



<u>Veranstaltung:</u>	Gruppenführungslehrgang B-III
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Baukunde
<u>Thema:</u>	-
<u>Ausgabe:</u>	07.07.2021
<u>Zuständig:</u>	Abteilung 3, Fachgruppe 33
<u>Bearbeitet von:</u>	Sebastian Kneip
<u>Literaturhinweis:</u>	Brandschutzatlas; J. Mayr, L. Battran Fachwissen Feuerwehr – Baukunde, 3. Auflage Schneider – Bautabellen für Ingenieure, 23. Auflage DIN 4102, DIN EN 13501 Hessische Verwaltungsvorschrift Technische Baustimmungen (H-VV TB) – Ausgabe 2017/1 mit Änderungserlass vom 22.11.2018 Hessische Bauordnung 2018, Stand Juni 2020 Baunutzungsverordnung 1962, Stand Juni 2021

Inhalt

1	Einführung.....	3
2	Baustoffe und Bauteile im Allgemeinen.....	4
2.1	Begriff "Baustoff"	4
2.2	Begriff "Bauteil"	4
2.3	Begriff „Bauart“ und „Bauweise“	5
2.4	Brandverhalten von Baustoffen	6
2.4.1	Baustoffklassen nach der DIN 4102	6
2.4.2	Baustoffklassen nach der DIN EN 13501	7
2.5	Brandverhalten von Bauteilen	8
2.5.1	Begriff „Feuerwiderstand“ eines Bauteils	8
2.5.2	Feuerwiderstandsklassen nach der DIN 4102	9
2.5.3	Feuerwiderstandsklassen nach der DIN EN 13501	9
3	Baustoff „Holz“	11
3.1	Verwendung von Holz im Bauwesen	11
3.2	Baustoff Holz: Eigenschaften	11
3.2.1	Brandverhalten	11
3.3	Verbindungen von Knotenpunkten	13
3.3.1	Brandverhalten der Verbindungsarten von Knotenpunkten	13
3.3.2	Nagelplatten-Konstruktionen	14
3.4	Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Holzbauteilen	14
3.5	Typische Bauteile aus dem Baustoff Holz	15
3.5.1	Dachkonstruktionen	15
3.5.2	Holzskelettbauarten	17
4	Baustoff „Stein“	18
4.1	Anwendungsbereich von Steinen	18
4.2	Eigenschaften und Brandverhalten von künstlichen und natürlichen Steinen	18
4.2.1	Natürliche Steine	19
4.2.2	Künstliche Steine	19
4.3	Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Bauteilen aus Steinen	19
5	Baustoff „Stahl“	20
5.1	Verwendung von Stahl im Bauwesen	20
5.2	Eigenschaften und Brandverhalten	21
5.3	Verbesserung des Brandverhaltens von Stahlbauteilen	21
5.4	Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Stahlbauteilen	22

6	Baustoff „Stahlbeton“	22
6.1	Verwendung von Stahlbeton im Bauwesen	22
6.2	Prinzip des Stahlbetons	23
6.3	Unterschiede im Stahlbetonbau	24
6.4	Eigenschaften von Stahlbeton und Spannbeton	24
6.5	Brandverhalten von Stahlbetonbauteilen und Spannbetonbauteilen	25
6.5.1	Brandverhalten von Stahlbetonbauteilen	25
6.5.2	Brandverhalten von Spannbetonbauteilen	25
6.5.3	Fazit	25
6.6	Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Stahl- und Spannbetonbauteilen	26
7	Baustoff „Kunststoff“	26
7.1	Verwendung von Kunststoffen im Bauwesen	26
7.2	Eigenschaften und Brandverhalten von Kunststoffen	26
7.3	Brandverhalten	27
7.4	Besondere Maßnahmen im Einsatz	27
7.4.1	Einsatzstellenhygiene	28
7.5	Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)	28
7.5.1	Besondere Maßnahmen im Brandfall (WDVS)	28
8	Baustoff „Glas“	29
8.1	Anwendungsmöglichkeiten von Verglasungen im Bauwesen	29
8.2	Verglasungen und Glasarten im Bauwesen	29
8.3	Eigenschaften und Brandverhalten von Verglasungen	29
8.3.1	Temperaturwechselbeständigkeit	29
8.3.2	Aspekte der Zerstörung der Verglasung des Brandraums	30
8.4	Besondere Maßnahmen im Einsatz	30
9	Allgemeine Maßnahmen im Einsatz	31
10	Quellenverzeichnis	31

1 Einführung

Bekanntermaßen findet der größte Teil aller Brände in baulichen Anlagen statt. Aus diesem Grund ist es für den Feuerwehrmann / die Feuerwehrfrau unerlässlich, sich grundlegende Kenntnisse aus dem Bereich der Baukunde anzueignen. Der Gruppenführer / die Gruppenführerin benötigt diese Kenntnisse, um eine mögliche Brandausbreitung sowie eine Einsturzgefahr erkennen zu können.



Abbildung 1_ Grafik_BK08_HLFS, Baukunde Einführung

2 Baustoffe und Bauteile im Allgemeinen

2.1 Begriff "Baustoff"

Baustoffe werden zum Errichten von Gebäuden verwendet. Sie werden unverändert eingebaut oder zur Erstellung / Errichtung von Bauteilen verwendet. Baustoffe kommen natürlich vor oder werden künstlich hergestellt. Sie können aus organischen oder anorganischen Materialien bestehen.

Baustoffe sind z. B.: Holz, Stein, Lehm, Ton, Stahl, Beton, etc.. Die unterschiedlichen Baustoffe verfügen über eine Vielzahl unterschiedlicher Eigenschaften. Insbesondere das Brandverhalten der Baustoffe unterscheidet sich erheblich.

2.2 Begriff "Bauteil"

Bauteile sind Bestandteile eines Gebäudes wie z. B. Wände, Decken, Stützen, Sparren, Treppen etc.. Bauteile werden aus einem Baustoff (z. B. Holzstütze) oder aus mehreren Baustoffen (z. B. Mauerwerkswand = Steine + Mörtel) hergestellt und können unterschiedliche Aufgaben in einem Gebäude übernehmen.

Die Aufgaben werden unterteilt in:

- **Tragende Bauteile** dienen der vertikalen Lastabtragung. Diese Bauteile, wie z. B. Wände oder Stützen, leiten die Lasten in das Fundament weiter.
- **Aussteifende Bauteile** dienen der horizontalen Lastabtragung. Diese Bauteile z. B. die Diagonalen eines Fachwerkes, Windrispen eines Dachstuhls oder aneinander gebaute Wände sorgen dafür, dass das Gebäude sich nicht „schiefstellt“, z. B. bei starkem Wind.
- **Raumabschließende Bauteile** haben die Aufgabe, Feuer, Rauch und Wärme nicht oder nur sehr begrenzt (Wärme) auf die dem Brand abgewandte Seite durchzulassen. Das klassische raumabschließende Bauteil ist eine Brandwand.

Eine Wand eines Gebäudes kann eine Aufgabe (z. B.: tragend) oder mehrere Aufgaben gleichzeitig übernehmen. Eine Brandwand kann z. B. auch eine tragende Funktion in dem Gebäude besitzen.

Welche Aufgabe ein Bauteil in einem Gebäude tatsächlich hat, lässt sich nur durch die Bauunterlagen des Gebäudes abschließend klären. Fachleute können die Aufgaben der Bauteile evtl. abschätzen.

2.3 Begriff „Bauart“ und „Bauweise“

Die **Bauart** nach der Hessischen Bauordnung ist das Zusammenfügen von Bauprodukten (Baustoffe und Bauteile) zu baulichen Anlagen oder zu Teilen von baulichen Anlagen. Sie beschreibt auf welche Art eine bauliche Anlage (z. B. ein Gebäude) zusammengefügt und errichtet ist.

Im Groben kann hier nach der Art des Zusammenfügens und nach den Baustoffen unterschieden werden.

Unterscheidung nach der Zusammenfügung	Unterscheidung nach Baustoffen
• Massivbauart • Tafelbauart • Skelettbauart • Fachwerkbauart	• Holzbau • Stahlbau • Betonbau • Mauerwerksbau

Tabelle 1_Beispiele zur Unterscheidung des Begriffs „Bauart“

Hingegen beschreibt die **Bauweise** nach der Baunutzungsverordnung die Anordnung von Gebäuden auf den Grundstücken. Hier werden die offene Bauweise und die geschlossene Bauweise unterschieden.

Offene Bauweise sind Gebäude mit seitlichem Grenzabstand als Einzelhaus, Doppelhaus oder Hausgruppe mit einer Länge von höchstens 50 m

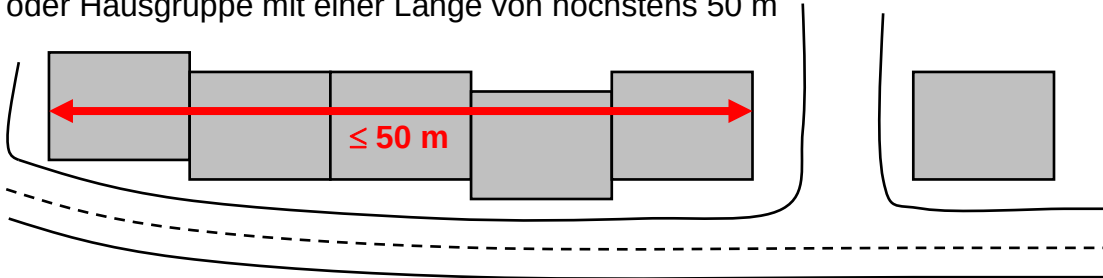


Abbildung 2_Beiispiel offene Bauweise

Geschlossene Bauweise sind Gebäude ohne seitlichen Grenzabstand

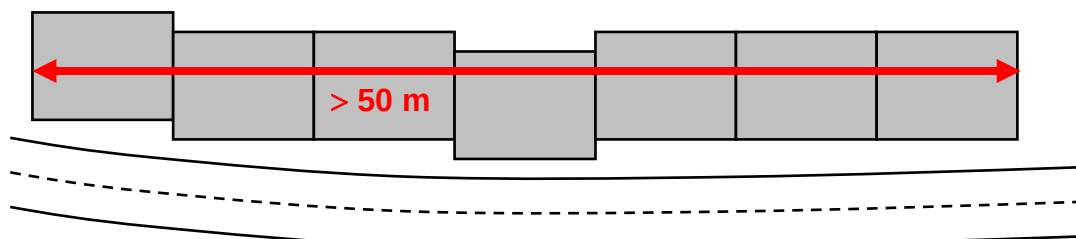


Abbildung 3_Beiispiel geschlossene Bauweise

2.4 Brandverhalten von Baustoffen

Baurechtliche Anforderungen an Baustoffe gemäß der Hessischen Bauordnung können sein:

- nicht brennbar,
- schwer entflammbar,
- normal entflammbar und
- leicht entflammbar.

Was unter den gesetzlichen Anforderungen zu verstehen ist, wird durch die Einteilung in die Baustoffklassen nach der Norm DIN 4102 konkretisiert.

Hierbei werden unter anderem die Abbrandrate, Zündenergie, Rauchentwicklung oder das brennende Abtropfen berücksichtigt. Baustoffe können grob in „brennbar“ und „nicht brennbar“ unterteilt werden.

Je nach Gebäudeart und Größe werden baurechtliche Anforderungen an das Brandverhalten der verwendeten Baustoffe gestellt. Hierzu zählen grundsätzlich keine Einrichtungsgegenstände oder Lagergut.

Die Baustoffklasse eines Baustoffes wird auf dem Baustoff, im Lieferschein oder der Verpackung vermerkt.

2.4.1 Baustoffklassen nach der DIN 4102

Die DIN 4102 ist eine Norm, die innerhalb Deutschlands angewendet wird und die baurechtlichen Anforderungen konkretisiert. Nur aufgrund der Klassifizierungskennzeichen (z. B. B1) können keine Rückschlüsse auf die Brandnebenerscheinungen, wie z. B. die Rauchentwicklung, gemacht werden.

Baustoffe				
nichtbrennbar (Baustoffklasse A)		brennbar (Baustoffklasse B)		
ohne brennbare Bestandteile (Klasse A1)	mit brennbaren Bestandteilen (Klasse A2)	schwer entflammbar (Klasse B1)	normal entflammbar (Klasse B2)	leicht entflammbar (Klasse B3)
z. B.: Stahl, Beton, Steine	z. B.: Gipskarton- platten	z. B.: Brandschutz- behandelte Holzwerkstoffe und Kunststoffe	z. B.: Holzbauteile mit einer Dicke größer als 2 mm	z. B.: Holzbauteile mit einer Dicke unter 2 mm, Stroh

Abbildung 4_ Baustoffklassen und Beispiele nach DIN 4102 Teil 1

Leicht entflammbare Baustoffe dürfen in Gebäude grundsätzlich nicht eingebaut werden.

2.4.2 Baustoffklassen nach der DIN EN 13501

Die DIN EN 13501 ist eine Norm, die von allen europäischen Ländern angewendet wird. Durch die Verwendung einheitlicher Baustoffklassen und Prüfungen innerhalb der EU können die Baustoffe „leichter“ in andere EU-Länder verkauft werden. Es müssen keine länderspezifischen Prüfungen mehr durchgeführt werden.

Hier werden die Brandnebenerscheinungen (Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen) mit angegeben.

Eine europäische Baustoffklasse könnte z. B. lauten:

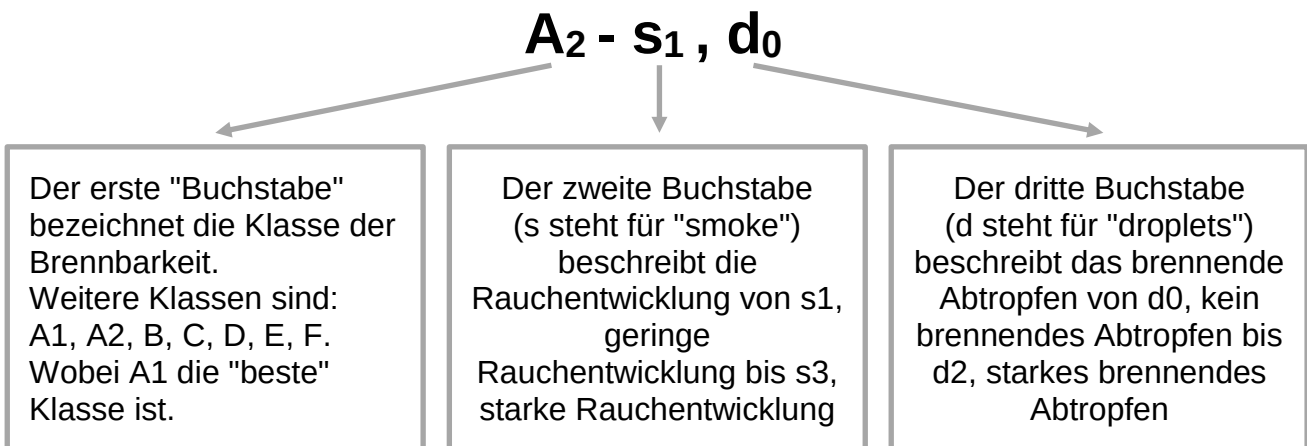


Abbildung 5_Erläuterung der Baustoffklassen nach der DIN EN 13501

Die europäischen Klassen lassen sich nicht mehr so einfach zu den baurechtlichen Anforderungen (siehe Punkt 2.4) zuordnen. Hierfür wird eine Zuordnungstabelle benötigt.

Hinweis: Die Zuordnungstabelle finden Sie im Anhang 4 der „[Hessischen Verwaltungsvorschrift Technische Bestimmungen](#)“. Die Hessische Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung wird unter dem Punkt Baurecht/ Bauordnungsrecht auf der Internetseite des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen veröffentlicht. Nachfolgend dargestellt ist ein kleiner Auszug dieser Tabelle.

Bauaufsichtliche Anforderung	<u>Mindestens</u> geeignete Klassen nach DIN EN 13501
nichtbrennbar	A2 – s1,d0
schwerentflammbar	C – s3,d2
normalentflammbar	E – d2

Tabelle 2_Bauaufsichtliche Anforderung und Zuordnung der Klassen, Auszug aus Tabelle 1.3.1 H-VV TB

2.5 Brandverhalten von Bauteilen

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch zwei wesentliche Anforderungen definiert:

- Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe die zum Herstellen des Bauteils verwendet werden (siehe 2.4, Brandverhalten von Baustoffen) und
- Anforderungen an den **Feuerwiderstand** des Bauteiles, der nachfolgend erläutert wird.

2.5.1 Begriff „Feuerwiderstand“ eines Bauteils

Die Feuerwiderstandsdauer ist die Mindestdauer in Minuten, während die Aufgaben eines Bauteils (tragend, aussteifend, raumabschließend - vgl. Punkt 2.2), bei einer Brandeinwirkung aufrecht erhalten bleiben müssen.

Die Aufgaben „tragend“ und „aussteifend“ werden hinsichtlich des Feuerwiderstandes zusammengefasst zu dem Begriff **„Standicherheit im Brandfall“**.

Somit ist unter dem Begriff „Feuerwiderstand“ der Raumabschluss und/ oder die Standicherheit im Brandfall zu verstehen.

Baurechtliche Anforderungen an Bauteile gemäß der Hessischen Bauordnung können sein:

- feuerhemmend (30 Minuten),
- hochfeuerhemmend (60 Minuten),
- feuerbeständig (90 Minuten).

Beispiel der baurechtlichen Anforderung einer klassischen **Brandwand**:

**„feuerbeständig (F 90) unter zusätzlicher mechanischer Belastung (M),
Baustoffe nicht brennbar (A)“**

Weitere Beispiele von Bauteilen, die Anforderungen an den Feuerwiderstand haben, sind Bestandteil des VB - Unterrichtes.

Die Einteilung von Bauteilen in eine Feuerwiderstandsklasse erfolgt anhand der beiden Normen DIN 4102 und DIN EN 13501. Hierbei wird im Gegensatz zur baustofflichen Einteilung (vergl. Punkt 2.3) nicht mehr nach dem brennenden Abtropfen oder der Rauchentwicklung unterschieden.

Für die Einteilung der Bauteile ist es z. B. von Bedeutung wie stark sich ein Bauteil auf der brandabgewandten Seite erwärmt oder „durchbrennt“ (Raumabschluss) oder wie groß die Querschnittsminderungen unter Brandeinwirkungen sind, bis das Bauteil nicht mehr standsicher ist (Standicherheit im Brandfall).

Die Feuerwiderstandsklasse eines Bauteils ist z. B. bei Feuerschutzabschlüssen (Brandschutztüren) mit einer Plakette auf dem Bauteil selber gekennzeichnet. Bauteile wie Wände, Stützen oder Decken werden nicht direkt gekennzeichnet. Die Feuerwiderstandsfähigkeit kann z. B. aus den Bauunterlagen eines jeweiligen Gebäudes entnommen werden.

Die Bauteile müssen nach bestimmten Vorgaben errichtet werden, um die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit erreichen zu können.

2.5.2 Feuerwiderstandsklassen nach der DIN 4102

Die DIN 4102 besteht aus mehreren Normteilen, in denen die verschiedenen Bauteile klassifiziert werden und je nach Bauteil eigene „Kurzbezeichnungen“ erhalten.

Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt eine kleine Auswahl von Bauteilen und deren Kurzbezeichnung nach DIN 4102.

Bauteil	feuerhemmend	hochfeuerhemmend	feuerbeständig
Tragende Wände, Decken, Stützen (mit und ohne Raumabschluss)	F 30	F 60	F 90
Feuerschutzabschlüsse mit Rauchschutz „RS“ nach DIN 18095	T 30-RS	T 60-RS	T 90-RS
Brandwand (siehe 2.5.1)	-	-	F 90-A+M

Tabelle 3_Beispiele von Feuerwiderstandsklassen nach H-VV TB, Anhang 4

2.5.3 Feuerwiderstandsklassen nach der DIN EN 13501

Die europäische Norm DIN EN 13501 klassifiziert neben den Baustoffen (siehe Punkt 2.4.2) auch die Bauteile. Die Bauteile werden, im Gegensatz zur DIN 4102, nach Leistungseigenschaften klassifiziert und mit einem Kurzzeichen angegeben.

Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt eine kleine Auswahl von Leistungseigenschaften und deren Kurzzeichen nach DIN EN 13501.

Kurzzeichen	Leistungseigenschaft
R (Resistance)	Tragfähigkeit
E (Étanchéité)	Raumabschluss (hier nur Verhinderung Feuerdurchtritt und heiße Gase)
I (Isolation)	Wärmedämmung unter Brandeinwirkung
W (Radiation)	Begrenzung des Strahlungsdurchtritts
M (Mechanical)	Mechanische Einwirkung auf Wände (Stoßbeanspruchung)
Weitere Leistungseigenschaften für Feuerschutzabschlüsse	
S₂₀₀	Rauchdichtheit bei 200°C (Rauchschutz)
S_a	Rauchdicht bei Umgebungstemperatur
C	Selbstschließend

Tabelle 4_Beispiele von Leistungseigenschaften nach DIN EN 13501-2 (5.2)

Die Zuordnung zu den baurechtlichen Anforderungen (siehe Punkt 2.5.1) erfolgt ebenfalls über Zuordnungstabellen der H-VV TB Anhang 4.

In der Tabelle 5 sind die Bauteile aus der Tabelle 3 zum Vergleich der „Kurzbezeichnungen“ nach dem europäischen System dargestellt.

Bauteil	feuerhemmend	hochfeuerhemmend	feuerbeständig
Tragende Wände, Stützen (ohne Raumabschluss)	R 30	R 60	R 90
Tragende und raumabschließende Wände und Decken	REI 30	REI 60	REI 90
Feuerschutzabschlüsse mit Rauchschutz „S ₂₀₀ “ nach DIN EN 16034	El ₂ 30- S ₂₀₀ C ₅	El ₂ 60- S ₂₀₀ C ₅	El ₂ 90 - S ₂₀₀ C ₅
Brandwand (siehe 2.5.1 und vergl. 2.5.2)			REI 90 - M mind. A2 –S1,d0

Tabelle 5_Beispiele von Feuerwiderstandsklassen nach H-VV TB, Anhang 4

3 Baustoff „Holz“

3.1 Verwendung von Holz im Bauwesen

Holz wird im Bauwesen in vielfältiger Weise verwendet, sowohl für tragende und nicht tragende Bauteile, als auch für rein dekorative Zwecke.

Typische Verwendungsformen sind z. B.

- Vollholz (z. B. Kanthölzer, Balken, Bretter aus Nadelholz),
- Verleimte Werkstoffe aus Holz (z. B. Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz),
- Holzwerkstoffe (z. B. Sperrholz, Spanplatten, Holzfaserplatten, OSB - Platten).

Bauteile aus Holz können z. B. Dachkonstruktionen, Balkendecken, Fachwerke, Hallentragwerke, Gerüste, Treppen, Fenster und Bekleidungen sein.

3.2 Baustoff Holz: Eigenschaften

Holz...

- ist ein brennbarer Baustoff.
- leitet die Wärme nur in sehr geringem Umfang.
- dehnt sich bei Erwärmung nur in geringem Umfang aus.

3.2.1 Brandverhalten

Durch die starke Erwärmung des Holzes erfolgt eine chemische Zersetzung unter Bildung von Holzkohle und brennbarer Gase (Holzgase). Durch die sich bildende Holzkohleschicht wird der „heile“ Restquerschnitt des Holzes durch die

- isolierende Wirkung (Schutz vor einer raschen Durchwärmung),
- Verminderung des Sauerstoffzutrittes,
- Verringerung der Holzgasbildung geschützt und der Abbrand verlangsamt.

Die Abbrandgeschwindigkeit ist abhängig

- von der Holzart,
- der Art der Beschaffenheit (z. B. Risse) sowie
- der Brandangriffsseite (Balkenober- oder Unterseite).

Die Abbrandgeschwindigkeit beträgt im Mittel etwa 1 mm/min.

Daher sind großformatige Holzbauteile im Normalfall nach Beginn der Brandeinwirkung noch relativ lange standsicher. Dünne, filigrane Holzbauteile versagen in der Regel schneller.

Ein Holzbauteil ist bis ca. 50% „heiler“ Restquerschnitt noch tragfähig. Die Holzkohleschicht die ca. 20% des Anfangsquerschnittes ausmacht, überträgt keine Kräfte. Somit ist ein Holzbauteil einsturzgefährdet, wenn 30% des Anfangsquerschnittes „abgebrannt“ ist.

Diese theoretische Verteilung soll verdeutlichen, dass ein Holzbauteil zum einen gut abgeschätzt werden kann und zum anderen, dass Holzbauteile nicht sofort bei Brandbeginn einsturzgefährdet sind.

Erläuterung: Ein Kantholz (10 cm x 10 cm) wird allseitig mit Feuer beaufschlagt. Der Anfangsquerschnitt beträgt 10 cm x 10 cm = 100 cm². Bei einer Abbrandrate von 1 mm / min hat sich der "heile" Restquerschnitt nach 15 Minuten auf 7 cm x 7 cm = 49 cm² verringert. Der "heile" Restquerschnitt (ohne die Holzkohleschicht), der noch tragfähig ist, beträgt jetzt unter 50 % bezogen auf den Anfangsquerschnitt. Das Holzbauteil ist einsturzgefährdet.

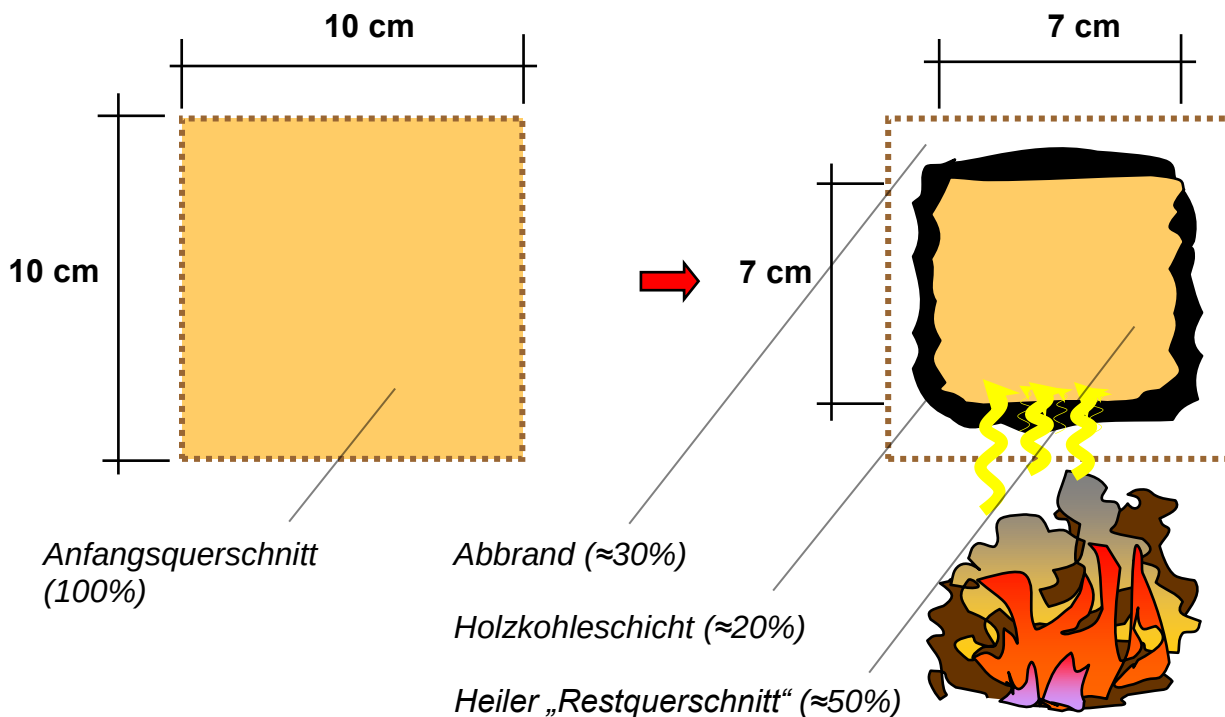


Abbildung 6_Erläuterung "heiler Restquerschnitt"

3.3 Verbindungen von Knotenpunkten

Müssen zwei oder mehr Bauteile miteinander verbunden werden, spricht man hier von einem Knotenpunkt. Bei Holzbauteilen kann man zwei Verbindungsarten unterscheiden:

- Die traditionellen Verbindungen (handwerklich) werden aus dem Holzbauteil selber hergestellt z. B. eine Verzapfung oder einen Stirnversatz (siehe Abbildung 7 und 8). Die Bauteile der alten Holz-Fachwerkhäuser sind in der Regel alle traditionell hergestellt.

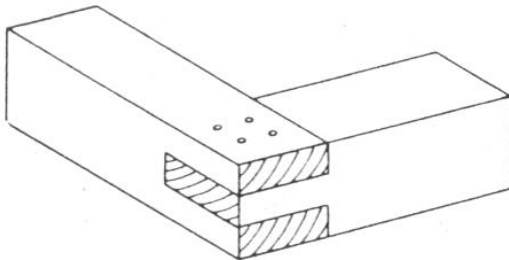


Abbildung 7_Scherzapfenverbindung

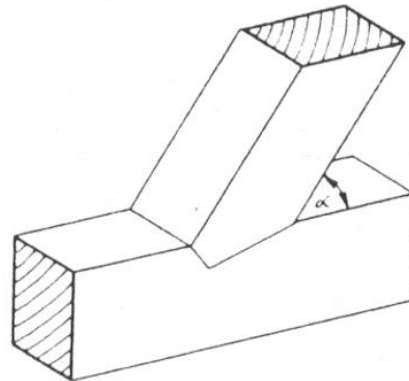


Abbildung 8_einfacher Stirnversatz

- Die Industriellen Verbindungen (ingenieurmäßig) werden z. B. durch Stahldübel, Schrauben, Nagelplatten (siehe Abbildung 9 und 10) etc. hergestellt. Die Bauteile von Hallenkonstruktionen aus Holz oder auch die Dachkonstruktionen von Hallen werden häufig industriell miteinander verbunden.

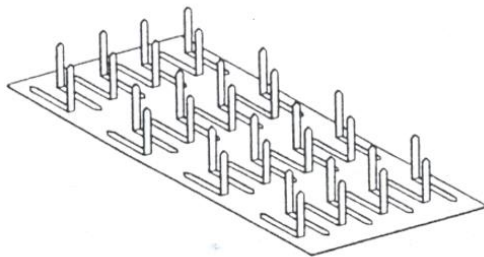


Abbildung 9_Nagelplatte

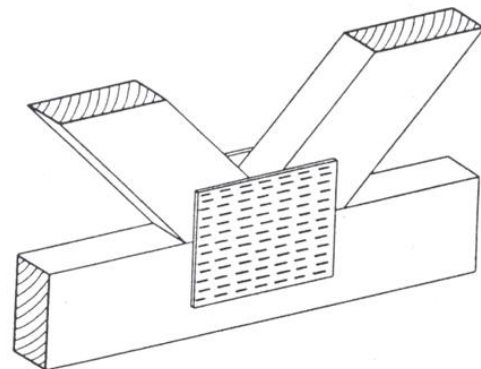


Abbildung 10_Knotenpunkt mit
Nagelplattenverbindung
(Nagelbinderkonstruktion)

3.3.1 Brandverhalten der Verbindungsarten von Knotenpunkten

Die traditionellen Holzverbindungen bestehen nur aus einem Baustoff und nutzen somit die Vorteile der Holzkohlebildung.

Die industriellen Verbindungen bestehen aus Metall. Metall leitet die Wärme relativ gut in den Holzquerschnitt ein. Durch die Zersetzung des Holzes infolge der starken Erwärmung, kann hier die Verbindung relativ schnell versagen. Weiterhin können die Metallverbindungen ihre Festigkeit verlieren.

Ein Konstruktionsbeispiel für die industriellen Verbindungen ist die Nagelplatten-Konstruktion (siehe Punkt 3.3.2).

3.3.2 Nagelplatten-Konstruktionen

Eine typische Konstruktion aus industriellen Verbindungen ist eine Nagelplatten-Konstruktion. Nagelplatten-Konstruktionen bestehen aus filigranen Holzbauteilen die untereinander und in ihren Knotenpunkten mit Metallplatten verbunden sind. In ihrer Tragfähigkeit ist die Konstruktion nahezu vollständig ausgelastet - sie hat sehr wenig „statische Reserven“. Verwendung finden Nagelplatten-Konstruktionen häufig als Dachtragwerke mittlerer Hallen wie z. B. bei Einkaufsmärkten. Aber auch in anderen Gebäudetypen können sie zur Anwendung kommen.

Bei dieser Konstruktionsart ergibt sich im **Brandfall** eine schnelle Einsturzgefahr. Gründe hierfür sind:

- Die filigranen Holzbauteile (ungünstiges Verhältnis von Oberfläche zur Masse) sowie
- die industriellen Verbindungen (Versagen der Metallverbindung und Einleiten der Wärme in den Holzquerschnitt).

Wenn die **Flammen den Dachraum** mit der Nagelplatten-Konstruktion **erreicht** haben, besteht aufgrund der statischen Konstruktion fast immer die Gefahr eines Totaleinsturzes in wenigen Minuten, **meist unter 20 min.**

Weitere Informationen hierzu finden Sie auf der Internetseite des [Instituts für Feuerwehr Nordrhein-Westfalen](#) unter der Rubrik „Service und Downloads“.

3.4 Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Holzbauteilen

- **Querschnittsminderung:** Sind einzelne Holzbauteile durch den Abbrand sehr stark geschwächt, ist das ein Anzeichen für eine Einsturzgefahr.
- **Verformungen:** Wenn sich z. B. bei einem Dachstuhlbrand der First oder die Dachfläche „eindrückt“.
- **Lotabweichung:** Brennen einzelne aussteifende Bauteile ab, kann ein Gebäude oder z. B. der Dachstuhl seine seitliche Stabilität verlieren. Aussteifende Bauteile sind im Dachbereich z. B. die Windrispen, die ein seitliches Verschieben verhindern. Im Fachwerkbau verhindern u. a. Diagonalen das seitliche Verschieben des Gebäudes.
- **Rissbildung:** Rissbildungen an Wandverkleidungen (z. B. Außendämmung) oder an Deckenverkleidungen.
- **Zerstörung an Knotenpunkten:** Das Zerstören eines Knotenpunktes kann, je nach Konstruktion, einen Teileinsturz bewirken.
- **Knarren, Knacken:** Bevor oder während Holzbauteile brechen treten hier Geräusche auf. Jedoch werden diese Geräusche durch den „Einsatzstellenlärm“ meist überlagert.

3.5 Typische Bauteile aus dem Baustoff Holz

3.5.1 Dachkonstruktionen

Die meisten Dachstühle der Wohngebäude sind aus Holzbauteilen errichtet. Hier können zwei Konstruktionsarten unterschieden werden:

- Sparrendach
- Pfettendach.

Dachtragwerke großer Hallen werden häufig, neben den in Punkt 3.3.2 genannten Nagelplatten - Konstruktionen als Schrägdach, als Flachdächer mit großformatigen Brettschichthölzern oder ähnlichen Bauhölzern erbaut.

3.5.1.1 Sparrendach Konstruktion

Das Sparrendach ist eine ältere Konstruktionsart des Dachstuhls für „kleinere“ Gebäude. Heute findet diese Bauart kaum noch Anwendung, ist aber in älteren Bestandsgebäuden sehr wohl vorhanden.

Hier bilden die Auflagerpunkte der Sparren am Fuß und Kopf die Knotenpunkte. Sind diese durch einen Brand nicht mehr tragfähig, können große Teile einstürzen. Die Sparren „stützen“ sich bei dieser Konstruktion gegenseitig. Ist ein Sparren durch einen Brand nicht mehr tragfähig, kann hier ein größerer Teil der Konstruktion einstürzen.

Bei einigen Konstruktionen wirkt die oberste Decke (Holzdeckenbalken) ebenfalls statisch mit. Die Deckenbalken und die Sparren bilden zusammen ein „unverschiebliches“ Dreieck. Wenn die Deckenbalken durch einen Brand nicht mehr tragfähig sind, kann die Dachkonstruktion einstürzen.

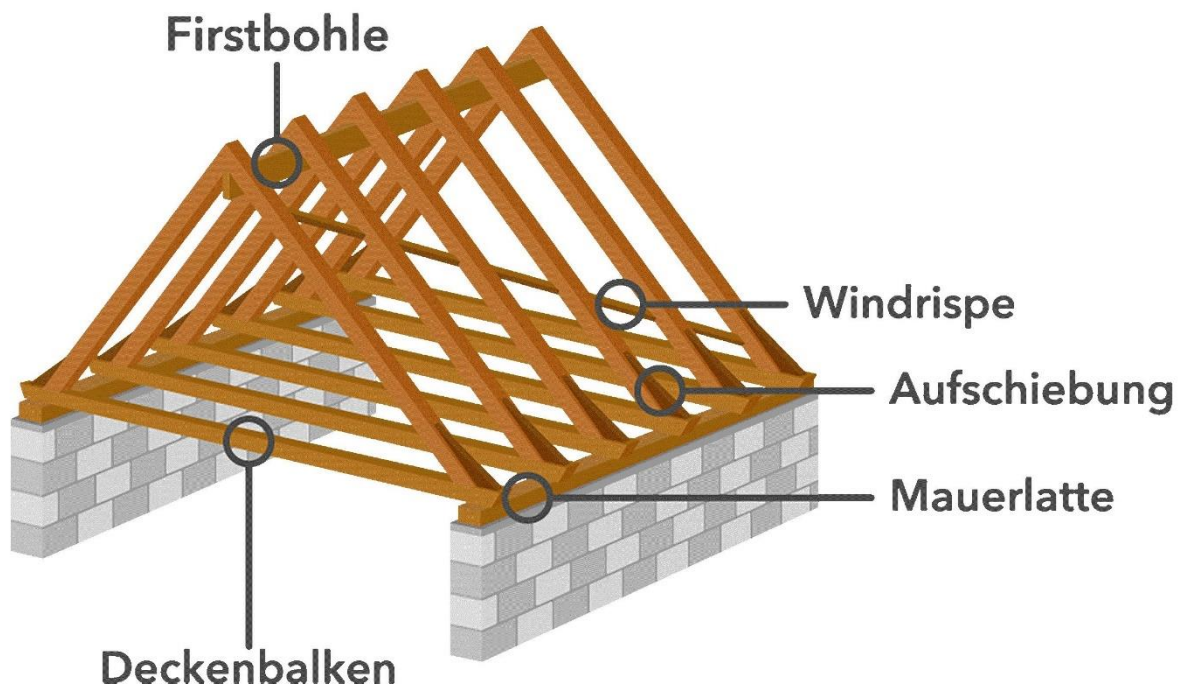


Abbildung 11_Grafik_BK07_HLFS, Sparrendach

3.5.1.2 Pfettendach Konstruktion

Pfettendächer werden für die Dachkonstruktion „größerer“ Gebäude bzw. der heutigen Gebäude verwendet.

Bei dieser Konstruktion liegen die Sparren auf den Pfetten auf. Die Knotenpunkte sind hier die Auflagerpunkte der Sparren auf den Pfetten. Ist eine Pfette durch einen Brand nicht mehr tragfähig, können größere Teile der Konstruktion einstürzen.

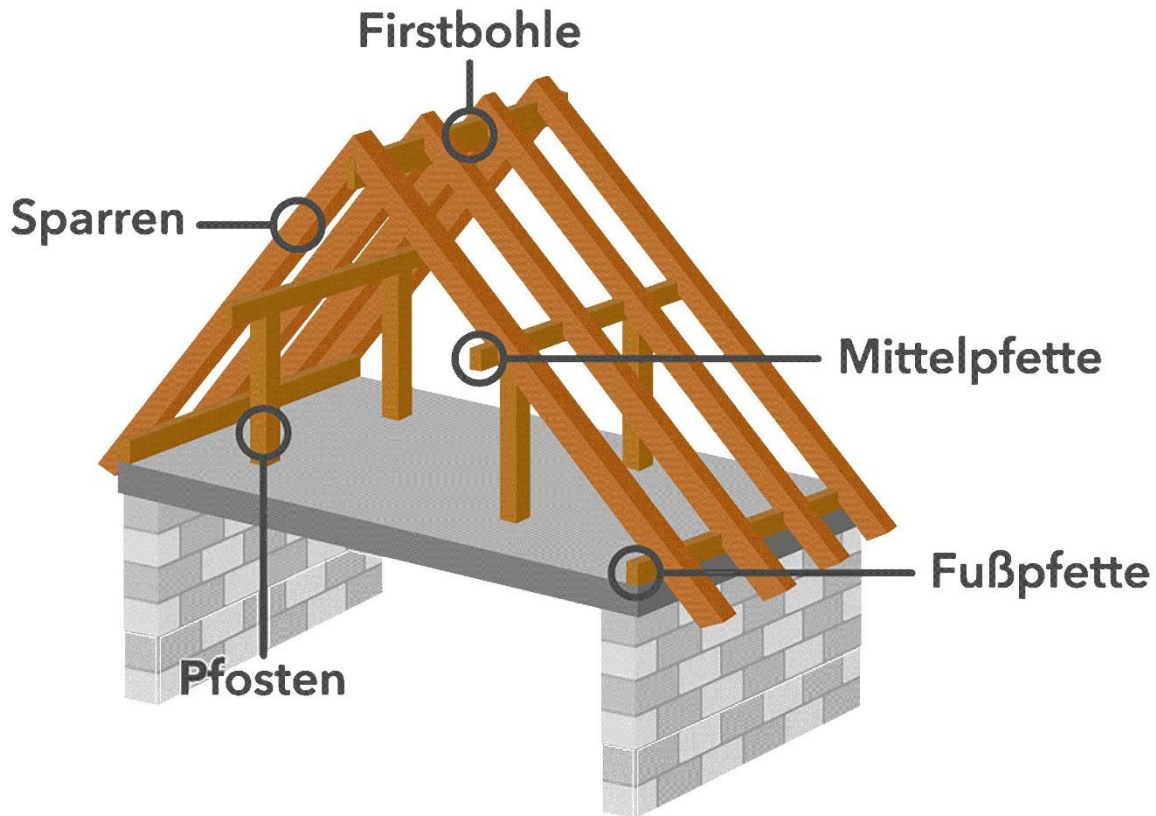


Abbildung 12_Grafik_BK05_HLFS, Pfettendach

Die Sparren stützen sich hier **nicht** gegenseitig. Daher ist ein Pfettendach im Brandfall positiver zu bewerten als ein Sparrendach.

Im Einsatz ist es schwer zu erkennen, um welche Konstruktion es sich handelt. Bei Pfettendachkonstruktionen sind teilweise die Pfetten am Dachüberstand zu erkennen. Sparrendachkonstruktionen sind in der Regel nur bei alten, kleineren Gebäuden anzutreffen. Genaue, immer gültige Aussagen können jedoch **nicht** gemacht werden. Es können auch viele andere Konstruktionsmöglichkeiten Anwendung finden, wie z. B. Nagelbinderkonstruktionen.

3.5.1.3 Dachtragwerke großer Hallen

Für große Hallen werden für die Dachkonstruktion unter anderem großformatige Brettschichthölzer verwendet. Im Brandfall sind die großen Querschnitte relativ lange standsicher.

Jedoch ergibt sich hier die Gefahr, dass die filigraneren Bauteile zwischen oder über den großformatigen Balken schneller versagen und einstürzen können. Durch die Abstände der großformatigen Balken zwischen einander kann hier auch eine große Masse an Bauteilen herunterstürzen.

3.5.2 Holzskelettbauarten

Weitere Bauteile aus Holz können z. B. die Deckenbalken oder die Wandkonstruktionen bei Holzskelettbauarten (Holzständerbau) sein.

Holzbalkendecken und Holzskelettbauarten haben, je nach Verkleidung, einen Hohlraum. In diesen Hohlraum werden häufig Dämmschichten eingebaut, die auch brennbar (mind. normalentflammbar) sein können.

Im Brandfall kann sich das Feuer in diese Hohlräume ausbreiten. Zunächst unbemerkt, kann es so zu einer Ausbreitung des Feuers in andere Bereiche führen. Eine gute Erkundungsmöglichkeit bietet hier evtl. die Wärmebildkamera.

Ein Holzskelettbau ist ohne genaue Erkundung nicht gleich zu erkennen. Die Fassade kann, genau wie bei einem Massivbau, verputzt und gestrichen werden. Hier bedarf es eine genaue Erkundung (z. B. Befragung).



Abbildung 13_Bild_BK13_Holzskelettbau_Quelle: Kneip

4 Baustoff „Stein“

Steine können in **natürliche** und **künstliche Steine** eingeteilt werden. Je nach Steinart ergeben sich unterschiedliche Anwendungsbereiche und Eigenschaften im Brandfall.



Abbildung 14:Grafik_BK01, Steinarten

4.1 Anwendungsbereich von Steinen

Steine können in allen Gebäudetypen in tragenden und nicht tragenden Bauteilen Anwendung finden, z. B.

- Wände
- Decken (z. B. Gewölbedecken)
- Fassadenverkleidung

Die heutigen Gebäude werden häufig aus künstlich hergestellten Steinen (z. B. Ziegel oder Kalksandsteinen) hergestellt. Alte bzw. historische Gebäude wurden teilweise aus natürlichen Steinen errichtet, wie z. B. die Wände der Kellergeschosse bei alten Fachwerkhäusern. Auch Sakralbauten sind überwiegend aus natürlichen Steinen (z. B. Sandsteinen) erbaut.

4.2 Eigenschaften und Brandverhalten von künstlichen und natürlichen Steinen

Steine (natürliche und künstliche) sind nicht brennbare Baustoffe. Je nach Art des Steins ergibt sich jedoch ein unterschiedliches Verhalten bei Erwärmung.

4.2.1 Natürliche Steine

Durch die Zusammensetzung aus verschiedenen Materialien und deren ungleichmäßige Verteilung innerhalb des Steins, haben natürliche Steine ein sehr inhomogenes Gefüge. Das führt mit der damit verbundenen unterschiedlichen Erwärmung und Materialverhalten innerhalb des Steins zu hohen Spannungen, die zu Abplatzungen bzw. zum Zerplatzen führen können.

In Kombination mit einem auftreffenden Löschwasserstrahl kann dieser Effekt verstärkt werden (schlagartige Abkühlung).

4.2.2 Künstliche Steine

Künstliche Steine haben durch ihr Herstellungsverfahren ein sehr homogenes Gefüge. Dadurch erwärmen sich die Steine relativ gleichmäßig und es treten dadurch nicht so hohe innere Spannungen auf. Abplatzungen mit Zerstörung der Steine setzen erst sehr viel später ein als bei natürlichen Steinen.

Bei gebrannten Steinen (z. B. Ziegelsteine) wirkt sich die herstellungsbedingte Temperaturbeanspruchung zusätzlich positiv aus.

Im Vergleich zu Natursteinen verhalten sich künstliche Steine im Brandfall sehr viel berechenbarer und sind daher in ihrem Brandverhalten als günstig einzustufen.

4.3 Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Bauteilen aus Steinen

Ein Einsturz von Mauerwerkswänden (aus künstlichen oder natürlichen Steinen) kann sich z. B. durch

- große Risse in der Wand
- oder Schiefstellungen von Wänden ankündigen.

Von einer Einsturzgefahr ist auch bei hohen freistehenden Wänden auszugehen. Eine freistehende Wand entsteht z. B., wenn angeschlossene Bauteile abgebrannt sind (Abbildung 12). Die Giebelwand wurde bei dieser Bauart durch den Dachstuhl in horizontaler Richtung (gegen Umfallen) gehalten.



Abbildung 15_Giebelwand nach Brand, FF Gensingen

5 Baustoff „Stahl“

5.1 Verwendung von Stahl im Bauwesen

Stahl, als eine Art "veredeltes Eisen", hat seit etwa Anfang des letzten Jahrhunderts im Bauwesen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Stahl wird im Bauwesen sehr vielfältig eingesetzt. Anwendungsmöglichkeiten des Baustoffs Stahl sind u. a. **Baustahl** und **Betonstahl**.

Der **Baustahl** wird direkt für die Gebäudekonstruktion eingesetzt (z. B. Stahlträger oder Stahlstützen). Stahlbauteile können in nahezu allen Gebäudetypen zur Anwendung kommen. Typische Gebäude sind z. B. Lagerhallen oder Produktionshallen (Industriebauten), deren Tragwerke häufig aus einer **Stahlskelettkonstruktion** (Abbildung 13) erbaut sind. Aber auch im Wohnungsbau oder Architekturbau können Stahlbauteile zur Anwendung kommen.

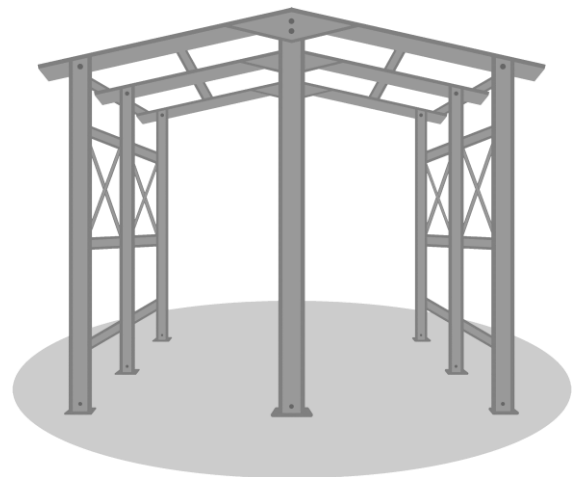


Abbildung 16_Darstellung_Stahlskelettkonstruktion

Der **Betonstahl** wird als Bewehrung in dem Verbundbaustoff Stahlbeton eingesetzt.

5.2 Eigenschaften und Brandverhalten

Stahl...

- **ist nicht brennbar.**

Stahl hat die Baustoffklasse A und leistet keinen Beitrag zu einem Brand (keine Flammenbildung oder Rauchentwicklung). Jedoch können die anderen Eigenschaften sehr nachteilig im Brandfall sein.

- **leitet Wärme schnell weiter.**

Der Baustoff Stahl nimmt Wärme relativ schnell auf und leitet sie schnell weiter. Wenn Stahlbauteile über mehrere Räume oder Geschosse geführt sind, kann es durch die Wärmeleitung zu einer Brandausbreitung kommen. (Angrenzende Bereiche immer kontrollieren!)

- **dehnt sich bei Erwärmung aus.**

Im Brandfall kann sich ein Stahlträger mehrere Zentimeter ausdehnen.

Bsp.: Ein 10 Meter langer Stahlträger dehnt sich bei Erwärmung um 100°C um 1,2 cm aus.

Das kann dazu führen, dass angrenzende Bauteile z. B. Wände „durchstanz“ oder „weggedrückt“ werden.

- **zieht sich bei Abkühlung zusammen.**

Nach einem Brand kühlen die Stahlträger sehr langsam ab. Mit dem Abkühlen ziehen sich die Stahlbauteile wieder zusammen. Hat ein Stahlträger z. B. sein Auflager verschoben, kann es selbst nach dem Brand noch zu Bewegungen bis hin zu Einstürzen kommen. Bei Nachlöscharbeiten oder einer Brandursachenuntersuchung ist dieses Verhalten zu beachten.

- **verliert die Festigkeit bei Erwärmung.**

Ab der kritischen Temperatur von 500°C hat das Stahlbauteil nur noch ca. die Hälfte seiner Festigkeit.

5.3 Verbesserung des Brandverhaltens von Stahlbauteilen

Bei unbehandelten Stahlbauteilen kann, je nach Brandverlauf, sehr schnell Einsturzgefahr auftreten. Sie haben einen sehr geringen **Feuerwiderstand**.

Durch eine Behandlung der Stahlbauteile durch aufschäumende Beschichtungen (isolierende Wirkung), kann der Feuerwiderstand erheblich verbessert werden.

Weiterhin möglich sind u.a.:

- Verkleidungen z. B. mit Gipskartonplatten
- Kühlung z. B. durch eine Sprinkleranlage.

Die Festigkeit (Standicherheit im Brandfall) von Stahlbauteilen kann auch durch „Überdimensionierung“ der Bauteile verbessert werden.

Auch ein frühzeitiger Rauch und Wärmeabzug kann die Temperaturbelastung der Stahlbauteile verringern und die Einsturzgefahr verzögern oder sogar verhindern.

Die **Feuerwiderstandsfähigkeit** von Stahlbauteilen kann nur sehr schwer erkannt bzw. abgeschätzt werden. Daher ist es wichtig Informationen zu den vorgenannten Punkten zu erhalten (z. B. Befragung oder ggf. Feuerwehrpläne).

5.4 Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Stahlbauteilen

- **Verformungen:** Starkes Durchbiegen eines Daches einer Stahlskeletthalle (Stahlträger) können einen Einsturz ankündigen. Das Durchbiegen wird durch den Festigkeitsverlust durch Erwärmung verursacht.
- **Längenänderungen:** Wenn Stahlbauteile sich durch Erwärmungen ausdehnen, können sie, je nach Bauart, angeschlossene Bauteile „durchstanzen“ oder „wegdrücken“.
- **Lotabweichungen:** Lotabweichung können sich aus der Längenausdehnung, dem Festigkeitsverlust oder dem Versagen aussteifender Bauteile ergeben.
- **Risse in angeschlossenen Bauteilen:** Risse z. B. in der Verkleidung einer Stahlskeletthalle können auf Bewegungen im Gebäude und somit ggf. auf einen Stabilitätsverlust hinweisen.
- **Temperaturerscheinungen:** Bei Einsätzen in Stahlskelettbauten konnte in seltenen Fällen eine farbliche Veränderung der Stahlbauteile von außen erkannt werden. Glutfarben sind beim Stahl jedoch erst sehr spät sichtbar, sodass die kritische Stahltemperatur bereits überschritten ist. Hier ist von einer sehr hohen Einsturzgefahr auszugehen. Andere Erscheinungen kann z. B. Blasenbildung des Anstriches sein. Mit Hilfe einer Wärmebildkamera kann die Temperatur jedoch genauer erkundet werden.

6 Baustoff „Stahlbeton“

6.1 Verwendung von Stahlbeton im Bauwesen

Stahlbeton wird in heutigen Gebäuden sehr häufig verwendet. Überwiegend wird der Verbundbaustoff Stahlbeton für tragende Bauteile wie Wände, Stützen, Träger, Decken oder Fundamente eingesetzt.

Mit Stahlbeton sind sehr vielfältige Formen und Größen von Bauteilen umsetzbar. Stahlbeton kann in nahezu alle Gebäudetypen eingesetzt werden.

6.2 Prinzip des Stahlbetons

Beton kann hohe Druckkräfte, jedoch nur geringe Zugkräfte aufnehmen. In den meisten Bauteilen wie z. B. einer Geschossdecke, treten jedoch auch Zugkräfte in der **Zugzone** auf. Zur Aufnahme von Zugkräften wird Beton daher mit Stahleinlagen in der Zugzone bewehrt (Bewehrung).

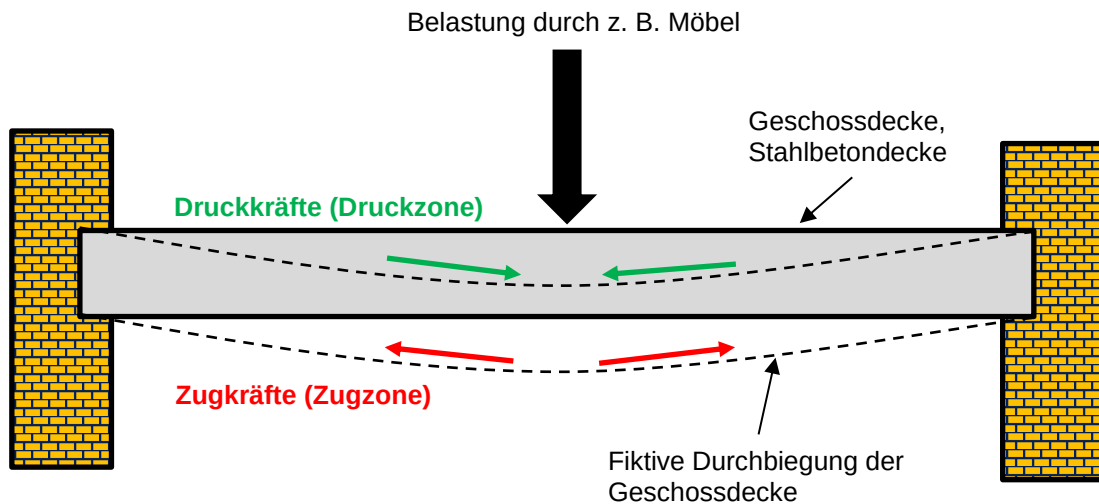


Abbildung 17_Darstellung von Druck- und Zugkräften, Geschossdecke

Die beiden Baustoffe (Stahl und Beton) harmonisieren gut miteinander, da sie annähernd dieselbe Ausdehnung bei Erwärmung haben und der Stahl im Beton gut geschützt ist. Der Stahl ist komplett mit Beton überzogen (**Betonüberdeckung**). Durch die Dicke der Betondeckung lassen sich viele schädliche Einflüsse auf den Stahl minimieren wie z. B. die Erwärmung im Brandfall. Der Stahl und der Beton verbinden sich kraftschlüssig miteinander. Daher wird der Baustoff „Stahlbeton“ auch als Verbundbaustoff bezeichnet.

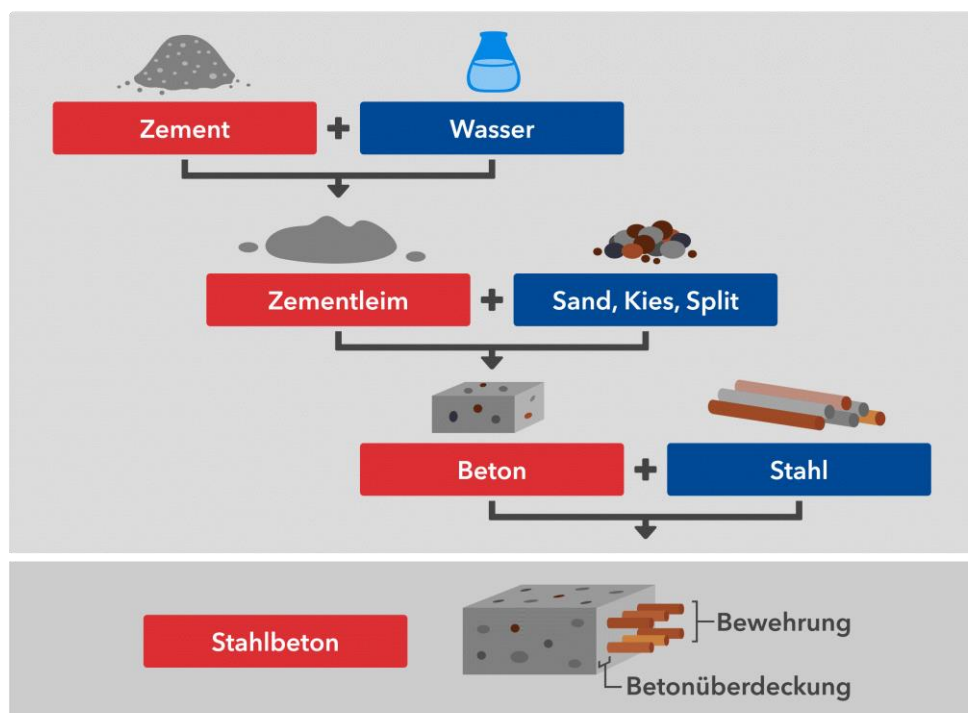


Abbildung 18_Grafik_BK02_HLFS, Stahlbeton

6.3 Unterschiede im Stahlbetonbau

Eine weitere Art der Stahlbetonkonstruktion ist der Spannbeton:

- Stahl wird nicht nur eingelegt sondern vorgespannt.
- Höhere Ausnutzung der Druckfestigkeit des Betons im gesamten Bauteil.
- Filigranere Bauteile möglich
- Masse des Bauteils fällt geringer aus.
- Längere Bauteile realisierbar (größere Spannweiten).

Das Brandverhalten der Spannbeton- und „normalen“ Stahlbetonbauteile unterscheidet sich erheblich. Um welche Konstruktionsart es sich handelt, kann visuell jedoch **nicht** erkannt werden.

6.4 Eigenschaften von Stahlbeton und Spannbeton

- | | |
|--------------------------------------|---|
| • Nichtbrennbarer Baustoff:
Brand | Stahlbeton leistet keinen Beitrag zu einem (keine Flammenbildung oder Rauchentwicklung). |
| • Mittlere Wärmeleitung: | Die Wärme wird im Vergleich zum Stahl nicht so schnell weitergeleitet. Eine Ausbreitung des Brandes in andere Bereiche durch die Wärmeleitung ist hier unwahrscheinlich. |
| • Mittlere Wärmeausdehnung: | Durch das Gefüge und die große Masse eines Stahlbetonbauteils ist die Wärmeausdehnung vergleichsweise gering, obwohl Beton und Stahl annähernd dieselbe Wärmeausdehnungszahl haben. |
| • Großes
Wärmeaufnahmevermögen: | Durch die hohe Masse eines Stahlbetonbauteils ist sehr viel Energie notwendig um das Bauteil vollständig zu erwärmen. |

6.5 Brandverhalten von Stahlbetonbauteilen und Spannbetonbauteilen

6.5.1 Brandverhalten von Stahlbetonbauteilen

- Abplatzungen und Risse durch Wärmeausdehnung des im Beton gebundenen Wassers.
- Zersetzungen des Betons bei höheren Temperaturen führen ebenfalls zu Abplatzungen und schwächen die Festigkeit des Bauteils.
- Ohne schützende Betondeckung verhält sich die Bewehrung wie ungeschützter Stahl.
- Erwärmung des Stahls ($T_{krit}=500^{\circ}\text{C}$) führt zu Herabsetzung der Belastungsgrenze und zum schnelleren Ausdehnen des Stahls. Verbundwirkung geht verloren.

6.5.2 Brandverhalten von Spannbetonbauteilen

- Geringere Masse führt zu schnellerer Durchwärmung.
- Vorspannung des Stahls lässt bei einer Temperatur von ca. 350° nach. Tragfähigkeit des Spannbetonbauteils wird dadurch erheblich geschwächt.
- Kann schneller einstürzen, als ein vergleichbares Stahlbetonbauteil.
- Abplatzungen schwächen Tragfähigkeit.

6.5.3 Fazit

Der Feuerwiderstand eines Stahlbetonbauteils oder eines Spannbetonbauteils ist stark von der Betondeckung abhängig. Je dicker die Überdeckung, desto besser ist der Stahl im Inneren geschützt.

Es lassen sich mit beiden Konstruktionsarten alle Feuerwiderstandsklassen realisieren. Stahlbetonbauteile (**nicht Spannbeton**) ohne einen geforderten Feuerwiderstand, sind dennoch positiv im Brandfall zu bewerten.

Das Erreichen einer Einsturzgefahr bei Stahlbetonbauteilen (nicht Spannbeton) erfordert häufig eine sehr lange und intensive Brandeinwirkung. Sie bieten eine gute Sicherheit und eine Einsturzgefahr kann ggf. erkannt werden.

6.6 Anzeichen für eine Einsturzgefahr im Brandfall von Stahl- und Spannbetonbauteilen

Starke, großflächige Abplatzungen oder Risse an Stahlbetonbauteilen können einen Einsturz ankündigen. Zu beachten ist, dass Spannbetonbauteile mit großer Wahrscheinlichkeit auch schlagartig versagen können. Bei Stahlbetonbauteilen sind in der Regel vorher deutliche Anzeichen zu erkennen.

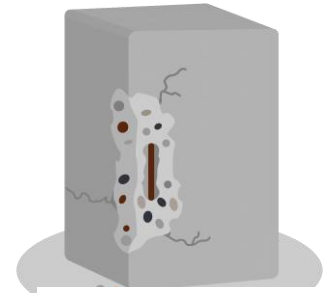


Abbildung
19_Grafik_BK23_HLFS,
Betonabplatzungen

7 Baustoff „Kunststoff“

7.1 Verwendung von Kunststoffen im Bauwesen

Die verschiedenen Kunststoffe wie z. B. Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polyurethan (PUR) oder Polystyrol (PS) sind in heutigen Gebäuden als Baustoffe/ Bauteile sehr stark vertreten.

Häufige Anwendungen sind z. B.

- Wand-Dämmstoff (WDVS = **Wärmedämmverbundsystem**),
- Flachdach-Dämmstoff,
- Fensterprofile,
- Kabelisolierungen,
- Rohrleitungen,
- Verkleidungen.

Die Einrichtungen heutiger Wohnungen haben einen hohen Kunststoffanteil wie z. B. Möbel, Badewannen, Küchengeräte oder Bodenbeläge. Neuartige Baustoffe erhalten zunehmend Kunstfaserbeimischungen und werden so als Verbundbaustoffe in Tragkonstruktionen verwendet.

7.2 Eigenschaften und Brandverhalten von Kunststoffen

Die im Bauwesen verwendeten Kunststoffe sind brennbar, wobei die Entflammbarkeit sehr unterschiedlich ist. Durch die Zugabe von geeigneten Stoffen kann die Entflammbarkeit herabgesetzt werden. Dementsprechend gibt es sowohl schwer-, normal-, als auch leichtentflammbare Kunststoffe.

Weitere Eigenschaften, je nach Kunststoff, werden nachfolgend beschrieben.

7.3 Brandverhalten

- Brennendes Abtropfen: Kunststoffe sind teilweise bei Erwärmung nicht formstabil. Sie können schmelzen, abtropfen, brennen und / oder brennend abtropfen. Durch brennendes Abtropfen oder tropfendes Abbrennen kann es zu einer Brandausbreitung kommen.
- Giftige und korrosive Verbrennungsprodukte: Bei der Verbrennung von Kunststoffen entstehen teilweise große Mengen von Verbrennungsprodukten. Diese Verbrennungsprodukte sind oft korrosiv und hochgiftig (z. B. Blausäure, Ammoniak, Chlorverbindungen, Zyanate, FCKWs).
- Starke Rußbildung: Der oftmals in den Kunststoffen vorhandene Kohlenstoff sorgt bei der Verbrennung für eine sehr starke Verrußung. Die Folge ist eine Herabsetzung der Sichtweite. Außerdem breiten sich mit dem Ruß die anhängenden Schadstoffe weiter aus. Es kommt u. U. zu umfangreichen Brandfolgeschäden durch Verschmutzung und Kontamination mit den Zersetzungsprodukten und Korrosionsschäden an Bauteilen.
- Hoher Heizwert: Durch die teilweise sehr hohen Heizwerte werden große Wärmemengen abgegeben. Die entstehende Wärme kann zu einer Entzündung von anderen Baustoffen und / oder einem vorzeitigen Tragfähigkeitsverlust von Bauteilen führen.

7.4 Besondere Maßnahmen im Einsatz

Durch die hohe Konzentration von Verbrennungsprodukten bei Zimmer- bzw. Wohnungsbränden ist eine Ausbreitung des Rauches in dem Gebäude zu verhindern.

Hierfür können mehrere taktische Vorgehensweisen dienen:

- Vorgehen mit einem Drucklüfter (Taktik hierbei beachten).
- Nutzen von alternativen Angriffswegen und somit Rauchfreihaltung der nicht verrauchten Bereiche im Gebäude (z. B. das Vorgehen zur Brandbekämpfung über ein Fenster).
- Schaffen von Abluftöffnungen.
- Wenn vorhanden, Öffnen von Rauch und Wärmeabzugsanlagen (RWA).

7.4.1 Einsatzstellenhygiene

Gefahr für die Gesundheit der ganzen Mannschaft:

Verschleppung von Verbrennungsprodukten, die an der Feuerwehrsutzhleidung sowie an den Geräten haften, in andere Bereiche (z. B. Mannschaftsraum im Feuerwehrfahrzeug).

Maßnahmen um die Verschleppung zu verhindern:

- Bereithaltung von Ersatzkleidung für vorgehende Trupps im Innenangriff.
- Transport der kontaminierten Schutzkleidung und Geräte außerhalb des Mannschaftsraumes (Schwarz/Weiß-Trennung)

7.5 Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)

Viele Gebäude werden in der heutigen Zeit mit einer Wärmedämmung von außen an den Wänden verkleidet. Hierbei kann zwischen brennbaren (z. B. schwer entflammbar) und nicht brennbaren Dämmstoffen unterschieden werden.

- Schwer entflammbare Dämmstoffe sind z. B. EPS (Expandierter Polystyrol Hartschaum).
- Nicht brennbare Dämmstoffe sind z. B. Steinwolleplatten.

Bei Dämmstoffen, die schwerentflammbar sind, kann im ungünstigen Fall der Brand auf die Fassade übergreifen und sich darüber Ausbreiten. Höhere Gebäude (meist Mehrfamiliengebäude) werden mit Brandriegeln ausgestattet, die die vertikale Ausbreitung verhindern/ verlangsamen sollen.

7.5.1 Besondere Maßnahmen im Brandfall (WDVS)

Erkunden der Fassade:

Wenn sich die Fassade bei gegenklopfen „hohl“ anhört, kann das ein Hinweis auf ein WDVS sein. Hierbei ist jedoch nicht feststellbar, ob schwerentflammbare oder nicht brennbare Dämmung vorhanden ist.

Mit Hilfe einer Wärmebildkamera kann man bei der Erkundung feststellen, ob hinter der Putzschicht bereits erhöhte Temperaturen vorhanden sind.

Brandausbreitung verhindern:

Bei Bränden vor der Fassade (z. B. Mülltonne) sollte das brennende Objekt, wenn möglich, entfernt werden. Die Fassade anschließend z. B. mit einer Wärmebildkamera oder durch Öffnen erkunden.

Bei Wohnungs- oder Zimmerbränden können die Flammen z. B. aus einem geplatzten Fenster auf die Fassade übergreifen. Dieses kann ggf. mit einer Riegelstellung verhindert werden.

8 Baustoff „Glas“

8.1 Anwendungsmöglichkeiten von Verglasungen im Bauwesen

Verglasungen im Allgemeinen haben die Aufgabe Tageslicht in ein Gebäude einfallen zu lassen. Jedoch sind mit dem Baustoff „Glas“ sehr vielfältige Anwendungsmöglichkeiten gegeben.

Heutige Verglasungen können Anforderungen z. B. an den Schallschutz, Wärmeschutz, Einbruchschutz, Standsicherheit oder an den Brandschutz eines Gebäudes erfüllen. Dazu wird der Baustoff Glas z. B. mit Folierungen, metallischen Beschichtungen und auch Füllungen zwischen zwei Glasscheiben ertüchtigt.

8.2 Verglasungen und Glasarten im Bauwesen

Im Bauwesen werden verschieden Arten von Gläsern und Verglasungen eingesetzt wie zum Beispiel:

- Floatglas („normales Fensterglas“)
- Verbundsicherheitsglas (VSG)
- Einscheibensicherheitsglas (ESG)
- Isolierverglasung
- Brandschutzverglasung

Verglasungen können in einem Gebäude sogar eine tragende Funktion übernehmen. Z. B. können Glasfassaden für die Aussteifung eines Gebäudes herangezogen werden.

8.3 Eigenschaften und Brandverhalten von Verglasungen

Der Baustoff Glas ist ein nicht brennbarer Baustoff. Jedoch können ggf. dünne Folien, die für bestimmte Eigenschaften der Gläser sorgen, auch im geringen Maß das Brandverhalten beeinflussen.

8.3.1 Temperaturwechselbeständigkeit

Normale Baugläser haben eine geringe Temperaturwechselbeständigkeit. Das bedeutet, dass bei einem schnellen Temperaturanstieg die Verglasungen reißen bzw. platzen können.

Die Brandintensität und Verglasungsart haben auf den Zeitpunkt, wann die Verglasung zerstört wird, einen erheblichen Einfluss.

Hinweis: Weitere Informationen finden Sie im [Forschungsbericht Nr. 164](#), Feuerwehreinsatztaktische Problemstellungen bei der Brandbekämpfung in Gebäuden moderner Bauweise, des Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

8.3.2 Aspekte der Zerstörung der Verglasung des Brandraums

Verglasung wurde durch einen Brand früh zerstört:

Die schnell ansteigende Temperatur im Brandraum bringt die Verglasung des Fensters zum Platzen. Rauch, Feuer und Wärme treten aus dem zerstörten Fenster aus und bringen ggf. das darüber liegende Fenster zum Platzen. Das Feuer kann sich jetzt schnell in das darüber liegende Geschoss oder den Dachstuhl ausbreiten.

Fazit:

- Brandausbreitung über die Fassade möglich.
- Geringe Gefahr von Rollover/ Backdraft (Rauchdurchzündung/ Rauchexplosion) durch frühzeitigen Rauch und Wärmeabzug.

Verglasung hält dem Brand stand:

Aufgrund der Bauart des Fensters hält die Verglasung der Temperatur längere Zeit stand, und ist bei Eintreffen der Feuerwehr noch geschlossen. Wärme, Rauch und Verbrennungsprodukte sammeln sich im Brandraum/ Brandwohnung.

Fazit:

- Brandausbreitung über die Fassade „noch“ nicht möglich.
- Gefahr von Rollover/ Backdraft ist hier erhöht.

8.4 Besondere Maßnahmen im Einsatz

Fensterscheiben bereits geplatzt:

Verhinderung einer Brandausbreitung über die Fassade in die darüberliegenden Geschosse oder den Dachstuhl, z. B. durch eine Riegelstellung von außen.

Fensterscheiben noch nicht geplatzt:

Hier kann eine manuelle Zerstörung eines Fensters der Brandwohnung eine gute Rauch- und Wärmeabzugsmöglichkeit oder einen alternativen Angriffsweg bieten.

Dadurch werden mehrere Vorteile erreicht:

- Wärmebelastung auf die Bauteile und die vorgehenden Trupps wird minimiert.
- Sichtverhältnisse für die vorgehenden Trupps werden verbessert.
- Rauchgase werden abgeführt und können die Überlebenswahrscheinlichkeit evtl. vermisster Personen erhöhen.
- Die Rauchdurchzündung oder Rauchexplosion wird als Gefahr für die vorgehenden Trupps minimiert oder bereits ausgelöst.

Bei dem Einschlagen von Fenstern ist zu beachten, dass die Trupps

- aus der Deckung herausarbeiten, zum Schutz vor Glassplittern und ggf. Durchzündungen,
- ggf. unter Atemschutz die Arbeiten durchführen,
- einen sicheren Stand haben.

Flammen und Rauchgase können schlagartig durch die Öffnung austreten. Eine Brandausbreitung in die darüber liegenden Geschosse oder den Dachstuhl muss verhindert werden z. B. durch eine Riegelstellung.

Je nach Bauart kann das Fenster sehr robust sein. Dadurch kann z. B. die Feuerwehraxt von der Scheibe „abprallen“, ohne dass das Fensterglas zerbricht.

9 Allgemeine Maßnahmen im Einsatz

Der Gruppenführer muss im Brandfall eines Gebäudes die Situation beurteilen können. Aus Sicht der Baukunde muss der Gruppenführer die Einsatzlage hinsichtlich folgender Kriterien beurteilen.

Beurteilung hinsichtlich Einsturz (Kann ein Innenangriff erfolgen?):

- **Erkundung durchführen:** Aus welchen Baustoffen bestehen die tragenden Bauteile (Stahl, Holz, Stahlbeton...?).
- Auf allgemeine Anzeichen achten wie Lotabweichungen, Durchbiegungen, etc.
- Auf baustoffspezifische Anzeichen achten wie Abplatzungen, Querschnittsminderungen, Risse etc.

Das Gebäude sollte ständig beobachtet und neu beurteilt werden.

Beurteilung hinsichtlich Ausbreitung (Wohin kann sich das Feuer ausbreiten?)

- Kann sich das Feuer durch Hohlräume in den Bauteilen ausbreiten? Welche Bauart wurde angewandt (Massiv oder Skelettbau)?
- Ist eine Außenwanddämmung vorhanden?
- Kann sich das Feuer vertikal ausbreiten z. B. durch zerstörte Fenster?
- Sind Stahlbauteile vorhanden die die Wärme weiterleiten?

10 Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule Abbildungen 1 bis 19
2. FF Gensingen Abbildung 15