaturanstieg. Bei einem

⁶⁰ http://www.vfdb.de/download/Leitfaden_Ingenieurmethoden_Juni_2009.pdf - (10.09.2009)

⁶¹ http://www.bbs-international.com/webfm_send/576 - (10.09.2009)

⁶² http://www.bbs-international.com/webfm_send/576 - (10.09.2009)

⁶³ http://bib1lp1.rz.tu-bs.de/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00001616/Document.pdf?hosts=local - (10.09.2009)

⁶⁴ http://www.bbs-international.com/webfm_send/576 - (10.09.2009)

⁶⁵ Pyrolyse ist die Bezeichnung für die thermische Spaltung organischer Verbindungen wobei i.d.R. Gase (Pyrolysegase), Flüssigkeiten und Feststoffe entstehen

Schwelbrand verkohlt der brennbare Baustoff sehr langsam. Der Vorgang des Schwelbrandes kann sich über Stunden hinweg unbemerkt entwickeln.⁶⁶

Ursache für einen solchen Schwelbrand kann beispielsweise eine defekte oder überhitzte elektrische Leitung sein. Auch unzureichend isolierte Flächen, welche an Bauteile mit ständig sehr hohen Temperaturen grenzen, können Schwelbrände verursachen. Schwelbrände können schon durch Zündquellen mit geringen Energiemengen entstehen.⁶⁷

Als Folge eines Schwelbrandes entstehen durch Pyrolyse brennbare Gase und Dämpfe sowie unverbrannte bzw. teilverbrannte Folgeprodukte. Viele dieser Folgeprodukte sind giftig oder krebserregend. Als bekanntes Beispiel ist hier das giftige und brennbare Kohlenstoffmonoxid zu nennen. Folge einer solchen Entwicklung ausreichender Mengen brennbarer Gase und Dämpfe sowie un- und teilverbrannter Folgeprodukte kann in Verbindung mit schlagartiger Luftzufuhr (z.B. Zerspringen von Fensterscheiben) eine Durchzündung dieser Gase und Dämpfe und ein damit verbundener Übergang zu einer offenen Flamme sein (vgl. Abschnitt 2.2.2.5.).⁶⁸

2.2.2.4. Glimmbrand

Ein Glimmbrand beschreibt einen Zustand, bei welchem die Kohle bzw. die restlichen Bestandteile des Baustoffes bei ausreichender Luftzufuhr verglühen oder verglimmen. Bei diesem Vorgang sind Glutnester zu erkennen.⁶⁹ Der Vorgang des Glimmens erfolgt unter Rauchentwicklung und ist verbunden mit einem Temperaturanstieg.

Genau wie beim Schwelbrand kann auch beim Glimmbrand als Auslöser z.B. ein Kurzschluss oder ein Überhitzen von Elektroinstallationen in Frage kommen.

Faktoren für eine Zündung und Ausbreitung eines solchen Glimmbrandes stellen die Materialeigenschaften Dichte, Struktur, Brennwert, Masse, Feuchte, Hohlraumstruktur und Porosität sowie Art und Menge von Brandschutzmitteln

⁶⁶ <http://www.derix.de/files/brandschutz.pdf> - (10.09.2009)

⁶⁷ http://www.cph.at/oefent/brandrisiken_brennbarer_daemmstoffe_hf.pdf - (10.09.2009)

⁶⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Schwelbrand> - (10.09.2009)

⁶⁹ <http://www.derix.de/files/brandschutz.pdf> - (10.09.2009)

dar. Zusätzlich sind die Luftzufuhr und die Wärmeableitung aus der Verbrennungszone von großer Bedeutung. Voraussetzung für den Übergang zu einem offenen Brand ist wie beim Schwelbrand die Entwicklung von ausreichenden Mengen brennbarer Gase oder Dämpfe.⁷⁰

2.2.2.5. Offener Brand

Bei einer Zersetzung des Baustoffes mit einer offenen Flamme spricht man von einem offenen Brand. Dieser offene Brand kann durch eine Fremdentzündung oder Selbstentzündung, verursacht durch eine gleichmäßige langandauernde Erwärmung, als Folge einer Pyrolyse ausgelöst werden.⁷¹

Ursachen für die Entstehung eines offenen Brandes sind z.B. Brandstiftung, fahrlässiges Nutzerverhalten (Umgang mit offenem Feuer, Rauchen etc.), Fehler in Installationen (Kurzschlüsse) oder Naturkatastrophen (Erdbeben, Blitzeinschläge etc.).⁷²

2.2.2.6. Durchzündung/ „flash over“

Kommt es zu einem Brand in einem Raum, so werden alle brennbaren Gegenstände in unmittelbarer Nähe durch Wärmestrahlung der Flammen erwärmt. Hierbei werden die brennbaren Gegenstände in einen Kohlenstoffrest und Pyrolysegase, welche zum großen Teil verbrennen, zerlegt. Gase und Dämpfe, welche nicht sofort verbrennen, sammeln sich unterhalb der Decke und bilden eine Schicht aus brennbaren und zündfähigen Pyrolysegasen (Schwelgase) und übrigen Pyrolyseprodukten.⁷³ Die Bildung solcher brennbaren und zündfähigen Gase ist in Abbildung 6 schematisch dargestellt.

⁷⁰ http://www.cph.at/oeffent/brandrisiken_brennbarer_daemmstoffe_hf.pdf - (10.09.2009)

⁷¹ <http://www.derix.de/files/brandschutz.pdf> - (10.09.2009)

⁷² <http://www.derix.de/files/brandschutz.pdf> - (10.09.2009)

⁷³ <http://www.atemschutztraining.de/download/HoefsDiplomarbeitAtemschutzausbildung.pdf> - (10.09.2009)

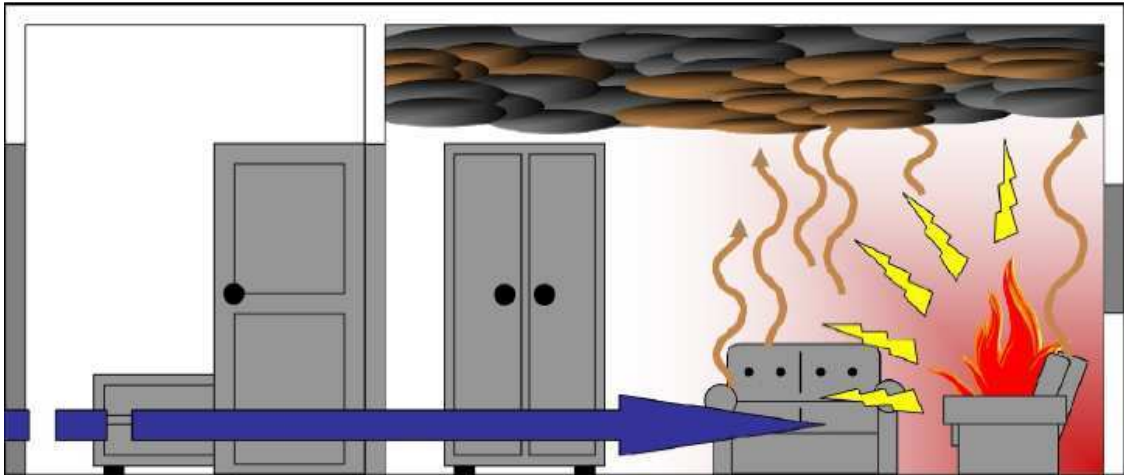


Abb. 8: Schematische Darstellung der Bildung von Pyrolysegasen, [A6]

Mit fortschreitender Branddauer wird die Rauchschicht zunehmend aufgeheizt und es kommt zu einem sog. Wärmestau. Sobald nun ausreichend Luft-sauerstoff vorhanden ist und diese Rauchschicht mit den darin enthaltenen Gasen und Dämpfen die untere sog. Explosionsgrenze erreicht, zündet sie durch. Eine solche Durchzündung wird auch als „flash over“ bezeichnet und ist in der nachfolgenden Abbildung 7 schematisch dargestellt.⁷⁴

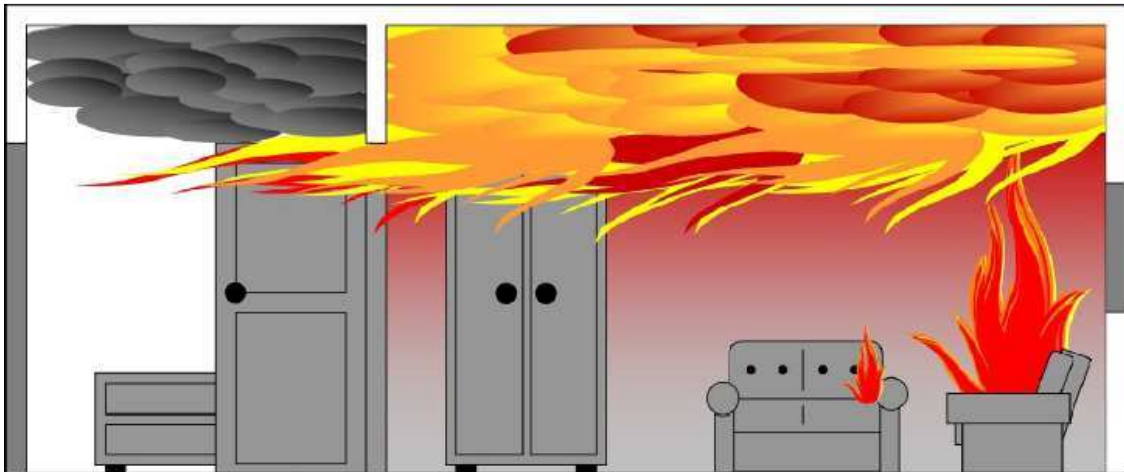


Abb. 9: Schematische Darstellung zur Rauchdurchzündung („flash over“), [A6]

Anzeichen für eine bevorstehende Durchzündung sind der starke Temperaturanstieg, der dynamisch und dunkel austretende sehr heiße Brandrauch

⁷⁴ <http://www.atenschutztraining.de/download/HoefsDiplomarbeitAtenschutzausbildung.pdf> - (10.09.2009)

und die Flammenzungen, welche zwischen der Rauch- und Luftschicht auftreten.⁷⁵

2.2.3. Explosion

Eine Explosion beschreibt eine plötzlich, äußerst schnell verlaufende Zerfalls- oder Oxidationsreaktion, bei welcher es zu einem Temperatur- und Druckanstieg kommt.⁷⁶ Voraussetzung für eine Explosion ist die Freisetzung einer hohen Energie in einer ausreichend kleinen Zeit in einem ausreichend kleinen Volumen. Eine solche auftretende Reaktion, die spontan, rasch und einmalig abläuft, verursacht auf die Druckeinwirkung zurückzuführende Schäden.⁷⁷

In der DIN 14011-1 „Begriffe aus dem Feuerwehrwesen“ vom Juni 2009 wird eine Explosion wie folgt definiert: *„Exotherme Reaktion in explosionsfähigen Gemischen bzw. in explosionsfähiger Atmosphäre, solange die Reaktion nicht zur Detonation führt.“*

Demnach wird in der DIN 14011-1:2009-6 der Begriff Detonation wie folgt beschrieben: *„Eine durch Stoßwelle ausgelöste Flammenreaktion, die sich mit Geschwindigkeiten bis zu einigen km/s fortpflanzt. Anmerkung: Bei Detonationen können die in Flammenfortpflanzungsrichtung mit Überschallgeschwindigkeit strömenden Gase große Zerstörungen verursachen.“*

Des Weiteren definiert die DIN 14011 den Begriff Explosionsfähiges Gemisch (*„Ein Gemisch von Gasen und Dämpfen oder mit Nebeln oder Stäuben, in dem sich nach ihrer Entzündung eine Flamme selbstständig fortpflanzt, ohne dass eine weitere Energiezufuhr erforderlich ist.“*) und Explosionsfähige Atmosphäre (*„Ein explosionsfähiges Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben mit Luft einschließlich üblicher Beimengungen (z.B. Feuchtigkeit) unter atmosphärischen Bedingungen.“*).

In der DIN EN ISO 13943 „Brandschutz – Vokabular“ vom Oktober 2000, welche die Ersatznorm der DIN 50060:1995-11 darstellt, wird mit der Deflagration ein weiterer Begriff im Zusammenhang mit der Explosion beschrieben.

⁷⁵ <http://www.loescheinheit-buchholz.de/myhp/flash.htm> - (10.09.2009)

⁷⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Explosion> - (11.09.2009)

⁷⁷ http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf?bcsi_scan_FB0003135BCCED5C=TweG+BaxIIWOBiPNVNNMSDMAAAC45V6Q&bcsi_scan_filename=DA2.pdf - (11.09.2009)

Die DIN EN ISO 13943 definiert Deflagration als „mit Unterschallgeschwindigkeit sich ausbreitende Explosion.“

Zur Vollständigkeit wird an dieser Stelle erwähnt, dass die DIN EN ISO 13943:2000-10 zusätzlich zur DIN 14011:2009-6 ebenfalls die Begriffe Explosion und Detonation beschreibt. Demnach ist nach DIN EN ISO 13943 eine Explosion eine „plötzliche Zerfalls- oder Oxidationsreaktion, die eine Temperatur- oder Druckerhöhung oder beides gleichzeitig bewirkt.“ Detonation ist gemäß DIN 13943:2000-10 eine „durch eine Stoßwelle mit Überschallgeschwindigkeit sich ausbreitende Zerfalls- oder Oxidationsreaktion.“

Da der Explosionsschutz im Rahmen des Brandschutzes nur bei speziellen Bauwerken Anwendung findet, wird dieser im Rahmen dieser Grundlagen-ermittlung nicht weiter behandelt. Zudem stellt der Explosionsschutz gegenüber dem Brandschutz eine spezielle Vertiefungsrichtung dar. Der Autor dieser Arbeit legt somit sein Hauptaugenmerk auf den Brand bzw. Brandschutz.

2.3. Brandschutzmaßnahmen

Der Brandschutz ist grundsätzlich in den vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz zu unterscheiden wie Abbildung 10 verdeutlicht.

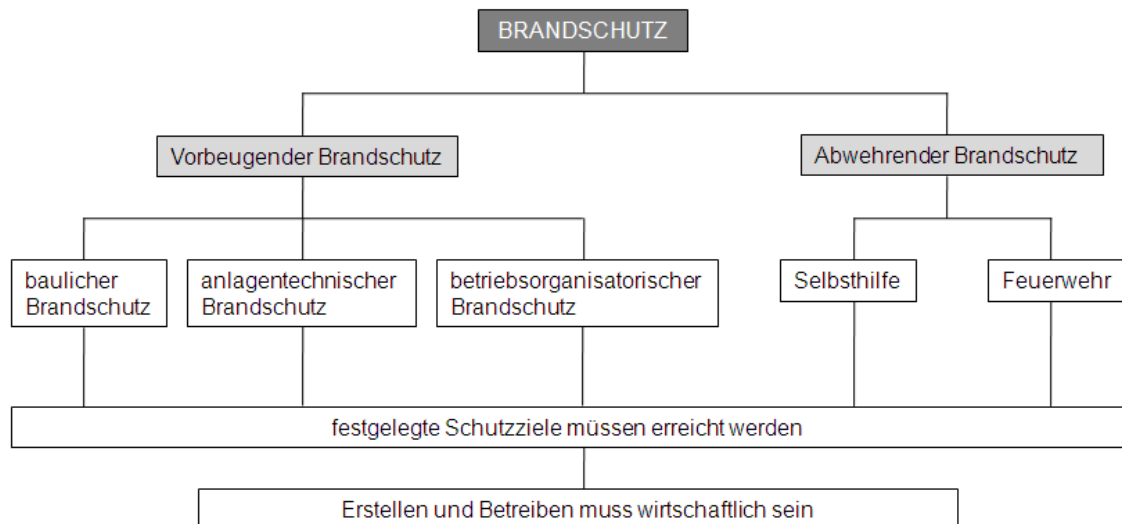


Abb. 10: Bereiche des Brandschutzes, verändert nach [7]

Anhand Abbildung 10 ist es möglich ein entsprechendes Brandschutzkonzept (vgl. Abschnitt 2.4.) für ein Gebäude zu erstellen. Vorbeugende und abwehrende Brandschutzmaßnahmen sollen dabei vorher definierte Schutzziele

erfüllen (vgl. Abschnitt 2.4.2.). Hierbei ist der Adressat für den abwehrenden Brandschutz vorwiegend die Feuerwehr und beim vorbeugenden Brandschutz vorwiegend Bauherr, Planer, Bauunternehmer und Nutzer, wobei die Feuerwehr natürlich mit einzubeziehen ist.⁷⁸

Die unterschiedlichen Brandschutzanforderungen aus Rechtsvorschriften, Technischen Regeln und Normen sowie Erfahrungen von Brandschutzexperten sind sehr detailliert und umfangreich. Im folgenden Abschnitt soll lediglich ein strukturierter Überblick über die grundlegenden vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen bei der praktischen Umsetzung gegeben werden.

2.3.1. Vorbeugender Brandschutz

Die vorliegende Grundlagenermittlung konzentriert sich auf den vorbeugenden Brandschutz und differenziert zwischen baulichen, anlagentechnischen und betriebsorganisatorischen Brandschutz.

Bauliche Brandschutzmaßnahmen umfassen vor allem die Verwendung geeigneter Bauprodukte und Bauwerksteile. Hierzu zählen beispielsweise Wände, Stützen und Decken. Technische Komponenten wie z.B. automatische Brandmelder und Löschanlagen, Feststellanlagen für Türen und automatische Brandschutzklappen zählen zu den anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen. Betriebsorganisatorische Maßnahmen sollen im Wesentlichen das Verhalten von Personen im Gebäude im Normalbetrieb und während des Ausbruchs eines Brandes steuern.⁷⁹

Bauliche, anlagentechnische und betriebsorganisatorische Brandschutzmaßnahmen sind in Absprache mit der Feuerwehr so vorzunehmen, dass auch der abwehrende Brandschutz (z.B. Selbsthilfe, Feuerwehreinsatz) sichergestellt ist.

2.3.1.1. Bauliche Brandschutzmaßnahmen

Um die Entstehung eines Brandes zu erschweren bzw. die Ausbreitung von Feuer und Rauch zu verhindern, sind bereits seit Jahrhunderten die Ver-

⁷⁸ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.5

⁷⁹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.5

wendung nicht brennbarer Baustoffe, die räumliche Trennung durch Anordnung der Gebäude in ausreichenden Abständen und die Abschottung von Nutzungseinheiten durch feuerwiderstandsfähige Umfassungen bewährte Methoden. Auch die Einrichtung von Flucht- und Rettungswegen, welche eine rasche Evakuierung von Personen gewährleisten und gleichzeitig „Angriffswege“ für die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr bieten soll, ist eine wichtige Maßnahme des baulichen Brandschutzes. Auch heute noch stellen Abschottung und Rettungswege als zentrale Strategien den Kern des Brandschutzes im Bauordnungsrecht dar. Das Bauordnungsrecht in Form der Musterbauordnung von 2002 (MBO 2002) besagt in den Absätzen 2, 3 und 4 des § 17, dass leicht entflammbare Baustoffe grundsätzlich nicht verwendet werden dürfen, dass feuerbeständige Bauteile in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen müssen und dass jede Nutzungseinheit mit Aufenthaltsraum in jedem Geschoss über mindestens zwei voneinander unabhängigen Rettungswegen erreichbar sein muss.

In erster Linie beinhalten bauliche Brandschutzmaßnahmen daher die Verwendung von geeigneten Bauprodukten und Bauwerksteilen (z.B. Wände, Stützen und Decken). An diese Bauprodukte und Bauwerksteile werden je nach Funktion besondere Anforderungen bezüglich der Abschottung und Bewahrung der Standsicherheit gestellt. Brandwände müssen somit beispielsweise feuerbeständig (gemäß DIN EN 13501 Feuerwiderstandsklasse REI 90 – vgl. Abschnitt 3.1.2.7.) und aus nichtbrennbaren Baustoffen (gem. DIN EN 13501 Baustoffklasse A1 bzw. A2) ausgeführt sein.

Notwendige Öffnungen in Wänden und Decken erschweren jedoch die praktische Umsetzung des Abschottungsprinzips und müssen gemäß §28 (8) der MBO 2002 mit besonderen, in der Regel selbstschließenden Feuerschutzabschlüssen versehen werden. Weiter erschwert wird die bauliche brandschutztechnische Abtrennung von Bereichen insbesondere durch den immer weiter steigenden Installationsgrad der jeweiligen Bauten (z.B. durch Datenleitungen) sowie durch den immer häufiger auftretenden Wunsch nach möglichst flexiblen Nutzungsmöglichkeiten von Gebäudeflächen (z.B. durch flexible Trennwände in Bürogebäuden). Die Folge ist, dass über die baulichen Maßnahmen hinaus-

gehende zusätzliche Maßnahmen beim Abschottungsprinzip bzw. bei den Rettungswegen erforderlich sind.⁸⁰

2.3.1.2. Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen

Bei einfachen Gebäuden im Bereich des Wohnungsbaus können bauliche Brandschutzmaßnahmen (vgl. Abschnitt 2.3.1.1.) ausreichend sein. Bei komplexeren Gebäuden, wie beispielsweise im Hochschulbau, müssen die baulichen Brandschutzmaßnahmen durch zusätzliche Komponenten der Brandschutztechnik ergänzt werden. Mit solchen zusätzlichen Komponenten der Brandschutztechnik lassen sich oft auch bauliche Brandschutzdefizite kompensieren, sodass sie insbesondere Instandsetzungen- bzw. Modernisierungen im Gebäudebestand erleichtern oder sogar erst ermöglichen.

Schwerpunkt solcher brandschutztechnischer Anlagen ist die Brandfrüherkennung, verbunden mit der schnellen Alarmierung der Nutzer und der Feuerwehr. Durch automatisches Schließen von Brandschutztüren beispielsweise können brandschutztechnische Anlagen auch die Ausbreitung eines Brandes in andere Gebäudeabschnitte verhindern oder den Brandherd sogar direkt bekämpfen (z.B. durch eine Sprinkleranlage). Immer wichtiger im Bereich der anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen werden sog. Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Diese haben die Funktion die brandbegleitenden Rauchgase und die Wärme abzuleiten. Im Vergleich zu baulichen Brandschutzmaßnahmen ist bei anlagentechnischen Maßnahmen mit höheren Folgekosten im laufenden Betrieb zu rechnen, da regelmäßige Funktionsprüfungen, häufig durch qualifizierte Prüfinstitutionen oder Fachfirmen, durchzuführen sind. Nachfolgend werden nun einige verbreitete anlagentechnische Komponenten vorgestellt.⁸¹

Branderkennung und Alarmierung

- *Automatische Brandmeldeanlagen*

Automatische Brandmeldeanlagen (z.B. Wärmemelder, Rauchmelder, Flammenmelder) werden zur Überwachung brandgefährdeter Bereiche, Rettungswege und nicht einsehbarer Bereiche eingesetzt. Bei Rauchent-

⁸⁰ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.25/26

⁸¹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.26/27

wicklung, Temperaturerhöhung oder Flammenbildung lösen sie Alarm aus, leiten Informationen an andere Stellen weiter (z.B. Gefahrenmeldezentrale) oder steuern weitere brandschutztechnische Anlagen an (z.B. Brandschutzklappen, Türfeststellanlagen, Löschanlagen).

- *Akustische Warnanlagen*

Akustische Warnanlagen dienen zur Alarmierung von im Gefahrenbereich befindlichen Personen. Sie sollen eine schnelle Evakuierung des Gefahrenbereichs ermöglichen.

- *Sicherheitsbeleuchtung*

Sicherheitsbeleuchtungen sollen in einem Brandfall die gefährdeten Personen über die vorgesehenen Rettungswege aus dem Gefahrenbereich leiten.

- *Brandmeldezentrale*

In der Brandmeldezentrale laufen alle Alarmmeldungen zusammen. Auf deren Grundlage können die zu ergreifenden Maßnahmen koordiniert werden.

Brandbekämpfung und Brandabschottung

- *Brandschutzklappen in Lüftungsanlagen*

Brandschutzklappen werden im Brandfall automatisch ausgelöst. Sie verschließen die Lüftungsleitungen zwischen den einzelnen Brandabschnitten. So wird eine Ausbreitung von Feuer und Rauch verhindert.

- *Automatische Löschanlagen*

Automatische Löschanlagen (z.B. Sprinkleranlagen, CO₂-Löschanlagen) sind Anlagen, die bei Alarmauslösung entstehende Brände durch Löschen, Erstickern und Kühlen bekämpfen und einer Rauchgasentwicklung entgegenwirken.

- *Automatische Türschließeranlagen*

Türschließer werden im Brandfall automatisch angesteuert und schließen offenstehende Brandschutz- und Rauchschutztüren. Somit wird eine Ausbreitung von Feuer und Rauch verhindert.

- *Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)*

Bei einer richtigen Dimensionierung sollen sie im Brandfall der Feuerwehr die wirkungsvolle Brandbekämpfung erleichtern (z.B. durch Sichtverbesserung), die Rettung von Personen durch Verringerung von Rauch- und Brandgasen unterstützen, den Feuerübersprung („flash over“) verhindern, Brandfolgeschäden durch Rauch- und Brandgase verringern sowie die thermische Beanspruchung von Bauteilen durch Abfuhr der Brandwärme vermindern.

Ergänzende Komponenten

- *Blitzschutzanlagen*

Blitzschutzanlagen beugen einer Brandentstehung durch Blitzschlag vor.

- *Antennenanlagen*

Damit die Feuerwehr im Brandfall ihre Kommunikationsanlagen innerhalb einer Nutzungseinheit nutzen kann, ist es teilweise erforderlich in großen unübersichtlichen Nutzungseinheiten zusätzliche Antennenanlagen einzubauen.

- *Ersatzstromversorgung*

Eine Ersatzstromversorgung soll die Funktion sicherheitstechnischer Anlagen (z.B. Brandmeldeanlagen, Löschanlagen, Türschließeranlagen) bei Ausfall der Stromversorgung sicherstellen.

2.3.1.3. Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

Als weitere vorbeugende Brandschutzmaßnahmen sind die betriebsorganisatorischen Maßnahmen zu nennen. Sie haben das Ziel einen Brand möglichst gar nicht entstehen zu lassen und sollen die im Gebäude befindlichen Personen in einem Brandfall zu gezielten Handlungen veranlassen. Diese Maßnahmen können sich in Form von Verhaltensanweisungen (z.B. Freihalten von Rettungswegen) oder aus der Festlegung von Verantwortungsbereichen darstellen. Nachfolgend werden einige Elemente genannt, welche bei der Gestaltung einer geeigneten Brandschutzorganisation eine wichtige Rolle spielen.⁸²

⁸² Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.27/28

Vorbeugende Maßnahmen für zur Vermeidung von Bränden

- Erstellen einer Brandschutzordnung
- Regelmäßige Schulung und Unterweisung der Nutzer
- Erstellen von Arbeitsanweisungen für feuertechnische Arbeiten (.z.B. Schweißen)
- Erstellen von Arbeitsanweisungen zur Wiederherstellung des Brandschutzes nach Instandhaltungsarbeiten sowie baulichen Erweiterungs- oder Änderungsmaßnahmen
- Hinweise zur Nutzung von Flächen (z.B. kein Aufstellen von Brandlasten in Rettungswegen)
- Bestellen von Brandschutzbeauftragten
- Erteilen und Überwachen von Rauchverboten
- Erteilen von Verboten für den Umgang mit offenem Feuer in gefährdeten Bereichen
- Festlegen von Wartungsintervallen für sicherheitstechnische Anlagen
- Prüfung und Anpassung des Brandschutzkonzeptes bei Nutzungsänderung und baulichen Änderungen

Vorbeugende Maßnahmen für den Brandfall

- Erstellen von Alarmplänen
- Erstellen von Räumungs- und Evakuierungsplänen
- Erstellen von Flucht- und Rettungswegplänen
- Erstellen Feuerwehrplänen
- Anbringen von Flucht- und Rettungswegbeschilderung
- Regelmäßige Durchführung von Alarm- und Räumungsübungen
- Ausstatten und regelmäßiges Warten von Handfeuerlöschern
- Aufbau und Organisation einer Betriebsfeuerwehr

2.3.2. Abwehrender Brandschutz

Da sich die zu dieser Grundlagenermittlung gehörige Master Thesis in erster Linie mit dem vorbeugenden Brandschutz beschäftigt wird, soll an dieser Stelle der abwehrende Brandschutz nur kurz erläutert werden.

Der abwehrende Brandschutz ist eine vorwiegend Aufgabe der Feuerwehr und bildet das Gegenstück zum vorbeugenden Brandschutz. Unter dem ab-

wehenden Brandschutz werden alle Maßnahmen verstanden, welche die Feuerwehr im Brandfall unternimmt.⁸³

Damit die Feuerwehr nach Alarmierung überhaupt ihre Aufgaben erfüllen kann, muss eine ausreichende Löschwasserversorgung vorhanden sein. Diese Aufgabe fällt in die Zuständigkeit der Gemeinden, wie es in den meisten Feuerwehrgesetzen der Länder geregelt ist. Die Gemeinden (oder durch die Gemeinden beauftragte private Versorger) stellen i.d.R. nur Löschwasser für den sog. Grundschutz zur Verfügung. Dies reicht jedoch nicht immer aus um besondere Risiken abzudecken. Bei der Löschwasserversorgung wird grundsätzlich zwischen der abhängigen (z.B. öffentliche Trinkwasserversorgung) und unabhängigen (z.B. offene Gewässer, Flüsse, Kanäle, Seen) Löschwasserversorgung unterschieden. Richtwerte der erforderlichen Löschwassermengen werden im Technischen Regelwerk der DVGW „Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung“ vom Februar 2008 unter Berücksichtigung der baulichen Nutzung und der Gefahr der Brandausbreitung gegeben.⁸⁴

Des Weiteren muss für die Feuerwehr die Möglichkeit gewährleistet sein, mit den benötigten Geräten an die Rettungsstelle gelangen zu können, um die jeweiligen Rettungs- und Löschmaßnahmen ergreifen zu können. Bauordnungsrechtlich wird unterschieden in Aufstellflächen, Bewegungsflächen, Zu- und Durchfahrten sowie Zu- und Durchgängen. Diese müssen dann auf dem Grundstück sichergestellt werden, wenn das Gebäude nicht direkt von der öffentlichen Verkehrsfläche aus zugänglich ist. Die Beschaffenheit und vorgeschriebenen Abmessungen sind in den jeweiligen Bauordnungen der Länder und zusätzlich in den „Richtlinien für Flächen für die Feuerwehr“, welche auf der DIN 14090 „Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken“ basiert, gegeben.⁸⁵

⁸³ http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutz#Abwehrender_Brandschutz - (16.09.2009)

⁸⁴ http://www.google.de/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=3&url=http%3A%2F%2Fwww.forum-verlag.com%2Fmediadb%2F21678805%2F21678806%2F3460_Leseprobe_abwehrender_brandschutz.pdf&ei=mKSwSqvFKc7J_gbwt7HZDA&rct=j&q=leseprobe+abwehrender+brandschutz&usg=AFQjCN Eqc30Wg8qm0rXuNX_g884d57FZ2Q - (16.09.2009)

⁸⁵ http://www.google.de/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=3&url=http%3A%2F%2Fwww.forum-verlag.com%2Fmediadb%2F21678805%2F21678806%2F3460_Leseprobe_abwehrender_brandschutz.pdf&ei=mKSwSqvFKc7J_gbwt7HZDA&rct=j&q=leseprobe+abwehrender+brandschutz&usg=AFQjCN Eqc30Wg8qm0rXuNX_g884d57FZ2Q - (16.09.2009)

In Bezug auf eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen der Feuerwehr und einer Hochschule, sollten ständige Kontakte untereinander bestehen. Hierbei sollte stets die Zugänglichkeit der Hochschuleinrichtungen sowie die Zugänglichkeit der vorhandenen Flächen hinsichtlich der Auffindbarkeit und ausreichenden Dimensionierung für notwendige Einsatzmaßnahmen der örtlichen Feuerwehr überprüft werden.

Des Weiteren ist bei gemeinsamen Räumungsübungen zu überprüfen, ob Fluchtwege und Angriffswege ausreichend getrennt sind oder ob es zu gegenseitigen Behinderungen kommen kann. Nach einer Räumung muss ein schneller Informationsaustausch über noch vermisste Personen oder die vollständige Räumung von Gebäuden sichergestellt sein.

Die Inhalte der zu erstellenden Feuerwehrpläne müssen vorab mit der Feuerwehr abgestimmt werden, wobei die aktuellen Feuerwehrpläne der Feuerwehr in ausreichender Anzahl zur Verfügung gestellt werden müssen.

Hinzu kommt, dass die Inhalte der Feuerwehrlisten laufend aktualisiert werden müssen. Um der Feuerwehr im Schadensfall eine schnelle Information zu ermöglichen, sind die DIN-Sicherheitsdatenblätter bereitzuhalten. Als Ergänzung sollte das aktuelle, lagerort- und mengenbezogene Gefahrstoffverzeichnis (gemäß §16 Gefahrstoffverordnung) jederzeit zugänglich sein.

Die notwendigen Ansprechpartner müssen für die Feuerwehr im Brandfall kurzfristig ansprechbar sein. Daher ist vorbereitend abzustimmen, welche Angehörige der Hochschule im Brandfall benötigt werden und wie diese zu erreichen sind.⁸⁶

2.4. Brandschutzkonzept

2.4.1. Allgemein

Eine umfassende Betrachtung der Brandschutzkonzeption eines Gebäudes wird immer dann erforderlich, wenn von den baurechtlichen Anforderungen abgewichen werden soll oder es sich um ein Gebäude besonderer Art und Nutzung (z.B. Industriebauten, Sportstadien, Mehrzweckhallen, Hochschulen) handelt. Ein Brandschutzkonzept umfasst alle Maßnahmen, durch die die

⁸⁶ Hochschul-Informationssystem (Hrsg.) – Kurzinformation Bau und Technik: Brandschutz in Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen, Hannover (1998), S.11

Möglichkeit der Brandentstehung verhindert oder seine Auswirkungen auf ein möglichst geringes Maß begrenzt werden kann.⁸⁷

Der Begriff Brandschutzkonzept bedeutet, dass die Schutzziele des Brandschutzes (vgl. Abschnitt 2.4.2.) erreicht werden und dass die Wirksamkeit der getroffenen Brandschutzmaßnahmen nachgewiesen ist (vgl. Abbildung 10). Diese Nachweise können mittels technischer Regelwerke (Normen etc.), durch Experimente bei gesicherter Übertragbarkeit, mit Hilfe von ingenieurmäßigen Berechnungsmethoden (z.B. genormte Berechnungsverfahren, analytische Berechnungsverfahren, Brandsimulationsberechnungen) oder durch Risikoanalysen erbracht werden.⁸⁸

Ein Brandschutzkonzept muss auf den Einzelfall abgestimmt sein und wird durch sog. Fachplaner aufgestellt. Hierfür kommen beispielsweise Bauvorlageberechtigte, Brandschutzplaner oder Brandschutzfachplaner in Frage. Gemäß §68 (2) HBauO sind in der Hansestadt Hamburg die erforderlichen bautechnischen Nachweise durch staatlich anerkannte Prüfsachverständige für Bautechnik (§81 (9) HBauO) zu prüfen und zu bescheinigen. Im Baugenehmigungsverfahren nach §62 HBauO („Baugenehmigungsverfahren mit Konzentrationswirkung“) werden gemäß HBauO § 68 (4) die den Brandschutz betreffenden bautechnischen Nachweise sowie die Anforderungen an Rettungswege bauaufsichtlich geprüft (Untere Bauaufsichtsbehörde).

Ein Brandschutzkonzept sollte immer aus Planunterlagen und einem Erläuterungsbericht mit Textteil und gegebenenfalls tabellenförmiger Festlegung von Anforderungen bestehen. Die Dokumentation des Brandschutzkonzeptes sollte immer folgende Bestandteile beinhalten:⁸⁹

- Vorbemerkung, Einleitung
- Liegenschafts- und Gebäudeanalyse (z.B. Gebäudedaten wie Lage, Gebäudegeometrie und Nutzung; Arbeitsabläufe während der Nutzung; Umgebungsbedingungen)

⁸⁷ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (14.09.2009)

⁸⁸ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes, 3. Auflage, Berlin (2006), S. 9

⁸⁹ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes, 3. Auflage, Berlin (2006), S. 22 ff

- Baurechtliche Einordnung, Schutzziele, Brandgefahrermittlung und Risikobewertung
- Brandschutzmaßnahmen (vorbeugende und abwehrende Maßnahmen, Bauprodukte, Bauarten)

Ein Brandschutzkonzept stellt eine Entscheidungshilfe dar und legt fest, welche Maßnahmen mit welcher Priorität zu treffen sind. Es muss von Behörden, Bauherren, Betreibern und Versicherern akzeptiert werden können und sollte ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Vereinfacht ausgedrückt ist ein Brandschutzkonzept die Summe von aufeinander abgestimmten Maßnahmen, die realisiert werden müssen, um die zu erwartenden Brandschäden auf ein verantwortbares Maß zu reduzieren. „Erfolgreich ist ein Brandschutzkonzept erst dann, wenn es bei einem Brand oder in realitätsnahen Brandversuchen oder Simulationen gezeigt hat, dass es in der Brandverlaufskette einen wesentlichen Effekt zur Verknüpfung des Brandes bzw. zur Erreichung der gewünschten Schutzziele gezeigt hat.“⁹⁰

Das Brandschutzkonzept sollte somit möglichst Einzelmaßnahmen aus dem vorbeugenden baulichen, anlagentechnischen und betriebsorganisatorischen sowie abwehrenden Brandschutz beinhalten (vgl. Abschnitt 2.3.). Unter Berücksichtigung der Nutzung, des Brandrisikos und des zu erwartenden Schadensausmaßes werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.⁹¹

Die Wechselwirkung der einzelnen Komponenten aus vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen (vgl. Abschnitt 2.3.) und ihr Einfluss auf das Brandgeschehen, den Evakuierungsvorgang und die Feuerlöschaktionen müssen für die unterschiedlichsten denkbaren Brandszenarien abgeschätzt und im Brandschutzkonzept berücksichtigt werden.⁹²

⁹⁰ <http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutzkonzept> - (15.09.2009)

⁹¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutzkonzept> - (15.09.2009)

⁹² <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (14.09.2009)

2.4.2. Schutzziele

2.4.2.1. Definition

Die Schutzziele im Sinne des Brandschutzkonzeptes können aus den öffentlich rechtlichen Vorgaben sowie den Vorstellungen der Bauherren, Betreiber und Versicherer abgeleitet werden. Durch vorbeugende Brandschutzmaßnahmen (vgl. Abschnitt 2.3.1.) sollen Ziele des Personen-, Sach- und Umweltschutzes erreicht werden, wobei der Personenschutz immer die oberste Priorität genießt. Als wesentliche Ziele können genannt werden:⁹³

- Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch vorbeugen
- Personenschutz und Tierschutz
 - Schutz der Nutzer eines Gebäudes (einschließlich der Besucher)
 - Schutz der Feuerwehr während des Einsatzes
 - Schutz von Personen in der Umgebung
 - Schutz von Leben und Gesundheit von Tieren
- Sachschutz
 - Schutz des Gebäudes
 - Schutz der Gebäudeinhalte (z.B. kulturelles Erbe)
 - Schutz gegen Betriebsunterbrechungen und Nutzungseinschränkungen
 - Schutz benachbarter Objekte
- Umweltschutz
 - Schutz gegen Freisetzung gefährlicher Stoffe in die Umwelt
- Denkmalschutz
 - Erhalt der Bausubstanz und Struktur
 - Schutz der Gebäudeinhalte

Die Realisierung der oben aufgeführten Schutzziele ist im Wesentlichen in rechtlichen Vorschriften und Regelwerken (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Technische Regeln, Normen) konkretisiert. Zusätzlich können Schutzziele auch auf Anforderungen außerhalb dieser Rechtsvorschriften basieren. Hierzu können Erkenntnisse von Fachexperten aus aktuellen Brandereignissen sowie Anforderungen zum Schutz vorhandener Sachgüter zählen. Hierbei spricht man

⁹³ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.6

von „erfahrungsgeleiteten“ Anforderungen.⁹⁴ Des Weiteren können aufgrund der vorgesehenen Nutzung gegebenenfalls besondere Schutzziele (Denkmalschutz, Schutz der Gebäudeinhalte, Aufrechterhaltung des laufenden Betriebes, Vermeidung wirtschaftlicher Verluste etc.) in Betracht kommen, welche mit dem Bauherren festzulegen sind.⁹⁵ Die Einhaltung der gesetzlich geforderten Schutzziele und der besonderen Schutzziele sowie der in den Vorschriften geregelten brandschutztechnischen Anforderungen an ein Gebäude muss im Antrag zur Baugenehmigung mittels eines Brandschutzkonzeptes nachgewiesen werden. Detaillierte Erläuterungen zu den Anforderungen an den Brandschutz sind in Abschnitt 3 gegeben.

Zur Erreichung dieser Schutzziele sind im Rahmen einer Brandschutzkonzeption geeignete Maßnahmen vorzusehen. Hierbei wird, wie in Abschnitt 2.3. erläutert, grundsätzlich zwischen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen unterschieden. Als oberstes Schutzziel dient der Personenschutz, wobei nachfolgend die zwei Phasen des Personenschutzes (Selbstrettung und Fremdrettung) sowie schädigende Einflüsse (Temperatur, Sichtweite und Brandgaskonzentration), welche im Brandfall auf Personen einwirken, näher erläutert werden.

2.4.2.2. Die zwei Phasen des Personenschutzes

Wie bereits erläutert, dient der Personenschutz mit der Priorität der Selbst- und Fremdrettung als oberstes Schutzziel im Brandschutz. Diese beiden Phasen des Personenschutzes werden nachfolgend näher beschrieben. Aus ihnen resultieren unterschiedliche Anforderungen an die einzuhaltenden Schutzzielparameter, wie Temperatur, Sichtweite und Brandgaskonzentration.

Erste Phase – Die Selbstrettung

Kommt es zu einer Brandentdeckung, beginnt auch die Phase der Selbstrettung. Dabei sich im vom Brand befallenen Gebäude befindliche Personen versuchen sich selbstständig, beispielsweise durch das Folgen der gekennzeichneten Rettungswege, in Sicherheit zu bringen. Der Brand ist in dieser

⁹⁴ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.6

⁹⁵ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes, 3. Auflage, Berlin (2006), S. 12

Phase oft noch nicht sehr weit entwickelt, so dass die Rettungswege nur sehr gering beeinträchtigt werden.⁹⁶

Zweite Phase – Die Fremdrettung

Sobald die Feuerwehr am Ort der Brandentstehung eintrifft (nach etwa 10 Minuten), beginnt die Phase der Fremdrettung (nach etwa 13 Minuten) und des Löschangriffs. Dies liegt daran, dass sich durch die verstrichene Zeit zwischen Alarmierung und Fremdrettung der Brand ausbreiten kann. Hinzu kommt eine eventuelle Verrauchung der Rettungswege, so dass die nicht mehr begehbar sind und alternative Rettungswege (Gerätschaften der Feuerwehr) genutzt werden müssen.⁹⁷

2.4.2.3. Schutzzielparameter

Die einzuhaltenden Schutzzielparameter wie beispielsweise Temperatur, Sichtweite und Brandgaskonzentration unterliegen unterschiedlichen Anforderungen. Eine ungeschützte Person kann diesen schädigenden Einflüssen im Brandfall nur kurzzeitig standhalten. Ein Feuerwehrmann hingegen ist aufgrund seiner Schutzkleidung länger in der Lage diese Umgebungsbedingungen auszuhalten. Es gibt aber auch Grenzwerte, deren Überschreitung einen wirksamen Löschangriff bzw. ein schnelles Auffinden vermisster Personen erschweren oder sogar unmöglich machen.⁹⁸ Der Autor dieser Arbeit beschränkt sich in diesem Abschnitt der Schutzzielparameter auf nähere Erläuterungen zu Brandgaskonzentrationen in Bezug auf Personengefährdung, Temperatureinwirkungen auf den Menschen im Brandfall sowie Rauchentwicklung und Sichtweiten im Brandfall.

Brandgaskonzentration in Bezug auf Personengefährdung

Die narkotisierende bzw. erstickende Wirkung der bei einem Brand entstehenden Gase stellt eine bedrohliche Gefahr für den Menschen dar. Die toxische Wirkung dieser Gase äußert sich dabei in einer Unterversorgung des Gewebes (insbesondere der Gehirnzellen) mit Sauerstoff. Dies kann innerhalb kürzester Zeit zur Bewusstlosigkeit und in der Folge auch zum Tode führen.

⁹⁶ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

⁹⁷ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

⁹⁸ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

Der erste an dieser Stelle zu nennende und für den Brandschutz relevante Brandschutzparameter ist das in der Atemluft am zweithäufigsten (nach Stickstoff) vertretene chemische Element **Sauerstoff**. Bei Normalbedingungen ist es farb- und geruchlos und tritt in der Regel als O₂-Molekül auf.⁹⁹

Nachfolgende Tabelle stellt die Wirkung von Sauerstoff auf den Menschen dar.

Tab. 4: Wirkung von Sauerstoff auf den Menschen, [T3]

O ₂ -Konzentration in [Vol.-%]	Symptome
21 %	natürliche Konzentration in der Luft
> 15 %	für begrenzte Zeit verträglich
> 10 %	Sehstörungen, nachlassende Konzentration, Kreislaufversagen
> 6 bis 8 %	kann ohne Vorwarnung zur Bewusstlosigkeit führen
< 6 bis 8 %	führt nach wenigen Minuten zum Tod durch Ersticken

Auch die Konzentration von **Kohlenstoffdioxid** ist im Brandfall von großer Bedeutung für den Menschen. Kohlenstoffdioxid ist ein farbloses, nicht brennbares, geruchloses Gas mit der chemischen Formel CO₂. Als Bestandteil der Atemluft weist es eine geringe toxische Gefährdung auf. In höheren Konzentrationen, wie z.B. im Brandfall, wirkt es allerdings als Narkotikum und Herzgift.¹⁰⁰

Die Wirkung von Kohlenstoffdioxid ist in nachfolgender Tabelle 5 auf Seite 55 dargestellt.

Tab. 5: Wirkung von Kohlenstoffdioxid auf den Menschen, [T4]

CO ₂ -Konzentration in [Vol.-%]	Symptome
0,038 %	derzeitige Konzentration in der Luft
0,15 %	hygienischer Innenraumluftrichtwert für frische Luft
0,30 %	<i>MIK-Wert</i> ¹⁰¹ , unterhalb dessen keine Gesundheitsbedenken bei dauerhafter Einwirkung bestehen

⁹⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Sauerstoff> - (15.09.2009)

¹⁰⁰ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

¹⁰¹ Maximale Immissionskonzentration (MIK-Wert): Von der VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“ festgelegter Wert für eine bestimmte Luftverunreinigung, bei der nach dem aktuellen Stand des Wissen keine Schäden bei Menschen, Tieren und Pflanzen auftreten

Fortsetzung Tabelle 5

CO ₂ -Konzentration in [Vol.-%]	Symptome
0,50 %	MAK-Grenzwert ¹⁰² für tägliche Exposition von acht Stunden pro Tag
1,50 %	Zunahme des Atemzeitvolumens um mehr als 40 %
4,00 %	Atemluft beim Ausatmen
5,00 %	Auftreten von Kopfschmerzen, Schwindel und Bewusstlosigkeit
8,00 %	Bewusstlosigkeit, Krämpfe, Eintreten des Todes nach 30

Des Weiteren ist an dieser Stelle die **Kohlenstoffmonoxid**-Konzentration zu nennen. Kohlenstoffmonoxid ist ein farbloses, geruchloses, sehr giftiges und brennbares Gas mit der chemischen Formel CO. Kohlenstoffmonoxid entsteht bei der unvollständigen Oxidation (Verbrennung) kohlenstoffhaltigen Substanzen (organischen Stoffen). und ist ein gefährliches Atemgift. Wenn es z.B. über die Lunge in den Blutkreislauf gelangt ist, koordiniert es an das zentrale Eisenatom des Hämoglobins (roter Blutfarbstoff) behindert so den Sauerstofftransport im Blut. Dies kann zum Tod durch Ersticken führen.

Tab. 6: Wirkung von Kohlenstoffmonoxid auf den Menschen, [T5]

CO-Konzentration in [Vol.-%]	Symptome
0,003 %	MAK-Wert für acht-stündige Arbeit
0,02 %	leichte Kopfschmerzen in 2 bis 3 Stunden
0,04 %	Kopfschmerzen im Stirnbereich in 1 bis 2 Stunden breiten sich in 2,3 bis 3,5 Stunden im ganzen Kopf aus
0,08 %	Schwindel, Übelkeit + Gliederzucken in 45 Minuten, Bewusstlosigkeit in 2 Stunden
0,16 %	Schwindel, Übelkeit + Kopfschmerzen in 20 Minuten, Tod in 2 Stunden
0,32 %	Schwindel, Übelkeit + Kopfschmerzen in 5 bis 10 Minuten, Tos in 30 Minuten
0,64 %	Schwindel + Kopfschmerzen in 1 bis 2 Stunden, Tod in 10 bis 15 Minuten
1,28 %	Tod in 1 bis 3 Minuten

¹⁰² Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) gibt die maximal zulässige Konzentration eines Stoffes in der Atemluft am Arbeitsplatz an, bei der kein Gesundheitsschaden zu erwarten ist

Temperatureinwirkung auf den Menschen im Brandfall

Neben den toxischen Eigenschaften der Brandgase stellt auch die Wärmeinwirkung eine wichtige Schutzzielgröße dar. Dabei können vor allem Hitzeschock, Hautverbrennungen und Verbrennungen des Atmungsapparats zur Handlungsunfähigkeit, körperlichen Schäden und sogar zum Tode führen.

Unter dem Begriff Wärmestrahlung bzw. Temperaturstrahlung versteht man eine elektromagnetische Strahlung, welche thermische Energie von einem Ort zu einem anderen transportiert. Mit zunehmender Temperatur eines Körpers steigt auch die Intensität der Wärmestrahlung drastisch an und das Emissionsmaximum¹⁰³ verschiebt sich zu kürzeren Wellenlängen. Einen starken Einfluss auf die abgestrahlte Intensität hat hierbei die Oberflächenbeschaffenheit des jeweiligen Körpers. Beim Auftreffen von Wärmestrahlung auf einen Körper kann die Strahlung teilweise durchgelassen, teilweise reflektiert und teilweise absorbiert werden.¹⁰⁴ „Zum Schutz von Personen und zur Verhinderung der Entflammung oder Ausgasung von Baustoffen (z.B. Bodenbelägen) sollte die Wärmestrahlung 2,5 kW/m² nicht überschreiten. Für den Löschangriff der Feuerwehr sind auch Werte bis zu 10,0 kW/m² noch tolerierbar.“¹⁰⁵

Die Wirkung einer erhöhten Wärmestrahlung auf den menschlichen Körper ist von vielen Faktoren abhängig, insbesondere von der Luftfeuchte der Umgebungsluft. Diese beeinflusst die Effektivität der körpereigenen Kühlung enorm. Lufttemperaturen von bis zu 50 °C, auch bei einer sehr hohen Luftfeuchtigkeit, stellen noch keine gefährliche Bedrohung für den Menschen dar. Liegen die Temperaturen darüber, so kann der Körper keine ausreichende Kühlwirkung mehr zur Verfügung stellen, wenn die Luftfeuchtigkeit zu hoch ist und er nicht ausreichen durch Schutzkleidung geschützt ist. Erhitzt sich die Körperkerntemperatur auf etwa 45 °C, so ist der Tod die Folge.¹⁰⁶

Starke Hitzeeinwirkung kann aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Haut zu starken Verbrennungen führen. Das liegt daran, dass bei starken Tem-

¹⁰³ Als Emission bezeichnet man die Aussendung von Energie und Materie in Form von Wellen oder Teilchen

¹⁰⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmestrahlung> – (15.09.2009)

¹⁰⁵ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

¹⁰⁶ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

peratureinwirkungen auf einen Hautbereich die Wärme sich nicht schnell genug verteilen kann. Bei Temperaturen von 50 bis 60 °C kommt es dann zu einer Gewebeschädigung der Haut. Je nach Dauer und Intensität der Wärmeeinwirkung kommt es zu reversiblen oder zu bleibenden Schäden.¹⁰⁷

Beim Tragen einer speziellen Schutzkleidung (z.B. Feuerwehrleute) kann der Körper wesentlich höheren Temperaturen standhalten. Auch hier sollten jedoch Temperaturen von 100 °C nicht überschritten werden.

Rauchentwicklung und Sichtweite im Brandfall

Wie bereits in Abschnitt 2.1.7. erläutert, ist auch die Rauchentwicklung von entscheidender Bedeutung für den Brandschutz. Abbildung 7 zeigt wie viel m³ Rauch bei der Verbrennung unterschiedlicher Materialien anfällt. Aus etwa 10 kg Papier oder Pappe werden etwa 8000 bis 10000 m³ Rauchgas freigesetzt. Ein Papierbrand füllt also beispielsweise einen Büroraum schnell mit Rauch aus.

Der Rauch stellt in einem Brandfall für die Menschen im Gebäude und für die Feuerwehr das größte Problem dar. Neben den entstehenden toxischen Brandgasen und der enormen Hitzeeinwirkung kommt nun erschwerend die eingeschränkte Sichtweite hinzu. Innerhalb von weniger als drei Minuten sinkt durch den entstehenden Brandrauch die Sichtweite meist so weit ab, dass betroffene Personen die Orientierung verlieren und sich nicht mehr in Sicherheit bringen können. Hierbei ist in erster Linie das Auffinden der Rettungswege bzw. der Notausgänge von elementarer Bedeutung für die sichere Evakuierung.¹⁰⁸

Dabei ist die Sichtweite von verschiedenen Einflussfaktoren, wie z.B. der Eigenschaft und Dichte der Rauchpartikel, der Ausleuchtung des Raumes, der Eigenschaften der wahrnehmbaren Objekte, des Blickwinkels, der individuellen Personeneigenschaften und der Augenreizung durch Brandgase abhängig.¹⁰⁹

Somit müssen für die Selbstrettungsphase höhere Grenzwerte zugrunde gelegt werden, während für den Löschangriff auch geringere Werte noch tolerierbar sind. Als Grenzwert für die Selbstrettung ist für die Sichtweite die Länge der

¹⁰⁷ <http://www.medizininfo.de/hautundhaar/sonne/verbrennungen.htm> - (15.09.2009)

¹⁰⁸ <http://www.feuer-und-rauch.de/gefahr.html> - (15.09.2009)

¹⁰⁹ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

Rettungswege anzugeben, während für den Löschangriff der Feuerwehr die Sichtweite stark von der Gebäudegeometrie abhängt. Häufig angegebene Grenzwerte für die Sichtweite liegen zwischen 10 und 20 Metern.¹¹⁰

Um der Feuerwehr die Personenrettung zu ermöglichen, stehen ihnen spezielle Wärmebildkameras zur Verfügung. Diese optischen Geräte helfen mittels Infrarottechnik sowohl bei der Personenrettung als auch bei der Orientierung in verrauchten Räumen.¹¹¹

Neben der ausreichenden Sichtweite ist hier auch das Prinzip der „raucharmen Schicht“ zu nennen. Unter der „raucharmen Schicht“ wird der Abstand zwischen Fußboden und Unterseite der Rauchgasschicht verstanden. Sie dient als Grundlage zur Berechnung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und ermöglicht Personen die Flucht aus dem brennenden Gebäude, die Eigen- und Fremdreueung sowie Feuerwehr und Rettungskräften ein schnelles Auffinden des Brandherdes und damit eine zügige Brandbekämpfung. Für die Höhe der „raucharmen Schicht“ ist eine Mindesthöhe von 2,50 Metern erforderlich.¹¹²

Neben der Mindesthöhe von 2,50 Metern verfolgen andere Quellen andere Ansätze für die Höhe der raucharmen Schicht. Neben dem gezielten Einbringen von Zuluft (z.B. Lüftungsanlagen) und vorhandenen Öffnungen (z.B. Rauchabzug) kann auch die Feuerwehr die Entrauchung eines Gebäudes durch das Schaffen entsprechender Öffnungen positiv beeinflussen. So darf beispielsweise der Brandschutzplaner beim Erstellen eines Entrauchungskonzeptes sog. Hochdrucklüfter berücksichtigen und nach Abstimmung mit der örtlichen Brandschutzdienststelle eine derartige Ausrüstung gegebenenfalls mit anrechnen. Daher stellt sich die Frage, ob auch geringere Ansätze für die Höhe der „raucharmen Schicht“ ausreichend sind.¹¹³

Das Prinzip der „raucharmen Schicht“ ist in Abbildung 11 dargestellt.

¹¹⁰ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

¹¹¹ <http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/2005k/waermebildkamera.shtml> - (15.09.2009)

¹¹² http://de.wikipedia.org/wiki/Raucharme_Schicht - (15.09.2009)

¹¹³ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (15.09.2009)

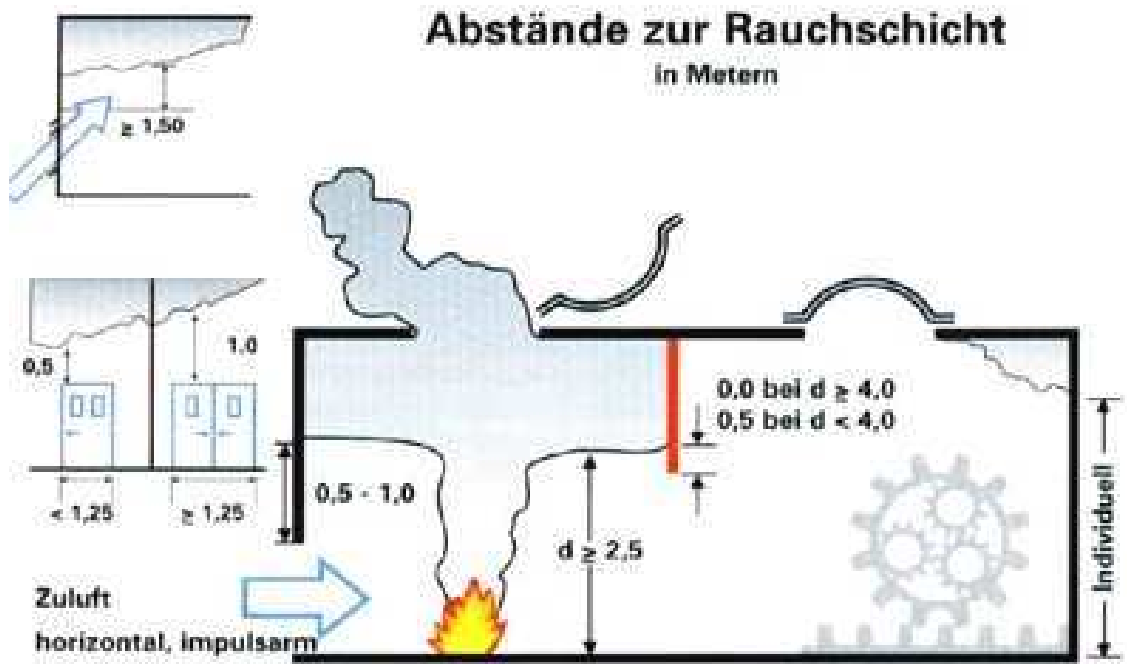


Abb. 11: Prinzip der „raucharmen Schicht“, [A8]

3. Anforderungen/ Gesetzliche Grundlagen

Die vorliegende Grundlagenermittlung konzentriert sich auf den vorbeugenden Brandschutz und differenziert zwischen baulichen, anlagentechnischen und betriebsorganisatorischen Brandschutz. Neben einer ausführlichen Darstellung der geschichtlichen Entwicklung der Brandschutzgesetzgebung, werden in den folgenden Abschnitten die Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken sowie die Anforderungen außerhalb rechtlicher Vorschriften und Regelwerken für den vorbeugenden Brandschutz betrachtet.

3.1. Geschichtliche Entwicklung der Brandschutzgesetzgebung

Vorzeit

Die Nutzung des Feuers ist wissenschaftlich mindestens für eine Zeit von etwa 300.000 Jahren nachgewiesen. Überreste von verbrannten Samen, Holz und Feuerstein an einer Fundstelle aus dem Jahre 2004 deutet aber darauf hin, dass Feuer bereits vor 790.000 Jahren zu Zeiten des Homo erectus genutzt wurde. Zunächst lernte der Mensch Wildfeuer zu zähmen, bis er dann schließlich die Fertigkeit erlangte, es selber zu entfachen und zu bewahren. Diese Fertigkeit stellt eine wichtige Stufe in der Entstehung des heutigen Menschen dar und wird etwa 35.000 Jahre alt geschätzt.¹¹⁴

Zunächst waren die Menschen dem Feuer hilflos ausgeliefert und Brandschutz noch kein Thema. Die ersten Überlieferungen in Bezug auf den Brandschutz gehen aus der Zeit des alten Ägypten hervor. Schon früh wurde also die Wichtigkeit vorbeugender Maßnahmen zum Schutz vor Feuer erkannt und bereits in der Antike gesetzlich geregelt. Die älteste wissenschaftlich bekannte „Feuerpolizeiordnung“ findet man in der Zeit des 18. Jahrhunderts v. Chr. im Codex Hammurabi. Er beinhaltet Verordnungen, welche die Bauweise der Häuser vorschreiben, womit ein Großbrand vermieden werden sollte. Eine der ältesten Darstellungen der Feuerbekämpfung lässt sich auf einem Relief finden, welches einen assyrischen Krieger zeigt, der bei einem Angriff auf die palästinensische Stadt Lachis 700 v.Chr. seinen in Brand geratenen Kampfwagen mit einer Schöpfkelle versucht zu löschen. Somit dürfte der früheste

¹¹⁴ http://de.wikipedia.org/wiki/Feuer#Die_pr.C3.A4historische_Z.C3.A4hmung_des_Feuers - (17.09.2009)

organisierte Brandschutz militärischen Ursprungs gewesen sein. Bei Feldzügen wurden wahrscheinlich bestimmte Abteilungen des Heeres zur Bekämpfung von Bränden eingesetzt.¹¹⁵

Römerzeit

Die Römer kannten bereits eine zentrale Feuerschutzordnung. Diese erstreckte sich nicht nur auf Rom, sondern auch auf die römischen Provinzstädte und Militärlager. Die damaligen römischen Häuser bestanden überwiegend aus Lehm und Holz und die Dächer waren mit Stroh bedeckt. Daher war die Gefahr einer Brandentstehung und -ausbreitung enorm groß, sodass es auch immer wieder zu Großbränden kam.

Die ersten nützlichen Löschgeräte (zwei römische Kolbenpumpen) wurden in der Nähe von Metz gefunden. Die eine war aus Bronze und die andere hatte Bleizylinder und Holzfassungen. Erfinder dieser Druckpumpe war der Arzt und Physiker Ktesibius (250 v.Chr.). Ein weiterer Fortschritt in der antiken Feuerlöschtechnik war die Erfindung des Heronsballs durch den Mathematiker und Physiker Heron (120 v.Chr.) aus Alexandrien. Die Erfindung ermöglichte die Erzeugung eines kontinuierlichen Wasserstrahls (Feuerspritze).¹¹⁶

Vor der Zeit des Kaisers Augustus war die gesamte Bevölkerung zur Brandbekämpfung verpflichtet. Unter Kaiser Augustus (31 v.Chr. bis 14 n.Chr.) wurde dann etwa 21 v.Chr. das allgemeine Bürgeraufgebot durch eine nächtliche Brandwache aus 600 Sklaven ersetzt. Eine große Feuerbrunst in Rom (6 n.Chr.) veranlasste Kaiser Augustus anstelle der Sklavenfeuerwehr sieben Wachkohorten (cohortes vigilum) von je 1000 bis 1200 Freigelassenen zu gründen.¹¹⁷

Über die Ausrüstung dieser Formation ist man durch die Ausgrabung einer Kaserne der „cohortes vigilum“ informiert. Es wurden Wassersäcke (siphones), Löschbesen zum Wassersprühen, Leitern, Körbe, Eimer, Schwämme, Feuerhaken und Decken gefunden. Diese Branddecken, Brandplanen oder Brandsiegel die in Wasser getränkt waren, dienten zur Abdeckung der Dächer ge-

¹¹⁵ <http://www.ffw-forchheim.de/loeschwe.htm> - (17.09.2009)

¹¹⁶ <http://www.ffw-forchheim.de/loeschwe.htm> - (17.09.2009)

¹¹⁷ <http://www.ff-goellersdorf.at/chronik/002vorgeschichte.htm> - (17.09.2009)

fährdeter Nachbarhäuser, um ein Übergreifen des Brandes zu verhindern. Diese Methode wurde auch später im Mittelalter angewandt.

Nach dem großen neronischen Brand (64 n.Chr.) wurden Bauvorschriften erlassen, um die Gefahr des Feuers zu mindern. Die Straßen wurden somit breiter, es wurden mehr Plätze angelegt und die Stockwerkzahl der Gebäude wurde begrenzt.¹¹⁸

Mit dem Beginn der Völkerwanderung und dem Niedergang des römischen Reichs endet das organisierte Feuerwehrwesen, so wie es ganz Europa die nächsten etwa 1300 Jahre nicht mehr gekannt hat. Erst in den neu erblühenden Städten des Mittelalters gab es erste Ansätze zur mittelalterlichen Entwicklung des Feuerwehrwesens.¹¹⁹

Mittelalter

Die anfangs katastrophale und planlose Bauweise des Mittelalters wirkte allen feuerwehrpolizeilichen Vorstellungen entgegen. So herrschte in den Städten eine enorme Enge und die Häuser wurden überwiegend aus Holz errichtet und mit Stroh gedeckt. Zudem galt das Feuer als eine Strafe Gottes, in die nicht eingegriffen werden durfte. Eigentlicher Brandschutz galt vielfach als Gotteslästerung. Trotzdem sind die frühesten mittelalterlichen Feuerordnungen aus den Jahren 1086 (Meran/Tirol) und 1189 (London) überliefert. In der Zeit vom 12. bis 14. Jahrhundert kam es zu furchterlichen Bränden, denen oft ganze Städte zum Opfer vielen. Im 13. bis 14. Jahrhundert wurden dann auch die ersten Feuerlöschverordnungen in Deutschland erlassen. Darin wurde beispielsweise geregelt, dass Wein- und Wasserträger im Brandfall sofort mit ihren Eimern zur Brandstelle eilen müssen. Auch wurde verordnet, dass abends ab einer bestimmten Zeit alle Feuer ausgemacht werden müssen. Um 1300 wurden dann auch die ersten Feuerwächter auf deutschen Kirchtürmen eingesetzt.

Die Feuerspritze von Heron war zu der Zeit des Mittelalters nicht mehr bekannt, sodass zunächst eine einfache, mit Eimern zu versorgende Wasserspritze im 14. Jahrhundert erfunden wurde. Die eigentliche Feuerspritze von Heron wurde erst im 16. Jahrhundert zum zweiten Mal erfunden. Im 17. Jahrhundert kam es

¹¹⁸ <http://www.ffw-forchheim.de/loeschwe.htm> - (17.09.2009)

¹¹⁹ <http://www.ff-goellersdorf.at/chronik/002vorgeschichte.htm> - (17.09.2009)

dann zur Erfindung des Schlauchs, welcher sich im Laufe der Zeit immer weiter entwickelte (Hanfschlauch mit Gummieinlage). Mitte des 19. Jahrhunderts bekamen die Feuerspritzen dann ein Saugwerk, mit dem sie das Wasser selbstständig über Rohre oder Schläuche ansaugten.¹²⁰

Neuzeit

„Heutige Brandexperten gehen davon aus, dass die Ursache der antiken und mittelalterlichen Großbrände fast ausschließlich in baulichen Mängeln, leichtfertigem Umgang mit dem Feuer, Mangel an technischen Löschgeräten und Unkenntnis der wahren Zusammenhänge des Verbrennungsvorgangs zu suchen sind.“¹²¹

Im Jahre 1718 errichtete König Friedrich Wilhelm I. von Preußen die erste landesrechtliche Feuersozietät in Berlin. Ihrem Beispiel schließen sich während des 18. Jahrhunderts weitere öffentlich-rechtliche Brandversicherungsanstalten in allen deutschen Städten an, wobei deren Ausbreitung von Norden nach Süden erfolgte.¹²²

Noch im 18. und 19. Jahrhundert wurde der Feuerwehrdienst den Handwerkszünften (Maurern, Zimmerleuten etc.) übertragen. Die Ausstattungen und Einsatzmöglichkeiten dieser „Pflichtfeuerwehren“ waren sehr begrenzt. So kam es im Jahre 1842 zu einer verheerenden Brandkatastrophe in Hamburg, bei der etwa 50 Menschen ums Leben kamen und mehr als 1700 Häuser zerstört wurden.

Am 17. Juli 1841 wurde dann die erste freiwillige Feuerwehr in Meißen gegründet. Der Begriff Feuerwehr tauchte erstmals 1847 in Baden auf und breitete sich von dort schnell aus. 1851 entstand dann sogar die erste Berufsfeuerwehr in Berlin. Nach und nach kam es nun zu einer Vielzahl von Gründungen freiwilliger Feuerwehren und Berufsfeuerwehren, sodass mit der Zeit ein flächendeckendes Feuerwehrnetz aufgebaut wurde.¹²³

Mitte des 19. Jahrhunderts wurde das Baurecht Bestandteil der Polizeigesetzgebung. Die erste Berliner Bauordnung von 1853 regelt materielle Anfor-

¹²⁰ http://www.gis-plan.de/historisches/brandschutz_europa.html - (17.09.2009)

¹²¹ <http://rauch-wolfgang.de/freiwillige-feuerwehr-lichtenfels/contents/feuerloeschwesen.pdf> - (17.09.2009)

¹²² <http://www.versicherungs-geschichte.de/en/historisches-ab-1750-vchr.html> - (17.09.2009)

¹²³ <http://www.feuerwehr-pflugdorf-stadl.be/downloads/chronik/chronik.pdf> - (17.09.2009)

derungen hinsichtlich der Bebauung von Grundstücken und der Einrichtung von Gebäuden.

Im Jahre 1919, kurz vor der Einführung der ersten Einheitsbauordnung (EBO), gab es in Preußen über 300 verschiedene Baupolizeiverordnungen. Dabei gingen deren Anforderungen an den baulichen Brandschutz teilweise weit über die heutigen Anforderungen hinaus.

Die zunehmende Industrialisierung brachte die Forderung hervor, eine Vereinheitlichung der Dimensionierung von industriell hergestellten Produkten und Verfahren vorzunehmen. Für brandschutztechnische Bauprodukte brachte die erste Fassung der DIN 4102 im August 1934 eine solche Vereinheitlichung mit sich. Nach dem zweiten Weltkrieg musste das Baurecht umfassend geändert werden. Von der Arbeitsgemeinschaft der Minister der Länder (ARGEBAU) wurde 1955 die Musterbauordnungs-Kommission mit dem Ziel gegründet, eine Musterbauordnung (MBO) als gemeinsame Grundlage für die gesetzlichen Regelungen der Bauordnungen in den Ländern zu schaffen. Eine erste Fassung wurde im Jahre 1959 vorgelegt. Einige Jahre später erließen die Länder auf Grundlage der Musterbauordnung (MBO) neue Bauordnungen, sodass es ab 1962 zur Entwicklung der unterschiedlichen Landesbauordnungen kam. In den Jahren 1993 bis 1996 sind in allen Bundesländern die Bauordnungen umfassend geändert worden, um auf Ebene der Europäischen Union (EU-Harmonisierung) erlassene Bauprodukttrichtlinien umzusetzen und ein beschleunigtes Baugenehmigungsverfahren zu ermöglichen.¹²⁴

3.2. Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken

Brandschutzanforderungen sind Landesangelegenheiten und werden in Bauordnungen geregelt. Sie enthalten die wesentlichen Grundlagen für den baulichen und teilweise für den anlagentechnischen Brandschutz. In Form von entsprechender Verordnungen, Technischen Richtlinien und Baubestimmungen werden diese weiter konkretisiert. Beziehen sich Bestimmungen auf bauliche, anlagentechnische bzw. betriebsorganisatorische Fragen des Brandschutzes, so sind neben dem Bauordnungsrecht weitere Rechtsvorschriften aus dem Sicherheitsrecht zu berücksichtigen. Hier sind die Arbeitsstättenverordnung

¹²⁴ <http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf> - (17.09.2009)

(ArbStättV) aus dem Arbeitsschutzrecht und die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) zu nennen. Hinzu kommt aus dem Anlagen- und Gerätesicherheitsrecht die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF), deren Bestimmungen zum 1. Januar 2003 überwiegend aufgehoben worden sind und durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ersetzt wurden. Die zugehörigen Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) sind seit Mai 2002 komplett überarbeitet und gelten weiter. Des Weiteren sind dem Regelwerk der Berufsgenossenschaften zur Unfallverhütung Anforderungen an den Brandschutz zu entnehmen. Im Haushaltsrecht des Bundes und der Länder sind Regelungen zum bauordnungsrechtlichen Verfahren bei Bundes- und Landesbauten enthalten. Außerdem enthalten sie Regelungen zur Überprüfung und Instandhaltung brandschutztechnischer Einrichtungen. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass das Feuerschutz- und Hilfeleistungsrecht der Länder neben Aufgaben und Zuständigkeiten für den abwehrenden Brandschutz auch Aufgaben der Brandschutzdienststellen für den vorbeugenden Brandschutz beinhaltet. Auf das Feuer- und Hilfeleistungsrecht sowie auf Anforderungen außerhalb rechtlicher Vorschriften und Regelwerke wird der Verfasser dieser Thesis im Folgenden nicht weiter eingehen.¹²⁵

Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken	
Bauordnungsrecht Musterbauordnung (MBO) Landesbauordnungen (LBauO) Sonderbauverordnungen Sonderbau Richtlinien Musterleitungsanlagenrichtlinie (MLAR) Musterlüftungsanlagenrichtlinie (MLüAR) Technische Baubestimmungen (z.B. DIN-Normen) VDE Vorschriften etc.	Unfallverhütungsrecht Berufsgenossenschaftliche Regelwerke Insbesondere: BGV A1 / GUV 0.1 – Allgemeine Vorschriften BGR 120 / GUV 16.17 – Richtlinien für Laboratorien etc.
	Haushaltsrecht RB-Bau – Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes RL-Bau – Richtlinie zur Durchführung für Bauaufgaben des Landes etc.
Anlagen- und Gerätesicherheitsrecht BetrSichV (VbF, TRbF) etc.	Arbeitsschutzrecht ArbStättV, ASR GefStoffV etc.

Abb. 12: Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken, verändert nach [A7]

¹²⁵ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.7/8

Nachfolgend werden nun wesentliche Bestimmungen aus den einzelnen Rechtsgebieten sowie die Klassifizierung der Anforderungen nach DIN 4102 und nach DIN EN 13501 vorgestellt.

3.2.1. Bauordnungsrecht

3.2.1.1. Zielsetzung des Bauordnungsrechts

Wie bereits in der vorliegenden Grundlagenermittlung erwähnt, stellt ein Brand eine Gefahr für den Menschen nicht nur unmittelbar durch das Feuer, sondern auch zusätzlich durch Hitze, Brandgaskonzentration und Beeinträchtigung der Standsicherheit von Bauwerken dar. Aus diesem Grund ist der Brandschutz für das Bauordnungsrecht von entscheidender Bedeutung. Im Bauordnungsrecht werden nicht nur globale Schutzziele formuliert werden, sondern auch konkrete materielle Anforderungen in der Verordnung selbst festgeschrieben. Beispielsweise besagt §28 (2) der Hamburgischen Bauordnung (HBauO) bzw. §30 (2) der Musterbauordnung (MBO), dass Brandwände als innere Brandwände zur Unterteilung ausgedehnter Gebäude in Abständen von nicht mehr als 40 m auszuführen sind.

Dem Gegenüber steht jedoch die durch den Gesetzgeber vorgesehene Möglichkeit der Abweichung bzw. Befreiung (vgl. §69 HBauO bzw. §67 MBO). Der zwingende Charakter einer materiellen Anforderung wird somit bereits im Verordnungstext durch Zusätze wie z.B. „*soll erfüllt werden*“ abgeschwächt. Abweichungen sind von der Bauaufsichtsbehörde zu prüfen und zu genehmigen. Bei verfahrensfreien Bauvorhaben entscheidet die Gemeinde.

Somit lässt sich festhalten, dass sich bei der Novellierung der Landesbauordnungen zunehmend eine moderne Sichtweise bei der Formulierung bauordnungsrechtlicher Anforderungen durchsetzt. Im Mittelpunkt steht nicht mehr die konkrete Ausführung materieller Anforderungen, sondern die Erfüllung der dahinter stehenden Schutzziele. Mit dem Begriff Abweichung wird klargestellt, dass die materiellen Anforderungen hinsichtlich der Ausführung lediglich Standardlösungen darstellen. Diese können nach erfolgreicher Genehmigung bzw. Anerkennung durch die Bauaufsichtsbehörde durch gleichwertige Alternativen ersetzt werden.¹²⁶

¹²⁶ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.8/9

3.2.1.2. Konkretisierung des Bauordnungsrechts

Die Anforderungen der Landesbauordnungen erfahren durch weitere bauaufsichtlich eingeführte Normen, Verordnungen und Richtlinien sowie spezielle Durchführungsverordnungen, welche in einigen Ländern bereits in die Bauordnung integriert wurden, eine wesentliche Konkretisierung. Dieses führt jedoch auch dazu, dass die Brandschutzvorschriften in den einzelnen Ländern zum Teil voneinander abweichen. Andererseits werden in Zusammenarbeit von Bund und Ländern Musterentwürfe mit dem Ziel einer Vereinheitlichung der Brandschutzvorschriften erstellt. Ist in einem Land eine Mustervorschrift (z.B. MLAR, MLüAR, MSchulR etc.) nicht per Erlass eingeführt, so kann der Musterentwurf oder die Rechtsgrundlage eines anderen Bundeslandes bei der Beurteilung als Entscheidungs- oder Orientierungshilfe herangezogen werden. Die Musterleitungsanlagenrichtlinie (MLAR) und die Musterlüftungsanlagenrichtlinie (MLüAR) widmet sich beispielsweise dem speziellen Bereich der technischen Installationsleitungen und Lüftungsanlagen im Gebäude, welcher durch immer umfangreicher werdende technische Strukturen in einem Gebäude immer mehr an Bedeutung gewinnt und spezifische brandschutztechnische Maßnahmen erfordert. So werden auch die Anforderungen an den Brandschutz von allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen, welche gemäß §2 (4) HBauO und MBO als Sonderbauten gelten und somit gemäß §51 der HBauO und MBO besonderen Anforderungen unterliegen, in der Musterschulrichtlinie (MSchulR) konkretisiert.^{127,128}

3.2.1.3. Spezielle Regelungen des Bauordnungsrechts

Bauten besonderer Art und Nutzung

Insbesondere die Anforderungen an Bauten besonderer Art und Nutzung, sog. Sonderbauten, können in ihrer Anwendung stark variieren. Die Arten von Sonderbauten werden in §2 (4) MBO und HBauO definiert. Nach §51 MBO und HBauO können an Sonderbauten „zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach §3 Abs. 1 besondere Anforderungen gestellt werden.“ Der Paragraph regelt, dass auch für Sonderbauten Ausnahmen und Befreiungen

¹²⁷ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.9

¹²⁸ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (18.09.2009)

gewährt werden können. Für einige Bauten besonderer Art und Nutzung wurden die Bauordnungen der Länder durch Sonderbauverordnungen und Sonderbaurichtlinien ergänzt. So wird die Musterbauordnung für allgemeinbildende und berufsbildende Schulen durch die Musterschulrichtlinie (MSchulR) ergänzt. Für Bauten in Hochschulen hingegen kommen insbesondere die Versammlungsstättenverordnung (VStättVO) bzw. –richtlinie, die Hochhausverordnung bzw. –richtlinie sowie die Krankenhausbauverordnung bzw. Krankenhausrichtlinie in Betracht. Ein Hochschulgebäude stellt immer ein Gebäude besonderer Art und Nutzung dar, sodass besondere Anforderungen gestellt werden und Erleichterungen bzw. Abweichungen gewährt werden können.¹²⁹

Bauprodukte

Für die Entstehung und Ausbreitung eines Brandes können im Wesentlichen brennbare Stoffe verantwortlich sein. Unter Berücksichtigung des spezifischen Brandverhaltens, schränkt das Bauordnungsrecht daher die Verwendung von Baustoffen und Bauteilen ein. Nachdem die EG-Richtlinie über Bauprodukte (Bauproduktenrichtlinie) durch das Bauproduktengesetz in nationales Recht eingeführt und weitestgehend in die Landesbauordnungen übernommen wurde, werden Baustoffe, Bauteile und Anlagen, welche sich dauerhaft in *baulichen Anlagen*¹³⁰ befinden, als Bauprodukte bezeichnet. Eine Klassifizierung dieser Bauprodukte erfolgt zurzeit noch nach DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“. Im Zuge der EU-Harmonisierung wird die DIN 4102 voraussichtlich im Jahre 2010 bauaufsichtlich durch die DIN EN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ abgelöst. Gemäß §26 (1) MBO und §24 (1) HBauO werden Baustoffe nach den Anforderungen an ihr Brandverhalten unterschieden in nichtbrennbare, schwerentflammbare, normalentflammbare und leichtentflammbare Baustoffe. Des Weiteren ist in diesem Paragraphen geregelt, dass Baustoffe, die nicht mindestens normalentflammbar sind (leichtentflammbare Baustoffe) nicht verwendet werden dürfen.

¹²⁹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.9

¹³⁰ Bauliche Anlagen sind mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen (gem. §2 (1) MBO und HBauO

Bauteile und Sonderbauteile werden gemäß §26 (2) MBO bzw. §24 (2) HBauO nach den Anforderungen an ihre Feuerwiderstandsfähigkeit in feuerbeständige, hochfeuerhemmende und feuerhemmende Bauteile eingestuft. Bei den brandschutztechnischen Bestimmungen der bauordnungsrechtlichen Anforderungen für Bauteile werden die Baustoff- und Bauteilanforderungen miteinander verknüpft, indem den Feuerwiderstandsklassen bestimmte Baustoffklassen zugeordnet werden. Demnach werden Bauteile zusätzlich nach dem Brandverhalten ihrer Baustoffe unterschieden in Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen, Bauteile aus in den wesentlichen Teilen nicht brennbaren Baustoffen sowie Bauteile aus brennbaren Baustoffen.

Wichtig für den Einsatz von Bauprodukten ist, dass nur Produkte verwendet werden dürfen, die über einen Verwendungsnachweis verfügen. Dies wird in §17 (3) MBO bzw. §20 HBauO geregelt. Demzufolge müssen Bauprodukte ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (vgl. §18 MBO bzw. §20a HBauO) besitzen, über einen allgemeinen Zulassungsbescheid des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) verfügen (vgl. §19 MBO bzw. §20b HBauO) oder aber es muss eine Zustimmung im Einzelfall durch die Oberste Baubehörde erfolgen (vgl. §20 MBO bzw. §20c HBauO). Des Weiteren können Bauprodukte verwendet werden, die allgemein gebräuchlich und bewährt sind (klassifiziert nach DIN 4102). Die Übereinstimmung des Bauprodukts mit dem Verwendungsnachweis ist durch eine Übereinstimmungserklärung zu bestätigen. Die Art des Verfahrens ist in der Bauregelliste A beschrieben.¹³¹

Brandschutzsachverständige

Gemäß §54 (1) MBO bzw. §55 (1) HBauO ist der Entwurfsverfasser für die Einhaltung der rechtlichen Vorschriften, für die Vollständigkeit und für die Richtigkeit seines Entwurfs verantwortlich. Verfügt er auf einzelnen Gebieten (z.B. Brandschutz) nicht über ausreichend Sachkunde und Erfahrung, so muss er geeignete Sachverständige hinzuziehen. Somit erlangt im Brandschutzrecht der Einsatz von staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung des Brandschutzes immer größere Bedeutung. Durch den staatlich anerkannten Sachverständigen soll die Bauaufsichtsbehörde von detaillierten Kontrollaufgaben ent-

¹³¹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.10/11

lastet werden. Den am Bau Beteiligten (Bauherr, Entwurfsverfasser, Unternehmer und Bauleiter) soll somit mehr Verantwortung übertragen werden.

Das Bundesland Hamburg hat wie beispielsweise Sachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern die in der MBO eröffnete Möglichkeit zum Erlass einer Rechtsverordnung genutzt (vgl. §81 „Rechtsverordnung“ HBauO). Demnach hat der Prüfsachverständige nach §81 Abs.9 Satz 2 die Aufgabe im Auftrag der Bauherrin, des Bauherren oder des sonstigen nach Bauordnungsrecht Verantwortlichen die Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen zu prüfen und zu bescheinigen.¹³²

3.2.1.4. Unterschiede bauordnungsrechtlicher Anforderungen in den einzelnen Bundesländern

Wie bereits erläutert, sind Brandschutzanforderungen Länderangelegenheiten und werden in Bauordnungen geregelt. Somit gibt es auch unterschiedliche Anforderungen in den Länderregelungen. Dies hängt damit zusammen, dass alle Länderbauordnungen auf einer unverbindlichen Musterbauordnung der Bauministerkonferenz beruhen, wobei man zwar eine generelle Vereinheitlichung der Ausrichtung und Zielsetzung erreicht hat, jedoch Unterschiede in den materiellen Einzelanforderungen der Bauordnungen und Regelwerke nicht aufgehoben wurden. Zum einen ist dies auf länderspezifische Belange und Sichtweisen und zum anderen auf unterschiedliche Umsetzungszeitpunkte der MBO in die jeweiligen Landesbauordnungen zurückzuführen. Hinzu kommen unterschiedliche Einführungen von Technischen Regeln als Technische Baubestimmungen. Ist in einem Land eine Mustervorschrift nicht per Erlass eingeführt, so kann der Musterentwurf oder die Rechtsgrundlage eines anderen Bundeslandes bei der Beurteilung als Entscheidungs- oder Orientierungshilfe herangezogen werden. Bei der Übertragung von Brandschutzlösungen aus anderen Bundesländern kann aufgrund unterschiedlicher Fachbegriffe jedoch ein gewisser Interpretationsbedarf entstehen.¹³³

Einen der größeren Unterschiede gibt es beispielsweise bei der Definition der Geschosse (Vollgeschosse, Dachgeschosse, Kellergeschosse). Nachfolgend

¹³² Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.10

¹³³ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.11/12

werden zur Verdeutlichung die Hamburgische Bauordnung, die Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen und die Bayerische Bauordnung zitiert:

- Hamburgische Bauordnung (HBauO, § 2 (6) in der geänderten Fassung vom 17.02.2009)
 1. *Geschosse sind oberirdische Geschosse, wenn ihre Deckenoberkanten im Mittel mehr als 1,40 m über die Geländeoberfläche hinausragen; im Übrigen sind sie Kellergeschosse.*
 2. *Vollgeschosse sind Geschosse, deren Deckenoberkante im Mittel mehr als 1,40 m über die Geländeoberfläche hinausragt und die eine lichte Höhe von mindestens 2,3 m haben.*
 3. *Das oberste Geschoss und Geschosse im Dachraum sind Vollgeschosse, wenn sie diese Höhe über mindestens zwei Drittel der Geschossfläche des darunter liegenden Geschosses haben.*
- Landesbauordnung NRW (BauO NW, § 2 (5) in der geänderten Fassung vom 28.10.2008)

Vollgeschosse: sind Geschosse, deren Deckenoberkante im Mittel mehr als 1,60 m über die Geländeoberfläche hinausragt und die eine Höhe von mindestens 2,30 m haben. Ein gegenüber den Außenwänden des Gebäudes zurückgesetztes oberstes Geschoss (Staffelgeschoss) ist nur dann ein Vollgeschoss, wenn es diese Höhe über mehr als zwei Drittel der Grundfläche des darunter liegenden Geschosses hat. Ein Geschoss mit geneigten Dachflächen ist ein Vollgeschoss, wenn es diese Höhe über mehr als drei Viertel seiner Grundfläche hat. Die Höhe der Geschosse wird von Oberkante Fußboden bis Oberkante Fußboden der darüber liegenden Decke, bei Geschossen mit Dachflächen bis Oberkante Dachhaut gemessen.
- Bayerische Bauordnung (BayBauO, §2 (7) in der Fassung vom 28.08.2009)

Geschosse sind oberirdische Geschosse, wenn ihre Deckenoberkanten im Mittel mehr als 1,40 m über die Geländeoberfläche hinausragen; im Übrigen sind sie Kellergeschosse. Hohlräume zwischen der obersten Decke und der Bedachung, in denen Aufenthaltsräume nicht möglich sind, sind keine Geschosse.

Die Detailunterschiede in der Normpraxis der Landesbauordnungen und ihren Regelwerken führen dazu, dass Hersteller von Bauprodukten, welche überregional bzw. EU-weit vertrieben werden sollen, sich an den höchsten Anforderungen und Standards orientieren. Produktionstechnische und auch wirtschaftliche Nachteile durch unterschiedliche bauliche Serien werden so für die Bauprodukthersteller vermieden. Hinzu kommt, dass bei einer konkreten An-

wendung der unterschiedlichen Landesbauordnungen die Möglichkeit besteht, die schwer auffindbaren rechtlichen Vorgaben der unterschiedlichen Bauordnungen fahrlässig bzw. vorsätzlich zu ignorieren und das Produkt so letztendlich den bauordnungsrechtlichen Anforderungen nicht entspricht.¹³⁴

3.2.2. Arbeitsschutzrecht

Mit dem Inkrafttreten des deutschen Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) zur Umsetzung von EU-Richtlinien zum Arbeitsschutz am 21.08.1996 wurde ein Gesetz geschaffen, dessen Ziel es ist, die Gesundheit aller Beschäftigten (einschließlich des öffentlichen Dienstes) durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern.¹³⁵

Die Arbeitsschutzbestimmungen beinhalten zudem Anforderungen an den baulichen, anlagentechnischen und insbesondere betriebsorganisatorischen Brandschutz. Brandschutzbestimmungen sind im deutschen Arbeitsschutz in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), in Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften sowie in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) zu finden. Nachfolgend werden nun Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung sowie der Gefahrstoffverordnung näher erläutert.

3.2.2.1. Arbeitsstättenverordnung

In der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) sind bauliche, anlagentechnische und betriebsorganisatorische Anforderungen enthalten. Grundlage für die Umsetzung der brandschutzrelevanten Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung vom 12.08.2004 (zuletzt geändert am 18.12.2008) sind die ergänzenden Arbeitsschutzrichtlinien. Gemäß §8 „Übergangsvorschriften“ der Arbeitsstättenverordnung gelten sie jedoch nur noch bis zur Bekanntmachung entsprechender Arbeitsstättenregeln (Technische Regeln für Arbeitsstätten) durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, welche voraussichtlich 2010 eingeführt werden.¹³⁶ Nachfolgend werden die wesentlichen Anforder-

¹³⁴ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.14

¹³⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsschutzgesetz> - (18.09.2009)

¹³⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsst%C3%A4ttenrichtlinien> - (18.09.2009)

derungen der Arbeitsstättenverordnung und der ergänzenden Arbeitsschutzrichtlinien erläutert.^{137,138,139}

- Türen und Tore (ArbStättV Anh. Nr. 1.7. und 2.3. sowie ASR 10/1)
Für den Anhang Nr. 1.7. „Türe, Tore“ und 2.3. „Fluchtwege und Notausgänge“ der ArbStättV gilt als Grundlage für die Umsetzung die ASR 10/1 „Türen und Tore“. Hier werden die allgemeinen Ausführungen der ArbStättV, insbesondere hinsichtlich ihrer Lage, Anzahl Erreichbarkeit und Kennzeichnung im Verlauf von Rettungswegen weiter konkretisiert.
- Schutz vor Entstehungsbränden (ArbStättV Anh. Nr. 2.2. und ASR 13/1,2)
Grundlage für die Umsetzung des Anhangs Nr. 2.2. ArbStättV „Schutz vor Entstehungsbränden“ ist die ASR 13/1,2. „Feuerlöscheinrichtungen“. Die ArbStättV geht hier in allgemeiner Form auf erforderliche Feuerlöschanlagen in Räumen mit Brandgefährdung ein. In der ASR 13/1,2 werden die Anforderungen an die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöscheinrichtungen (insbesondere Handfeuerlöschern) zur Bekämpfung von Entstehungsbränden konkretisiert. Des Weiteren werden Warnhinweise zu den Feuerlöscheinrichtungen gegeben.
- Fluchtwege und Notausgänge (ArbStättV Anh. Nr. 2.3. und ASR 10/1)
Die Anforderungen der „Fluchtwege und Notausgänge“ der ArbStättV sind in Anh. Nr. 2.3. geregelt und beschränken sich auf betriebsorganisatorische Belange (z.B. Kennzeichnungen). Konkretisiert werden diese Forderungen in der ASR 10/1 „Türen und Tore“ mit Angaben zur Länge von Rettungswegen.

3.2.2.2. Gefahrstoffverordnung

Kommt es bei der Nutzung von Räumen zum Vorhandensein von Gefahrenstoffen, so muss die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 23.12.2004 (zuletzt geändert am 18.12.2008) mit den dazugehörigen Technischen Regeln (TRGS) berücksichtigt werden. Im Wesentlichen regelt die Gefahrstoffverordnung betriebsorganisatorische Maßnahmen und teilweise auch bauliche und anlagen-

¹³⁷ <http://www.bge.de/asp/dms.asp?url=gv/arbstaettv/inhalt.htm> - (18.09.2009)

¹³⁸ <http://www.bge.de/asp/dms.asp?url=gv/asr/inhalt.htm> - (18.09.2009)

¹³⁹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.14/15

technische Maßnahmen für den Umgang mit bestimmten Stoffen (z.B. Asbest, KMF).

Betriebsorganisatorische Maßnahmen sind in der Gefahrenstoffverordnung beispielsweise in §14 „Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten“ gefordert. Hierin wird beispielsweise die Erstellung von Betriebsanweisungen, die Durchführung von Unterweisungen für Arbeitnehmer über auftretende Gefahren sowie einzuleitende Schutzmaßnahmen geregelt. Die „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“ wird dann in den Technischen Regeln (TRGS 555) konkretisiert. Die Notwendigkeit baulicher und anlagentechnischer Brandschutzmaßnahmen sind im Dritten Abschnitt „Allgemeine Schutzmaßnahmen“ und im Vierten Abschnitt „Ergänzende Schutzmaßnahmen zu finden“. „Besondere Vorschriften für bestimmte Gefahrstoffe und Tätigkeiten“ für „Brand und Explosionsgefahren“ werden in Anhang III Nr.1 der Gefahrenstoffverordnung geregelt. Hierin werden beispielsweise Anforderungen zur Verhinderung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Gasgemische, allgemeine Anforderungen zum Schutz gegen Brand- und Explosionsgefahren, Schutzmaßnahmen und Lagervorschriften beschrieben. Bauliche und Technische Anforderungen werden insbesondere an die Lagerung von Gefahrstoffen gestellt. Während die Gefahrstoffverordnung lediglich allgemeine Forderungen formuliert (z.B. Anhang III Nr. 1.5 „Lagervorschriften“), enthalten die Technischen Regeln (TRGS 514 „Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe“ und TRGS 515 „Lagern brandfördernder Stoffe“) konkrete bauliche und anlagentechnische Anforderungen (z.B. Feuerwiderstandsfähigkeit, Brandverhalten der Wände und Decken, Einsatz automatischer Brandmelde- und Feuerlöschanlagen). Art und Umfang des baulichen Brandschutzes ist nach dem örtlichen und betrieblichen Verhältnis mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

In Hochschulen ist speziell für den Nutzungsbereich Laboratorien die TRGS 526 „Richtlinien Für Laboratorien“ von Bedeutung. Diese Laborrichtlinie wurde parallel als berufsgenossenschaftliche Regel (BGR 120) aufgenommen und wird in Abschnitt 3.2.4. näher erläutert.¹⁴⁰

¹⁴⁰ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.15/16

3.2.3. Anlagen- und Gerätesicherheitsrecht

Im Bereich des Anlagen- und Gerätesicherheitsrechts wurde die bisher gültige Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) zum 01.01.2003 aufgehoben und durch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ersetzt. Die Technischen Regeln über brennbare Flüssigkeiten (TRbF) sind seit Mai 2002 komplett überarbeitet und gelten weiterhin. Sowohl die Betriebssicherheitsverordnung als auch die Technischen Regeln über brennbare Flüssigkeiten enthalten sowohl bauliche, anlagentechnische als auch betriebsorganisatorische Anforderungen an Anlagen zur Lagerung, Abfüllung oder Beförderung brennbarer Flüssigkeiten. Für den Hochschulbereich sind insbesondere die Anforderungen an die Lagerung brennbarer Flüssigkeiten zu berücksichtigen.

Die Betriebssicherheitsverordnung regelt beispielsweise allgemeine Schutzmaßnahmen für brand- bzw. explosionsgefährdete Bereiche sowie den Einsatz von Brandbekämpfungseinrichtungen. Konkrete Anforderungen zum Brandschutz an Lagerräume für brennbare Flüssigkeiten sind in der neuen TRbF 20 „Lager“, welche die alten TRbF 110 und TRbF 210 ablöst, unter Abschnitt 5 „Anforderungen an Einrichtungen zur Lagerung in Arbeitsräumen, Räume zur Lagerung und an Lagerräume sowie deren Ausrüstung“ zu finden. Darin sind beispielsweise bauliche Anforderungen an Wände, Decken und Türen hinsichtlich ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit und der Brennbarkeit der zu verwendeten Baustoffe enthalten. Im Gegensatz zur alten TRbF 110 wurden unter Abschnitt 5.5 der TRbF 20 Konzepte zum baulichen Brandschutz aufgenommen. Die in Abschnitt 5 der TRbF 20 aufgeführten Anforderungen stellen lediglich Standardlösungen dar, von denen abgewichen werden kann. Hierbei muss jedoch sichergestellt werden, dass die an den Brandschutz gestellten Schutzziele erfüllt werden können.¹⁴¹

3.2.4. Unfallverhütungsrecht

Regelwerke der Berufsgenossenschaften zur Unfallverhütung beinhalten ebenfalls Anforderungen an den Brandschutz. In ihnen sind überwiegend betriebsorganisatorische Anforderungen festgelegt. In der Unfallverhütungsvorschrift BGV A1 „Grundsätze der Prävention“ vom 01.01.2004 sind im Zweiten Ab-

¹⁴¹ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.16

schnitt „Maßnahmen bei besonderen Gefahren“ im §22 („Notfallmaßnahmen“) Forderungen an den Brandschutz in Bezug auf die Entstehung von Bränden sowie Unterweisungen im Umgang mit Feuerlöscheinrichtungen gegeben. Weitere, teilweise auch bauliche und anlagentechnische Anforderungen, sind in speziellen Unfallverhütungsvorschriften (z.B. BGV A8 §18 „Flucht- und Rettungsplan, BGV B5 „Explosivstoffe – Allgemeine Vorschrift“), Regeln und Merkblättern niedergelegt. Die Unfallverhütungsvorschriften (BGV-Schriften) sind als verbindlich anzusehen, während Richtlinien, Regeln und Merkblätter Lösungsmöglichkeiten anbieten und durch andere Maßnahmen ersetzt werden können.

Eine für Hochschulen wichtige Richtlinie aus dem Unfallverhütungsrecht stellt die berufsgenossenschaftliche Regel (BGR 120) „Laboratorien“ dar. Die Vorschriftentexte der BGR 120 sind parallel als TRGS 526 (Richtlinie für Laboratorien) ins staatliche Arbeitsschutzrecht aufgenommen worden. Die Erläuterungen sind jedoch nur in der BGR 120 enthalten, welche insbesondere betriebsorganisatorische Maßnahmen für die spezielle Raumnutzung eines Laboratoriums beinhaltet. In Kapitel 4.8 des beschlossenen Entwurfs der BGR vom 28.02.2008 sind Hinweise zu Feuerlöscheinrichtungen, Löschübungen, zum Verhalten im Brandfall, zur Brandbekämpfung und Hinweise über Druckgasflaschen im Brandfall gegeben.¹⁴²

3.2.5. Haushaltsrecht

„Das Haushaltsrecht umfasst diejenigen Regelungen, die Planung, Feststellung und Kontrolle der Haushalte der öffentlichen Hand zum Gegenstand haben.“ Die Rechtsquellen für das Haushaltsrecht sind neben dem Grundgesetz u.a. das Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG), die Bundeshaushaltsordnung (BHO) und die jeweiligen Landeshaushaltsordnungen (LHO).¹⁴³ Die Bundeshaushaltsordnung und Landeshaushaltsordnungen übernehmen die Regelungen des Haushaltsgrundsätzegesetzes und konkretisieren und ergänzen es.¹⁴⁴

¹⁴² Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.16/17

¹⁴³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Haushaltsrecht> - (21.09.2009)

¹⁴⁴ [http://de.wikipedia.org/wiki/Haushaltsgrundsätzegesetz](http://de.wikipedia.org/wiki/Haushaltsgrunds%C3%A4tzegesetz) - (21.09.2009)

Die Länder haben auf Grundlage der Bundeshaushaltsordnung, der Landeshaushaltsordnungen sowie des Haushaltsgrundsätzegesetzes Verfahrensvorschriften zur Durchführung ihrer Bauaufgaben geschaffen. Diese Richtlinien basieren weitestgehend auf den „Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes – RBBau“, welche auch Anforderungen an den Brandschutz beinhalten.

Abschnitt K4 der RBBau regelt speziell den „vorbeugenden Brandschutz für bauliche Anlagen“ des Bundes. Demnach bildet die Grundlage für die Anforderung an den Brandschutz die Bauordnungen der Länder und die sonstigen, zum vorbeugenden Brandschutz erlassenen, Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Des Weiteren werden die Inhalte einer Bestandsdokumentation aufgeführt, wobei eine Kurzbeschreibung eines Brandschutzkonzeptes stets Bestandteil einer solchen Dokumentation sein soll. Weiterhin ist bezüglich des Brandschutzes der Abschnitt K14 „bauaufsichtliche Behandlung von baulichen Anlagen zu nennen“. Danach bedarf die Errichtung, Änderung oder Beseitigung baulicher Anlagen keine Genehmigung der zuständigen Bauaufsichtsbehörde des Landes, wenn die Leitung der Entwurfsarbeiten, die Bauüberwachung und Bauzustandsbesichtigung unter Leitung eines Beamten des höheren bautechnischen Verwaltungsdienstes durchgeführt wird. Demnach würde lediglich das bauordnungsrechtliche Zustimmungsverfahren Anwendung finden. Dies ist bei Hochschulen i.d.R. der Fall. Im Gegensatz zum Genehmigungsverfahren entfällt somit die Bauüberwachung, Bauzustandsbesichtigung und Prüfung bautechnischer Nachweise durch eine Bauaufsichtsbehörde. Sofern eine baudurchführende Ebene nicht über geeignetes Personal verfügt, ist jedoch das Baugenehmigungsverfahren durchzuführen. Die mit der Erledigung der Bauaufgabe betrauten Baubehörden tragen die Verantwortung für die Erfüllung der materiellen öffentlich-rechtlichen Anforderungen. Abweichungen (Ausnahmen und Befreiungen) sind bei der übergeordneten Aufsichtsbehörde zu beantragen. Bestehen Bedenken der zustimmungspflichtigen Behörde gegenüber dem Zustimmungsantrag oder besteht Uneinigkeit über zusätzlich erteilte Auflagen der zustimmungspflichtigen Behörde, so ist die oberste Bauaufsichtsbehörde einzuschalten.

Im Abschnitt K11 „Versicherungen für bauliche Anlagen“ wird auf die Verfahrensweise für den Abschluss von Feuerversicherungen eingegangen. Dem-

nach ist der Bund Selbstversicherer, d.h. dass im Zusammenhang mit der Errichtung baulicher Anlagen des Bundes keine Versicherungsverträge abzuschließen sind. Besteht jedoch ein Versicherungszwang aufgrund von Landesgesetzen oder Ortstatuten, so sind Verträge über Feuer- und Haftpflichtversicherungen abzuschließen.

Die „Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Landes - RLBau“ weisen gegenüber der RBBau teilweise einige Besonderheiten auf. So wird beispielsweise die RBBau weiter konkretisiert und praktische Hilfen in Form von Checklisten werden zur Verfügung gestellt. Die Baurichtlinien der Länder werden im Rahmen dieser Grundlagenermittlung nicht näher erläutert.¹⁴⁵¹⁴⁶

3.2.6. Deutsches Klassifizierungssystem nach DIN 4102

3.2.6.1. Überblick

Die DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ gilt für die „Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen zur Beurteilung des Risikos als Einzelbaustoff und im Verbund mit anderen Baustoffen.“ Beeinflusst wird das Brandverhalten von Baustoffen von der Art des Stoffes, der spezifischen Oberfläche und Dichte, dem Verbund mit anderen Stoffen, den Verbindungen sowie der Verarbeitungstechnik.¹⁴⁷

Sie ist also die klassische, den Bauordnungen zugeordnete Norm, welche den Brennbarkeitsgrad von Baustoffen sowie die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen definiert. Außerdem gibt sie an, wie der in den Bauordnungen geforderte bauliche Brandschutz zu realisieren ist. Durch die DIN 4102 ist es Pflicht, das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen mittels einer Normprüfung zu untersuchen.¹⁴⁸ Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Teile der DIN 4102.

¹⁴⁵ Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informations-System – Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001), S.17/18

¹⁴⁶ http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwwbund_08112005_B10811113.htm - (21.09.2009)

¹⁴⁷ Deutsches Institut für Normung: DIN EN 4102-1: „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, Mai 1998

¹⁴⁸ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (21.09.2009)

Tab. 7: Teile der DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, nach [T6]

Teil	Bezeichnung
Teil 1	Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 2	Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 3	Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 4	Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
Teil 5	Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen feuerwiderstandsfähige Verglasungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 6	Lüftungsleitungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 7	Bedachungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 8	Kleinprüfstand
Teil 9	Kabelabschottungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 11	Rohrummantelungen, Rohrabschottungen, Installationsschächte und -kanäle sowie Abschlüsse ihrer Revisionsöffnungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 12	Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen, Anforderungen und Prüfungen
Teil 13	Brandschutzverglasungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 14	Bodenbeläge und Bodenbeschichtungen, Bestimmung der Flammenausbreitung bei Beanspruchung mit einem Wärmestrahler
Teil 15	Brandschacht
Teil 16	Durchführung von Brandschacht Prüfungen
Teil 17	Schmelzpunkt von Mineralfaser-Dämmstoffen, Begriffe, Anforderungen, Prüfung
Teil 18	Feuerschutzabschlüsse, Nachweis der Eigenschaft "selbstschließend" (Dauerfunktionsprüfung)
Teil 19	Wand- und Deckenbekleidung in Räumen; Versuchsraum für zusätzliche Beurteilungen
Teil 21	Beurteilung des Brandverhaltens von feuerwiderstandsfähigen Lüftungsleitungen (Vornorm)
Teil 22	Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4

Die nachfolgenden Abschnitte sollen die für den Anwender wichtigsten Teile der DIN 4102 näher erläutern.

3.2.6.2. DIN 4102-1:1998-5

Der Inhalt der DIN 4102-1:1998-5 befasst sich mit der Beschreibung der Art der Brennbarkeit unterschiedlicher Baustoffe. In Tabelle 8 ist ein Überblick über die entsprechenden Baustoffklassen und deren bauaufsichtlichen Benennungen gegeben.

Tab. 8: Baustoffklassen und ihre bauaufsichtliche Benennung gem. DIN 4102-1:1998-5, nach [T7]

Baustoffklasse	Bauaufsichtliche Benennung
A	nichtbrennbare Baustoffe
A1	ohne brennbare Bestandteile
A2	Im wesentlichen aus nichtbrennbaren Bestandteilen
B	brennbare Baustoffe
B1	schwerentflammbare Baustoffe
B2	normalentflammbare Baustoffe
B3 ¹⁾	leichtentflammbare Baustoffe

¹⁾ Leichtentflammbare Baustoffe dürfen nach den Landesbauordnungen nicht verwendet werden. Dies gilt nicht für Baustoffe, wenn sie in Verbindung mit anderen Baustoffen nicht leichtentflammbar sind.

Eine Klassifizierung der Baustoffklassen nach DIN 4102-1 basiert auf folgende Entzündungsszenarien:¹⁴⁹

Baustoffklasse A1

Während einer Ofenprüfung wird ein fortentwickelter, teilweise vollentwickelter Brand simuliert. Unter dieser Beanspruchung muss die Wärmeabgabe der Baustoffe unbedenklich sein. Des Weiteren dürfen zündbare Gase nicht freigesetzt werden. Hierbei gilt die Ofenprüfung als bestanden, wenn bei keiner Probe eine Entflammung auftritt und bei keiner Probe soviel Wärme abgegeben wird, dass dadurch die Temperatur im Ofen um mehr als 50 °C über den Anfangswert ansteigt. Außerdem müssen Baustoffe der Klasse A1 auch die Bedingungen für Klasse A2 erfüllen. Die Versuchsdurchführung/Prüfung wird in DIN 4102-1:1998-5 ausführlich erläutert.

Baustoffklasse A2

Die Prüfungen stellen modellhaft die Situation eines fortentwickelten, teilweise vollentwickelten Brandes dar. Die Wärmeabgabe und die Brandausbreitung müssen unter diesen Beanspruchungen sehr gering, die Freisetzung entzündbarer Gase begrenzt und die Rauchentwicklung unbedenklich sein. Baustoffe erfüllen die Voraussetzungen für Baustoffklasse A2, wenn sie die Ofenprüfung oder die Heizwert- und die Wärmeentwicklungsprüfung, die Brandschacht-

¹⁴⁹ Deutsches Institut für Normung: DIN EN 4102-1: „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, Mai 1998

prüfung und die Prüfung der Rauchentwicklung bestehen. Die Versuchsdurchführungen/Prüfungen werden in DIN 4102-1:1998-5 ausführlich erläutert.

Baustoffklasse B1

Für Baustoffe mit Ausnahme von Außenwandbekleidungen und Bodenbelägen stellt die Prüfung modellhaft den Brand eines Gegenstandes in einem Raum (z.B. Papierkorb in einer Raumecke) dar. „Unter dieser Beanspruchung darf sich die Brandausbreitung nicht wesentlich außerhalb des Primärbrandbereichs erstrecken und die Wärmeabgabe begrenzt sein.“ Bei Außenwandbekleidungen stellt die Prüfung modellhaft die aus einer Wandöffnung schlagenden Flammen dar. Auch unter dieser Beanspruchung darf sich die Brandausbreitung nicht wesentlich außerhalb des Primärbrandbereichs erstrecken. Für Bodenbeläge stellt die Prüfung modellhaft eine Brandsituation dar, bei der Flammen aus der Türöffnung zu einem benachbarten Raum schlagen. Hier müssen die waagerechte Flammenausbreitung und die Rauchentwicklung unbedenklich sein. Baustoffe (außer Bodenbeläge) erfüllen die Voraussetzungen für Baustoffklasse B1, wenn sie die Brandschachtprüfung bestehen und die Anforderungen an die Baustoffklasse B2 erfüllen. Die Versuchsdurchführungen/Prüfungen werden in DIN 4102-1:1998-5 ausführlich erläutert.

Baustoffklasse B2

Hier stellt die Prüfung die Beanspruchung durch eine kleine, definierte Flamme (z.B. Streichholzflamme) dar. Die Entzündbarkeit und die Flammenausbreitung müssen innerhalb einer bestimmten Zeit begrenzt sein. Voraussetzungen für die Klassifizierung nach Baustoffklasse B2 sowie die Versuchsdurchführung bzw. Prüfung zur Erfüllung dieser Voraussetzungen wird in DIN 4102-1:1998-5 ausführlich beschrieben.

In Tabelle 9 ist eine Zusammenstellung der zur Klassifizierung von Baustoffen erforderlichen Prüfungen gegeben.

Tab. 9: Zusammenstellung erforderlicher Prüfungen zur Baustoffklassifizierung gem DIN 4102-1, verändert nach [T7]

Anmerkung	Klassen nach DIN 4102					Anmerkung
	A1	A2	B1	B2	B3	
Nichtbrennbarkeitsofen	✓	✓				
Brandschacht		✓	✓			ggf. zusätzliche Angaben für B1 - brennendes Abtropfen - starke Rauchentwicklung
Heizwert- und Wärmeentwicklung		✓				Als alternativer Nachweis für den Nichtbrennbarkeitsofen bei A2
Rauch bei Verschmelzung		✓				
Rauch bei Flammenbeanspruchung		✓				
Toxikologie		✓				Prüfung ist optional
Kleinbrennertest				✓	✓ ¹⁾	Ggf. zusätzliche Angaben für B2: - brennendes abtropfen

¹⁾ Anforderungen für die Normalentflammbarkeit (B2) werden nicht erfüllt

3.2.6.3. DIN 4102-2:1977-11

Der Kerninhalt der DIN 4102-2 ist die Einstufung der Bauteile in Feuerwiderstandsklassen. Eingestuft wird ein solches Bauteil, wenn 2 Prüfkörper von diesem Bauteil (z.B. Prototyp) bei einer Wärmebeanspruchung gemäß der Einheitstemperaturkurve über eine Prüfdauer, welche der Feuerwiderstandsklasse gleich bzw. größer ist, die Kriterien einer Normbrandprüfung erfüllt. Diese Kriterien beziehen sich darauf, dass der Raumabschluss (z.B. Decken, Wände) eine Übertragung des Feuers auf benachbarte Räume verhindern muss. Weitere Kriterien betreffen die Erhaltung der Tragfähigkeit. Demnach dürfen tragende Bauteile unter ihrer rechnerisch ermittelten zulässigen Gebrauchslast und nichttragende Bauteile unter ihrem Eigengewicht nicht zusammenbrechen. Bei statisch bestimmt gelagerten Bauteilen darf die Durchbiegungsgeschwindigkeit einen Grenzwert ($\Delta f/\Delta t$) nicht überschreiten. Dieser Wert wird wie folgt ermittelt:¹⁵⁰

$$\left(\frac{\Delta f(t)}{\Delta t} \right)_{\text{grenz.}} = \frac{l^2}{9000 \times h} \quad \text{Glg. [3.1]}$$

¹⁵⁰ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

Hierbei sind:

$\Delta f(t)$ zeitabhängiges Durchbiegungsintervall in cm

Δt Zeitintervall in Eine-Minute-Schritten

l^2 Stützweite des Balkens in cm

h statische Höhe des Balkens

In der nachfolgenden Tabelle 10 ist ein Überblick über die entsprechenden Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102-2 und ihre verwendeten bauaufsichtlichen Benennungen nach MBO gegeben.

Tab. 10: Überblick über die Feuerwiderstandsklassen und ihre verwendeten bauaufsichtlichen Benennungen, [T8]

Feuerwiderstandsklasse	Baustoffklasse nach DIN 4102-1		Benennung	Kurzbezeichnung	
	wesentliche Teile	übrige Bestandteile		DIN 4102-2	MBO
F30	B	B	Feuerwiderstandsklasse F30	F30-B	feuerhemmend
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F30 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Stoffen	F30-AB	
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F30-A	
F60	B	B	Feuerwiderstandsklasse F60	F60-B	hochfeuerhemmend
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F60 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Stoffen	F60-AB	
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F60 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F60-A	
F90	B	B	Feuerwiderstandsklasse F90	F90-B	feuerbeständig
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F90 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Stoffen	F90-AB	
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F90-A	
F120	B	B	Feuerwiderstandsklasse F120	F120-B	feuerbeständig
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F120 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Stoffen	F120-AB	
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F120 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F120-A	

Fortsetzung von Tabelle 10

Feuerwiderstandsklasse	Baustoffklasse nach DIN 4102-1		Benennung	Kurzbezeichnung	
	wesentliche Teile	übrige Bestandteile		DIN 4102-2	MBO
F180	B	B	Feuerwiderstandsklasse F180	F180-B	
	A	B	Feuerwiderstandsklasse F180 und in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Stoffen	F180-AB	
	A	A	Feuerwiderstandsklasse F180 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F180-A	

In anderen Teilen der Norm werden die sog. Sonderbauteile beschrieben. Anders als bei den Bauteilen erhalten die Sonderbauteile zur Kennzeichnung einen eigenen Buchstaben (z.B. T für Feuerschutzabschlüsse). In der nachfolgenden Tabelle ist eine Zusammenstellung der Sonderbauteile nach DIN 4102 gegeben.

Tab. 11: Zusammenstellung der Sonderbauteile nach DIN 4102, verändert nach [T8]

Sonderbauteile	Klassifiziert nach DIN 4102	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 (Feuerwiderstandsdauer in min)					Zusatz
		> 30	> 60	> 90	> 120	> 180	
Brandwände	Teil 3						
Nichttragende Außenwände	Teil 3	W30	W60	W90	W120	W180	A/AB/B
Feuerschutzabschlüsse (Türen, Tore, Klappen)	Teil 5	T30	T60	T90	T120	T180	
Abschlüsse in feuerbeständigen Fahrschachtwänden	Teil 5	Verhindern die Übertragung von Feuer und Rauch in andere Geschosse					
Rohre und Formstücke für Lüftungsleitungen	Teil 6	L30	L60	L90	L120		
Absperrvorrichtungen für Lüftungsleitungen (Brandschutzklappen)	Teil 6	K30	K60	K90			
Bedachungen	Teil 7	Widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme					
Kabelabschottungen	Teil 9	S30	S60	S90	S120	S180	
Installationsschächte und -kanäle	Teil 11	I30	I60	I90	I120		
Rohrabschottungen	Teil 11	R30	R60	R90	R120		
F-Brandschutzverglasungen (strahlungsundurchlässig)	Teil 13	F30	F60	F90	F120		

Fortsetzung von Tabelle 11

Sonderbauteile	Klassifiziert nach DIN 4102	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 (Feuerwiderstandsdauer in min)					Zusatz
		> 30	> 60	> 90	> 120	> 180	
G-Brandschutzverglasungen (strahlungsdurchlässig)	Teil 13	G30	G60	G90	G120		
Funktionserhalt elektrischer Leitungen	Teil 12	E30	E60	E90			
Schmelzpunkt von Mineralfaserdämmstoffen	Teil 17	Schmelzpunkt > 1000 °C					

3.2.6.4. DIN 4102-3:1977-11

Der Kerninhalt der DIN 4102-3 sind die Brandwände. Sie dienen der Bildung von Brandabschnitten innerhalb eines Gebäudes. Außerdem haben sie die Aufgabe, die Ausbreitung des Feuers auf andere Gebäude oder Gebäudeteile zu verhindern. Teil 3 der DIN 4102 definiert Anforderungen an Brandwände und nichttragende Außenwände. Für Brandwände wird zusätzlich zur Feuerwiderstandsklasse F90 (gem. DIN 4102-2) gefordert, dass sie aus nichtbrennbaren Materialien bestehen (F90-A) und sie unter zusätzlicher mechanischer Belastung beanspruchbar sind. Anordnung und Ausführung der Brandwände erfolgt nach Landesrecht über die unterschiedlichen Landesbauordnungen.¹⁵¹

3.2.6.5. DIN 4102-4:1994-3 / DIN 4104-4/A1:2004-11

Der Teil 4 der DIN 4102 stellt einen umfangreichen Bauteilkatalog dar und ist damit für den normalen Anwender neben den individuellen firmeneigenen Prüfzeugnissen der wichtigste Normenteil. Er enthält Angaben über Baustoffe und Bauteile, deren Prüfkörper (Prototypen) die Kriterien der Normbrandprüfung nach DIN 4102-1 erfüllt haben und die entsprechend klassifiziert sind. Brandprüfungen sind somit in vielen Fällen nicht mehr notwendig. Mit diesem Bauteilkatalog ist es möglich, den Brennbarkeitsgrad von Baustoffen abzulesen und in einfacher Weise deren Feuerwiderstandsfähigkeit zu ermitteln. Die Angaben des Bauteilkatalogs beziehen sich nur auf Baustoffe und Bauteile, deren Eigenschaften im Gebrauchszustand auf der Grundlage von Normen definiert und beurteilt werden können.¹⁵²

¹⁵¹ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

¹⁵² http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

3.2.7. Europäisches Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501

3.2.7.1. Überblick

Die DIN EN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihren Brandverhalten“ besteht aus folgenden Teilen:

Tab. 12: Teile der DIN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihren Brandverhalten“, nach [T9]

Teil	Bezeichnung
Teil 1	Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
Teil 2	Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen (mit Ausnahme von Produkten für Lüftungsanlagen)
Teil 3	Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen von Installationsanlagen und deren Bestandteilen (mit Ausnahme von Entrauchungsanlagen)
Teil 4	Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen von Anlagen zur Rauchfreihaltung
Teil 5	Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Dachprüfungen bei Feuer von außen

3.2.7.2. DIN EN 13501-1:2002-6

Kerninhalt der DIN EN 13501-1 ist die Klassifizierung von Bauprodukten hinsichtlich ihres Brandverhaltens. Diese Beschreibung ist komplexer als die DIN 4102, welche sich primär auf die Brennbarkeit eines Baustoffes bezieht. Neben der Entzündbarkeit, der Flammenausbreitung und der frei wärmenden Wärme werden Brandparallelerscheinungen der Rauchentwicklung und des brennenden Abfallens/ Abtropfens von Baustoffen festgestellt und in mehreren Stufen klassifiziert. Für die Rauchentwicklung (s1, s2 und s3) sowie für das brennende Abfallen/ Abtropfen eines Baustoffes (d0, d1 und d2) sind jeweils 3 Klassen festgelegt. Die Prüfverfahren für die Brandverhaltensklassen A1, A2 und E entsprechen im Wesentlichen den bisherigen deutschen Prüfverfahren. Als neues Prüfverfahren ist die Prüfung nach DIN EN 13823 (Single-Burning-Item-Test SIB) hinzugekommen, welches bei den Brandverhaltensklassen A2, B, C und D angewendet wird. Ein Überblick über die einzelnen Prüfverfahren ist in nachfolgender Tabelle gegeben:¹⁵³

¹⁵³ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

Tab. 13: Klassifizierungen, Prüfverfahren, Kriterien und Zusatzkriterien nach DIN 13501, [T8]

Klasse	Prüfverfahren	Kriterien	Zusatzkriterien
A1	EN ISO 1182 und	Temperaturanstieg ΔT , Gewichtsverlust Δm , Dauer der Entflammung t_f	
	EN ISO 1716	Brennwert PCS	
A2	EN ISO 1182 oder	Temperaturanstieg ΔT , Gewichtsverlust Δm , Dauer der Entflammung t_f	
	EN ISO 1716 und EN 13823 (SIB)	Brennwert PCS Geschwindigkeit der Brandausbreitung FIGRA, seitliche Flammenausbreitung LFS, freigesetzte Wärme THR	
B	EN 13824 (SBI) und	Geschwindigkeit der Brandausbreitung FIGRA, seitliche Flammenausbreitung LFS, freigesetzte Wärme THR	Rauchentwicklung, brennendes Abfallen/Abtropfen
	EN ISO 11925-2	Flammenausbreitung F_s	
C	EN 13824 (SBI) und	Geschwindigkeit der Brandausbreitung FIGRA, seitliche Flammenausbreitung LFS, freigesetzte Wärme THR	Rauchentwicklung, brennendes Abfallen/Abtropfen
	EN ISO 11925-2	Flammenausbreitung F_s	
D	EN 13824 (SBI) und	Geschwindigkeit der Brandausbreitung FIGRA	Rauchentwicklung, brennendes Abfallen/Abtropfen
	EN ISO 11925-2	Flammenausbreitung F_s	
E	EN ISO 11925-2	Flammenausbreitung F_s	brennendes Abfallen/Abtropfen
F	Keine Leistung festgestellt		

Die Klassifizierung der Zusatzkriterien Rauchentwicklung und brennendes Abfallen/ Abtropfen erfolgt SMOGRA und TSP_{600s} . SMOGRA ist dabei die Rauchentwicklungsrate (Smoke growth rate) und ist als das Maximum des Quotienten aus der Rauchentwicklung der Probe in $[m^2/s]$ und dem dazugehörigen Zeitpunkt in $[s]$. TSP_{600s} ist die gesamte freigesetzte Rauchmenge (Total Smoke Production) in $[m^2]$ während einer Dauer von 600 s.¹⁵⁴

Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Klassifizierung der Rauchentwicklung und über das brennende Abtropfen/ Abfallen.

¹⁵⁴ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

Tab. 14: Klassifizierung des Zusatzkriteriums Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/ Abfallen, verändert nach [T8]

Rauchentwicklung		
Klasse	Maximalwert SMOGRA in [m ² /s ²]	Maximalwert TSP _{600s} in [m ²]
s1	30	50
s2	180	200
s3	Wert über Maximalwerten oder ohne Prüfung	
Brennendes Abfallen/ Abtropfen		
Klasse	Brennendes Abtropfen	
	innerhalb von 600 Sekunden: Nein	innerhalb von 600 Sekunden: Ja länger als 10 Sekunden: Nein
d0	✓	
d1		✓
d2	Wert über Maximalwerten, Entzündung des Filterpapiers oder ohne Prüfung	

Im Gegensatz zum bisherigen nationalen Klassifizierungssystem nach DIN 4102-1 stellt das europäische Klassifizierungssystem eine größere Vielfalt von Klassen und Klassenkombinationen zur Verfügung. Dies liegt daran, dass allen Mitgliedsstaaten der EU die Möglichkeiten eines individuellen Sicherheitsniveaus gegeben werden muss. Künftig wird der Anwender also mit einer Vielzahl von Klassen konfrontiert werden, welche er in das deutsche Anforderungssystem einordnen muss. Die Zuordnung der Klassen für das Brandverhalten zu den jeweiligen bauaufsichtlichen Anforderungen erfolgt in Anlage 0.2.2 zur Bauregelliste A Teil 1.¹⁵⁵

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über das Brandverhalten von Bauprodukten nach Bauregelliste A Teil 1 Anlage 0.2.2. In ihr sind alle möglichen Kombinationen von Klassen und Zusatzkriterien enthalten. Des Weiteren ist ersichtlich, wie diese Anforderungen im Hinblick auf die deutschen bauaufsichtlichen Anforderungen zu bewerten sind.

¹⁵⁵ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

Tab. 15: Brandverhalten von Bauprodukten (außer Bodenbelägen) nach Bauregelliste A Teil 1 Anlage 0.2.2, nach [T8]

Bauaufsichtliche Anforderung	Zusatzanforderungen		Europäische Klassen nach DIN 13501-1	Klasse nach DIN 4102-1
	Kein Rauch	Kein brennendes Abtropfen/ Abfallen		
nichtbrennbar	✓	✓	A1	A1
	✓	✓	A2-s1, d0	A2
schwerentflammbar	✓	✓	B-s1, d0 C-s1, d0	B1
	✓	✓	A2-s2, d0 A2-s3, d0 B-s2, d0 B-s3, d0 C-s2, d0 C-s3, d0	
normalentflammbar		✓	D-s1, d0 D-s2, d0 D-s3, d0	B2
			D-s1, d1 D-s2, d1 D-s3, d1 D-s1, d2 D-s2, d2 D-s3, d2 E-d2	
leichtentflammbar			F	B3

3.2.7.3. DIN EN 13501-2:2003-12

Nachfolgend sind die Erläuterungen der Klassifizierungskriterien und der zusätzlichen Angaben zur Klassifizierung des Feuerwiderstandes nach Anlage 0.1.2 zur Bauregelliste A Teil 1, in Verbindung mit den Änderungen in der Bauregelliste A, Bauregelliste B und C, Ausgabe 2005/2 vom 23.12.2005 des Deutschen Instituts für Bautechnik und auf Basis der DIN EN 13501-2 tabellarisch zusammengestellt.¹⁵⁶

¹⁵⁶ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

Tab. 16: Erläuterung der Klassifizierungskriterien und der zusätzlichen Angaben zur Klassifizierung des Feuerwiderstandes auf Basis der DIN EN 13501-2, [nach T7]

Kurzzeichen (Herleitung)	Kriterium	Anwendungsbereich
R (Resistance)	Tragfähigkeit	zur Beschreibung der Feuerwiderstandsfähigkeit
E (Etancheite)	Raumabschluss	
I (Isolation)	Wärmedämmung (unter Brandeinwirkung)	
W (Radiation)	Begrenzung des Strahlungsdurchtritts)	
M (Mechanical)	Mechanische Einwirkung auf Wände (Stoßbeanspruchung)	
S (Smoke)	Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit, erfüllt die Anforderungen sowohl bei Umgebungstemperatur als auch bei 200 °C	Rauchschutztüren, (als Zusatzanforderung auch bei Feuerschutzabschlüssen), Lüftungsanlagen einschließlich Klappen
C... (Closing)	Selbstschließende Eigenschaft (ggf. mit Anzahl der Lastspiele) einschließlich Dauerfunktion	Rauchschutztüren, Feuerschutzabschlüsse (einschließlich Abschlüsse für Förderanlagen)
P	Aufrechterhaltung der Energieversorgung und/oder Signalübermittlung	Elektrische Kabelanlagen allgemein
G	Rußbrandbeständigkeit	Schornsteine
K ₁ , K ₂	Brandschutzvermögen	Wand- und Deckenbekleidung (Brandschutzbekleidung)
I ₁ , I ₂	Unterschiedliche Wärmedämmungskriterien	Feuerschutzabschlüsse (einschließlich Abschlüsse für Förderanlagen)
...200, 300, ... °C	Temperaturbeanspruchung (Angabe)	Rauchschutztüren
i → o i ← o I ↔ o (in - out)	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Nichttragende Außenwände, Installationsschächte/-kanäle, Lüftungsanlagen/-klappen
a ↔ b (above - below)	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Unterdecken
v _e , h ₀ (vertikal, horizontal)	für vertikalen/ horizontalen Einbau klassifiziert	Lüftungsanlagen/-klappen

Von den Versuchsergebnissen müssen die Kombinationen der Klassen und Zeiten für R, E, I und W abgeleitet werden. Es dürfen nur die Kombinationen für die jeweiligen Bauteile verwendet werden, die in den entsprechenden Abschnitten der DIN EN 13501 definiert sind. Die Kennzeichnungsbuchstaben S, M und C zur Erweiterung der Leistungsparameter müssen hinzugefügt werden, soweit sie zutreffend sind und soweit die Bedingungen erfüllt werden. Die

Klassifizierung wird gem. DIN EN 13501-2 nach folgender Aufstellung durchgeführt:¹⁵⁷

R	E	I	W	t	t	t	-	M	C	S	*	*	*	*
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Das * steht dabei für weitere Kurzzeichen.

Nachfolgende Tabelle zeigt nun beispielhaft eine Übersicht der Bezeichnungen für unterschiedliche Bauteile nach DIN 4102 und DIN EN 13501.

Tab. 17: Beispielhafte Übersicht von Bezeichnungen für unterschiedliche Bauteile nach DIN 4102 und DIN EN 13501, nach [T8]

Bauaufsichtliche Benennung	Tragende Bauteile		Nichttragende Innenwände	Nichttragende Außenwände
	Ohne Raumabschluss	Mit Raumabschluss		
feuerhemmend	R30	REI30	EI30	E30 (i → o) und E30 (i ← o)
	F30	F30	F30	W30
hochfeuerhemmend	R60	REI60	EI60	E60 (i → o) und E60 (i ← o)
	F60	F60	F60	W60
feuerbeständig	R90	REI90	EI90	E90 (i → o) und E90 (i ← o)
	F90	F90	F90	W90
	R120	REI120		
	F120	F120		
Brandwand		REI-M 90	EI-M 90	

¹⁵⁷ http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf - (23.09.2009)

4. Zusammenfassung

Mit diesem Skript hat der Verfasser mittels ausführlicher Internet- und Literaturrecherche ein Skript erarbeitet, welches als Grundlage für die Master-Thesis „Erfassung und Beseitigung von Brandschutzmängeln an einem Gebäude der Bundeswehruniversität in Hamburg am Beispiel der Deckenkonstruktion“ dienen soll.

Im ersten Teil dieser Erarbeitung hat sich der Verfasser mit den allgemeinen Grundlagen des Brandschutzes befasst. Von der Brandentstehung und dessen Ursachen, über den Brandverlauf, bis hin zu den Brandschutzmaßnahmen und Brandschutzkonzepten wurden alle für die Master Thesis relevanten Themenbereiche erfasst und detailliert beschrieben.

Der zweite Teil der Grundlagenermittlung befasst sich mit den insbesondere für Hochschulgebäude relevanten gesetzlichen Grundlagen und Anforderungen. Neben einem geschichtlichen Abriss zur Entwicklung der Brandschutzgesetzgebung hat sich der Verfasser insbesondere mit Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken befasst. Neben den wesentlichen Bestimmungen aus den einzelnen Rechtsgebieten, wie beispielsweise Bauordnungsrecht, Arbeitsschutzrecht, Anlagen- und Gerätesicherheitsrecht, Unfallverhütungsrecht und Haushaltsrecht werden die unterschiedlichen für den Brandschutz relevanten Normenwerke (DIN 4102 und DIN EN 13501) detailliert erläutert.

Diese Grundlagenermittlung soll einen Einblick in das Fachgebiet des Brandschutzes geben, um dem interessierten Leser so das fachliche Verständnis der Master Thesis zu vereinfachen.

Literaturverzeichnis

- B Bock/Klement: Brandschutz-Praxis für Architekten und Ingenieure, Berlin (2002)
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes, 3. Auflage, Berlin (2006)
- D Deters, Karl: Brandschutzkosten im Wohnungsbau: Kostenoptimale Auswahl von Baustoffen und Baukonstruktionen, Stuttgart (2002)
- F Frölich/Knapp: Brandschutzpraxis in der Gebäudetechnik, Essen (2000)
- H Hochschul-Informations-System (Hrsg.) – Kurzinformation Bau und Technik: Brandschutz in Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen, Hannover (1998)
- Holzmann, Ingo: Hochschul-Informations-System (HIS) - Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001)
- I Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Materialprüfanstalt für das Bauwesen TU Braunschweig (Hrsg.): Weiterbildungsseminar Brandschutz bei Sonderbauten: Kurzreferate, Heft 147, Braunschweig (2000)
- L Löbbert/Pohl/Thomas/Kruszinski: Brandschutzplanung für Architekten und Ingenieure, 5. überarbeitete Auflage, Köln (2007)
- Löhmer, S.: Risikominimierung durch Brand- und Explosionsschutz: Überblick über die chemisch-technischen Grundlagen von Bränden und Explosionen sowie die prinzipiellen „Sicherheitstechnischen Schutzmaßnahmen“, Zürich (1995)
- P Promat GmbH: Promat-Handbuch: Bautechnischer Brandschutz A3, Ratingen (2007)
- S Schmolke, Herbert: Brandschutz in elektrischen Anlagen: Praxishandbuch für Planung, Errichtung, Prüfung und Betrieb, München, Heidelberg, Berlin (2001)
- Schneider: Grundlagen der Ingenieurmethoden im Brandschutz, April (2002)
- V VDI-Gesellschaft - Technische Gebäudeausrüstung (Hrsg.): Brandschutz in der Gebäudetechnik: 8. VDI-TGA-Fachtagung, Düsseldorf (2001)
- Vogler, Hans-Jörg: Technischer Brandschutz: Einführung und Überblick, Heidelberg (2004)

- W Werner, Ulf-Jürgen: Bautechnischer Brandschutz: Planung - Bemessung – Ausführung, Basel-CH (2004)
- Willems/Schild/Dinter: Handbuch Bauphysik Teil 2: Schall- und Brandschutz, Fachwörterglossar deutsch-englisch, englisch-deutsch, Wiesbaden (2006)

Quellenverzeichnis

Internet-Adressen

- B Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution,
Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV),
<http://www.bge.de/asp/dms.asp?url=gv/arbstaettv/inhalt.htm>
September 2009
- Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution,
Arbeitsstätten-Richtlinie (ASR),
<http://www.bge.de/asp/dms.asp?url=gv/asr/inhalt.htm>
September 2009
- BFT Cognos - Sachverständige, Berater, Gutachter,
Diplomarbeit,
Schutzzielorientierte Entrauchungskonzepte,
<http://www.bft-cognos.de/dl/DA2.pdf>
September 2009
- Bundesregierung,
Verwaltungsvorschriften im Internet,
Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes
RBBau,
http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_08112005_B10811113.htm
September 2009
- C CPH – Cellulose Dämmstoff Produktion,
Brandrisiken brennbarer Dämmstoffe,
http://www.cph.at/oeffent/brandrisiken_brennbarer_daemmstoffe_hf.pdf
September 2009
- F Feuerwehr Forchheim,
Allgemeine Geschichte des Feuerlöschwesens,
<http://www.ffw-forchheim.de/loeschwe.htm>
September 2009
- Feuer & Rauch,
Brandtote sind Rauchtote,
<http://www.feuer-und-rauch.de/gefahr.html>
September 2009
- Feuerwehr und Rettungsdienst Landeshauptstadt Düsseldorf,
Risiko Wohnungsbrand,
http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/pdf/alle/risiko_wohnungsbrand.pdf
September 2009

- F Feuerwehr und Rettungsdienst Landeshauptstadt Düsseldorf,
 Wärmebildkamera,
[http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/2005k/waermebildkamer
 a.shtml](http://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/2005k/waermebildkamer

 a.shtml)
 September 2009
- Feuerwehr Witten – Löscheinheit Buchholz,
 Flash Over,
<http://www.loescheinheit-buchholz.de/myhp/flash.htm>
 September 2009
- Freiwillige Feuerwehr Göllersdorf,
 Vorgeschichte,
<http://www.ff-goellersdorf.at/chronik/002vorgeschichte.htm>
 September 2009
- Freiwillige Feuerwehr Mühlhausen,
 Löschmittel,
[http://www.ff-
 muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/loeschmittel.htm](http://www.ff-muehlhausen.de/Ausbildung/Loeschmittel/loeschmittel.htm)
 September 2009
- Freiwillige Feuerwehr Pflugdorf Stadl,
 Chronik,
[http://www.feuerwehr-pflugdorf-
 stadl.be/downloads/chronik/chronik.pdf](http://www.feuerwehr-pflugdorf-

 stadl.be/downloads/chronik/chronik.pdf)
 September 2009
- Freiwillige Feuerwehr Tastrup,
 Verbrennungslehre-Löschlehre,
[www.einsatzberichte-feuerwehr-
 tastrup.tastrup.com/Verbrennungslehre_Loeschlehre.ppt](http://www.einsatzberichte-feuerwehr-

 tastrup.tastrup.com/Verbrennungslehre_Loeschlehre.ppt)
 September 2009
- G GEO Service,
 Ingenieurbüro für Geotechnik,
 Grundlagen der Bauphysik,
http://www.geo-s.de/Downloads/Grundlagen_der_Bauphysik.pdf
 September 2009
- GIS Dienstleistungen,
 Geschichte des Brandschutzes in Europa,
http://www.gis-plan.de/historisches/brandschutz_europa.html
 September 2009
- GLORIA Feuerlöschgeräte,
 Informationsmaterial,
 Brandklassen nach DIN EN 2,
[http://www.gloria.de/utcfs/Templates/Pages/Template-
 66/0,8070,pageld%3D8858&siteId%3D446,00.html](http://www.gloria.de/utcfs/Templates/Pages/Template-

 66/0,8070,pageld%3D8858&siteId%3D446,00.html)
 September 2009

- H HAWK – Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst
Hildesheim,
Fakultät Bauwesen,
Baukonstruktion und Bauphysik,
Vorlesungsskripte zur Bauphysik – Brandschutz,
http://www.bbs-international.com/webfm_send/576
September 2009
- Höfs, Tobias E.,
Diplomarbeit,
Konzeptionierung einer einsatzorientierten Atemschutzausbildung für
freiwillige Feuerwehren
<http://www.atemschutztraining.de/download/HoefsDiplomarbeitAtemschutzausbildung.pdf>
September 2009
- I Informationsdienst Holz,
Grundlagen des Brandschutzes,
<http://www.derix.de/files/brandschutz.pdf>
September 2009
- Informationsplattform des Wirtschaftsministeriums Baden-
Württemberg,
Spanende Bearbeitungsverfahren,
<http://www.umweltschutz-bw.de/?lvl=352>
September 2009
- Innung Koblenz,
Der Schornsteinfeger,
Toxische Wirkung von Kohlenmonoxid
http://www.schornsteinfeger-innung-koblenz.de/bilder_rlp/files/co2.pdf
September 2009
- Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung
der öffentlichen Versicherer e.V.,
IFS Report - 9. Jahrgang - März 2006,
http://www.ifs-kiel.de/03_info/ifs_report/2006/IFS_Report_Mar_2006.pdf
September 2009
- M MedizinInfo,
Verbrennungen,
<http://www.medizininfo.de/hautundhaar/sonne/verbrennungen.htm>
September 2009
- Minimax GmbH & Co. KG,
Ausbildungs- und Unterweisungsprogramm für den Brandschutz,
Handbuch,
<http://www.jwsl.de/aktion2004/pdf/zs-anleitung.pdf>
September 2009

- M Museum der deutschen Versicherungswirtschaft,
100 Daten zur Versicherungsgeschichte,
<http://www.versicherungs-geschichte.de/en/historisches-ab-1750-vchr.html>
September 2009
- O OBO Bettermann,
BSS Brandschutz-Systeme,
<http://www.obo-bettermann.com/downloads/de/kataloge/bss.pdf>
September 2009
- R Ruhr-Universität Bochum,
AG Baukonstruktionen und Bauphysik,
Scriptum zur Lehrveranstaltung Bauphysik I,
Themenbereich Brandschutz,
http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf
September 2009
- S Staatliche Seminare Baden-Württemberg,
Feuer und Flamme,
<http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvpx6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf>
September 2009
- T Technische Universität Darmstadt,
Sicherer Umgang mit flüssigem Stickstoff in Hochschulen,
http://www1.tu-darmstadt.de/pvw/dez_iv/a/arbeitsicherheit/fln.tud
September 2009
- U Universität Duisburg-Essen,
Duepublico,
Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit der
Ionenmobilitätsspektrometrie als Detektionsverfahren für flüchtige
Thermolyseprodukte bei der Entstehung von Bränden
<http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf>
September 2009
- V Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.,
Leitfaden – Ingenieurmethoden des Brandschutzes,
http://www.vfdb.de/download/Leitfaden_Ingenieurmethoden_Juni_2009.pdf
September 2009
- W Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Arbeitsschutzgesetz,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsschutzgesetz>
September 2009

- W Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Arbeitsstättenrichtlinie,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsst%C3%A4ttenrichtlinien>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Brandklasse,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Brandklasse>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Brandschutzkonzept,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Brandschutzkonzept>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Brandursachen,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Brand#Ursachen>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Explosion,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Explosion>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Feuer,
http://de.wikipedia.org/wiki/Feuer#Pr.C3.A4historische_Feuernutzung
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Haushaltsrecht,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Haushaltsrecht>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Haushaltsgrundsatzgesetz,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Haushaltsgrunds%C3%A4tzeGesetz>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Kohlenstoffdioxid,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Metallbrand,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Metallbrand>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Raucharme Schicht,
http://de.wikipedia.org/wiki/Raucharme_Schicht
September 2009

- W Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Sauerstoff,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sauerstoff>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Schwelbrand,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Schwelbrand>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Selbstentzündung,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Selbstentz%C3%BCndung>
September 2009
- Wikipedia – Die freie Enzyklopädie,
Wärmestrahlung,
<http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmestrahlung>
September 2009

Sonstige Quellen

- F FeuerTrutz: Brandschutzatlas auf DVD, Version 9/2008, 14. Aktualisierung, Köln (2008)
- R Riesner, F.: Mitschriften des WPM 18 – Katalog A: Brandschutz/Planen und Entwerfen im Bestand, Hochschule Wismar

Richtlinien und Normen

Deutsches Institut für Normung (DIN):

- DIN EN 2 „“ vom Juni 2009
- DIN EN 3 „“ vom Dezember 2008
- DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“
- DIN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“
- DIN EN ISO 13943 „“ vom Januar 2000
- DIN 14011 „“ vom November 2003
- DIN 14090 „“ vom Januar 2000
- DIN 14406 „“ vom Oktober 1988

Sonstiges:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) vom August 1996
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) vom 12. August 2004
- Arbeitsstättenrichtlinie (ASR)

- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Berufsgenossenschaftliche Regeln (BGR)
- Brandschutztechnische Auslegungen (BTA) der HBauO durch den Bauprüfdienst (BPD) vom Januar 2007
- Deutsches Grundgesetz
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW): Technische Regel: Arbeitsblatt W 405: Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung, Bonn (Februar 2008)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 23. Dezember 2004
- Hamburgischen Bauordnung vom 01.04.2006 – zuletzt geändert am 17.02.2009 (HBauO 2006)
- Haushaltssatzengesetz (HGrG)
- Musterbauordnung vom November 2002 – zuletzt geändert im Oktober 2008 (MBO 2002)
- Musterschulbaurichtlinie (MSchulbauR) vom Juli 1998
- Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (LAR) vom November 2006
- Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (LüAR) vom November 2006
- Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau) Ausgabe 2003
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
- Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF)
- Versammlungsstättenverordnung (VStättVO) vom August 2003 – zuletzt geändert im September 2007

Abkürzungsverzeichnis

<i>A1, A2</i>	Baustoffklasse - nichtbrennbare Baustoffe
<i>ABP</i>	Allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis
<i>ArbSchG</i>	Arbeitsschutzgesetz
<i>ArbStättV</i>	Arbeitsstättenverordnung
<i>ARGEBAU</i>	Bauministerkonferenz
<i>ASR</i>	Arbeitsstättenrichtlinie
<i>B1, B2, B3</i>	Baustoffklasse - brennbare Baustoffe
<i>BauNVO</i>	Baunutzungsverordnung
<i>BauO NW</i>	Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen
<i>BayBauO</i>	Bayerische Bauordnung
<i>BetrSichV</i>	Betriebssicherheitsverordnung
<i>BGR</i>	BG-Regeln/Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
<i>BGV</i>	BG-Vorschriften/Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
<i>BHO</i>	Bundeshaushaltsordnung
<i>BMA</i>	Brandmeldeanlagen
<i>BPD</i>	Bauprüfdienst
<i>CO</i>	Kohlenmonoxid
<i>CO₂</i>	Kohlendioxid
$\Delta f(t)$	zeitabhängiges Durchbiegungsintervall in cm
Δt	Zeitintervall in Eine-Minute-Schritten
$\Delta\theta(t)$	zeitabhängige Temperaturdifferenz gegen die Ausgangstemperatur in [K]
<i>DIBt</i>	Deutsches Institut für Bautechnik
<i>DIN</i>	Deutsches Institut für Normung
<i>DVGW</i>	Deutscher Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
<i>ETK</i>	Einheits-Temperaturkurve
<i>F, R, T</i>	Feuerwiderstandsklassen gemäß DIN 4102
<i>FeuVO</i>	Feuerungsverordnung
<i>GDV</i>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
<i>GefStoffV</i>	Gefahrstoffverordnung
<i>GKL</i>	Gebäudeklasse
<i>h</i>	statische Höhe des Balkens

<i>HBauO</i>	Hamburgische Bauordnung
<i>HGrG</i>	Haushaltsgrundsätzegesetz
<i>IFS</i>	Institut für Schadenverhütung und Schadensforschung der öffentlichen Versicherer e.V.
l^2	Stützweite des Balkens in cm
<i>LAR</i>	Leitungsanlagenrichtlinie
<i>LHO</i>	Landeshaushaltsordnung
<i>LöRüRI</i>	Löschwasserrückhalterichtlinie
<i>LüAR</i>	Lüftungsanlagenrichtlinie
<i>MBO</i>	Musterbauordnung
O_2	Sauerstoff
<i>R, REI, E, EI...</i>	Feuerwiderstandsklassen gemäß DIN EN 13501
<i>RBBau</i>	Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes
<i>RLBau</i>	Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Landes
<i>RWA</i>	Rauch- und Wärmeabzugsanlage
<i>SIB</i>	Single Burning Item Test
<i>SMOGRA</i>	Smoke Growth Rate
t	Zeit in [min]
$\theta(t)$	Brandraumtemperatur zum Zeitpunkt t in [K]
$\theta_{t=0}$	Temperatur der Probekörper zum Zeitpunkt $t=0$ (Versuchsbeginn) in [K]
<i>TRbF</i>	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
<i>TRGS</i>	Technische Regeln für Gefahrstoffe
<i>TSP</i>	Total Smoke Production
<i>VbF</i>	Verordnung über brennbare Flüssigkeiten
<i>VdS</i>	Vertrauen durch Sicherheit (VdS Schadenverhütung GmbH)
<i>vfdb</i>	Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes
<i>VStättVO</i>	Versammlungsstättenverordnung

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung der Brandursachen aus dem Jahr 2005 gem. Institut für Schadensverhütung, [A1]	8
Abb. 2: Detailbetrachtung von Brandschäden infolge Elektrizität, menschliches Fehlverhalten und offenes Feuer für den Zeitraum von 2000 bis 2005, [A1]	9
Abb. 3: Darstellung der Voraussetzung eines Brandes (Branddreieck), [A2]	10
Abb. 4: Schematische Darstellung der 5 Phasen eines typischen Zimmerbrandes, verändert nach [A3]	20
Abb. 5: Verlauf der Einheits-Temperaturkurve (ETK) nach DIN 4102-2 für einen Normbrand in einer Brandkammer, [A4]	24
Abb. 6: Übersicht Brandprodukte, verändert nach [A2]	25
Abb. 7: Rauchentwicklung unterschiedlicher Materialien, verändert nach [A5]	25
Abb. 8: Schematische Darstellung der Bildung von Pyrolysegasen, [A6]	30
Abb. 9: Schematische Darstellung zur Rauchdurchzündung („flash over“), [A6]	30
Abb. 10: Bereiche des Brandschutzes, verändert nach [7]	32
Abb. 11: Prinzip der „raucharmen Schicht“, [A8]	51
Abb. 12: Anforderungen aus rechtlichen Vorschriften und Regelwerken, verändert nach [A7]	57

Abbildungsnachweis

- [A1] http://www.ifs-kiel.de/03_info/ifs_report/2006/IFS_Report_Mar_2006.pdf
- [A2] Grafik erstellt vom Verfasser
- [A3] <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5153/04Einleitung.pdf> - (09.09.2009)
- [A4] http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf
- [A5] Diagramm erstellt vom Verfasser
- [A6] <http://www.atenschutztraining.de/download/HoefsDiplomarbeitAtenschutzausbildung.pdf> - (10.09.2009)
- [A7] Holzkamm, Ingo: Hochschul-Informationssystem (HIS) - Hochschulplanung Band 150: Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in Hochschulen, Hannover (2001)
- [A8] <http://www.fbs-seevetal.de/grafik/abstaende.jpg> - September 2009

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Entzündungstemperaturen brennbarer Feststoffe, [T1]	13
Tab. 2: Einteilung brennbarer Flüssigkeiten gem. TRbF 20, [T2].....	14
Tab. 3: Zündtemperaturen unterschiedlicher brennbarer Gase, [T1]	14
Tab. 4: Wirkung von Sauerstoff auf den Menschen, [T3]	46
Tab. 5: Wirkung von Kohlenstoffdioxid auf den Menschen, [T4].....	46
Tab. 6: Wirkung von Kohlenstoffmonoxid auf den Menschen, [T5].....	47
Tab. 7: Teile der DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, nach [T6].....	71
Tab. 8: Baustoffklassen und ihre bauaufsichtliche Benennung gem. DIN 4102-1:1998-5, nach [T7].....	72
Tab. 9: Zusammenstellung erforderlicher Prüfungen zur Baustoffklassifizierung gem DIN 4102-1, verändert nach [T7]	74
Tab. 10: Überblick über die Feuerwiderstandsklassen und ihre verwendeten bauaufsichtlichen Benennungen, [T8]	75
Tab. 11: Zusammenstellung der Sonderbauteile nach DIN 4102, verändert nach [T8]	76
Tab. 12: Teile der DIN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihren Brandverhalten“, nach [T9].....	78
Tab. 13: Klassifizierungen, Prüfverfahren, Kriterien und Zusatzkriterien nach DIN 13501, [T8]	79
Tab. 14: Klassifizierung des Zusatzkriteriums Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/ Abfallen, verändert nach [T8]	80
Tab. 15: Brandverhalten von Bauprodukten (außer Bodenbelägen) nach Bauregelliste A Teil 1 Anlage 0.2.2, nach [T8]	81
Tab. 16: Erläuterung der Klassifizierungskriterien und der zusätzlichen Angaben zur Klassifizierung des Feuerwiderstandes auf Basis der DIN EN 13501-2, [nach T7]	82
Tab. 17: Beispielhafte Übersicht von Bezeichnungen für unterschiedliche Bauteile nach DIN 4102 und DIN EN 13501, nach [T8]	83

Tabellennachweis

- [T1] <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/-s/34a2001fxgjscgvp6y97llzghkkrpj/show/1236421/nwa-tag-2008-feuer-und-flamme.pdf> - (08.09.2009)
- [T2] Erstellt vom Verfasser auf Grundlage der Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten
- [T3] http://www1.tu-darmstadt.de/pvw/dez_iv/a/arbeitsicherheit/fln.tud
- [T4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid>
- [T5] http://www.schornsteinfeger-innung-koblenz.de/bilder_rlp/files/co2.pdf
- [T6] Gemäß DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“
- [T7] http://www.ruhr-uni-bochum.de/bauko/downloads/bph1_brandschutz.pdf
- [T8] Willems/Schild/Dinter: Handbuch Bauphysik Teil 2: Schall- und Brandschutz, Fachwörterglossar deutsch-englisch, englisch-deutsch, Wiesbaden (2006)
- [T9] Gemäß DIN EN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihren Brandverhalten“