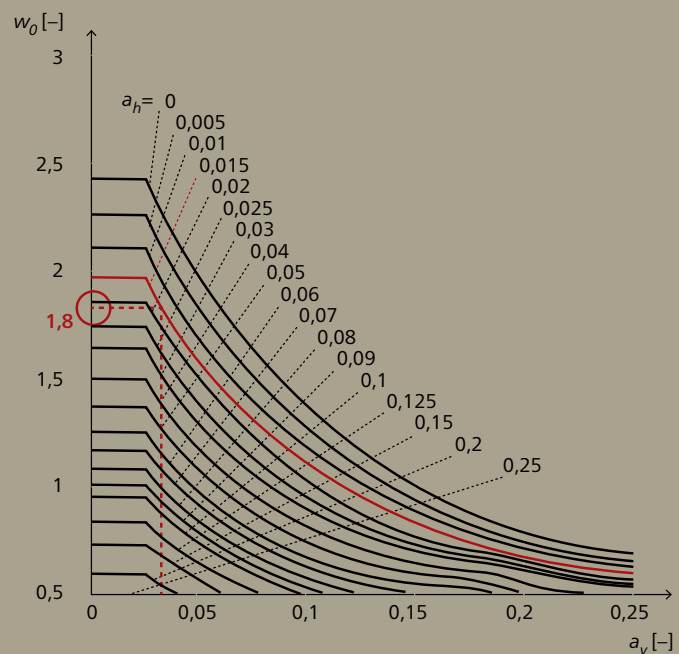




Brandschutz bei Industriebauten in Holzbauweise



Inhalt

Seite		
3	1	_ Einleitung und Geltungsbereich
4	2	_ Anforderungen an Industriebauten
4	2.1	_ Allgemeines
4	2.2	_ Beurteilung nach MIndBauRL oder MBO?
5	2.3	_ Klassifizierung von Industriebauten
7	2.4	_ Allgemeine Anforderungen nach MIndBauRL
10	2.5	_ Brandabschnitte / Brandbekämpfungsabschnitte und Anforderungen an Bauteile nach dem Tabellenverfahren
13	2.6	_ Brandabschnitte / Brandbekämpfungsabschnitte und Anforderungen an Bauteile nach DIN 18230
17	3	_ Nachweisführung für die Feuerwiderstandsdauer von Holzbauteilen
17	3.1	_ Robuste Holzkonstruktionen nach MIndBauRL
17	3.2	_ DIN EN 1995-1-2
19	3.3	_ DIN 4102-4
20	3.4	_ An- und Verwendbarkeitsnachweise
22	4	_ Begründung weiterer, noch nicht in der MIndBauRL enthaltener Erleichterungen
22	4.1	_ Reduzierte Anforderungen für Aussteifungsverbände
25	4.2	_ Holzbau in der Sicherheitskategorie K4
27	4.3	_ Brennbare Außenwandbekleidung
28	4.4	_ Brennbare Außenwandkonstruktion
28	4.5	_ Dächer in Holzbauweise
30	5	_ Risikoeinschätzungen Versicherungen
32	6	_ Beispiele
32	6.1	_ Akademisches Beispiel Tabellenverfahren
33	6.2	_ Akademisches Beispiel Bemessung nach DIN 18230-1
38	6.3	_ Praxisbeispiel Lagerhalle
42	7	_ Hintergrundinformationen zu den Erleichterungen in MIndBauRL 2019
42	7.1	_ Forschungsvorhaben
43	7.2	_ Einschränkungen bis 2014
44	7.3	_ Robuste Holzkonstruktionen für den Nachweis ohne Brandlastermittlung
49	8	_ Literatur
51		_ Impressum

Anmerkung:

Wir legen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung der Geschlechter. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass in der vorliegenden Publikation zugunsten einer besseren Lesbarkeit von Texten und Tabellen das generische Maskulinum sowie geschlechterneutrale und feminisierte Sprachformen Verwendung finden. In jedem Fall gelten die gewählten Sprachfassungen für alle Geschlechter.

1 _ Einleitung und Geltungsbereich

Für die Projektierung von Industriebauten ist nach der Bedarfsermittlung zunächst der Faktor der Wirtschaftlichkeit maßgebend. Darüber hinaus rücken weiche Faktoren, wie z. B. Ökologie und Nachhaltigkeit oder Leitbild und Unternehmensphilosophie bei der architektonischen Gestaltung der Industriebauten zunehmend in den Fokus. Es ist daher nicht überraschend, dass die Holzbauweise auch im Industriebau an Bedeutung gewonnen hat. Der Gesetzgeber hat diesem Wunsch mit einer ersten Anpassung überzogener, brandschutztechnischer Anforderungen an den anerkannten Stand der Technik Rechnung getragen. Das Ergebnis wurde mit der Muster-Industriebau-Richtlinie 2019 (MIndBauRL 2019) [1] veröffentlicht.

Im folgenden Kapitel dieser Publikation werden die Anforderungen gemäß MIndBauRL dargestellt und die sich im Zusammenwirken mit den Landesbauordnungen ergebenden Möglichkeiten für die Ausführung von Industriegebäuden in Holzbauweise erläutert.

Das dritte Kapitel dieser Schrift behandelt die Möglichkeiten der Nachweisführung für die Ermittlung des Feuerwiderstands.

Das vierte Kapitel zeigt das prinzipielle Vorgehen für weitere Erleichterungen auf Grundlage von schutzzielorientierten Betrachtungen auf, die bislang noch nicht Eingang in die MIndBauRL gefunden haben, aber z. B. im Rahmen von Brandschutzkonzepten im Einzelfall genutzt werden können.

Das fünfte Kapitel behandelt die Risikoeinschätzungen der Versicherungen.

Beispielhafte Berechnungen können dem Kapitel sechs entnommen werden.

Der Hintergrund der 2019 eingeführten Erleichterungen für den Holzbau findet sich im siebten Kapitel.

2 _ Anforderungen an Industriebauten

2.1 _ Allgemeines

Das Bauordnungsrecht ist Sicherheitsrecht, welches im föderalistischen System der Bundesrepublik Deutschland in den Kompetenzbereich der Bundesländer fällt. Daher existieren 16 Landesbauordnungen, die sich an der Musterbauordnung (MBO) [2] der Bauministerkonferenz orientieren sollen, aber nicht müssen. Im Detail gibt es daher immer wieder kleinere und größere Abweichungen. Dies gilt gleichermaßen für die Sonderbauvorschriften, Richtlinien und technischen Baubestimmungen. Der jeweilige Veröffentlichungsstand findet sich in der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) des jeweiligen Bundeslandes. Auch hier wird ein Bundesmuster als Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) [3] über die Internetpräsenz des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) zur Verfügung gestellt.

Im Weiteren nimmt diese Schrift die MBO sowie die MIndBauRL und die MVV TB in Bezug. Für das konkrete Projekt ist ein Abgleich bundeslandspezifischer Sonderregelungen mit den Regeln in dieser Schrift immer erforderlich. Hierzu stellt jedes Bundesland einen eigenen Landesserver mit den veröffentlichten Gesetzen und Vorschriften zur Verfügung.

2.2 _ Beurteilung nach MIndBauRL oder MBO?

Industriegebäude sind nicht immer als Sonderbauten nach § 51 der MBO zu beurteilen. Nach § 2 Abs. 4 MBO genügt der alleinige Tatbestand, dass es sich um eine Industrienutzung

handelt, nicht zur Einstufung als Sonderbau. Maßgebend ist, ob es sich um eine bauliche Anlage handelt, deren Nutzung durch Umgang oder Lagerung von Stoffen mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr (§ 2 Abs.4 Ziffer 19 MBO) verbunden ist. Sofern dies zu verneinen und eine Grundfläche kleiner als 1.600 m² geplant ist, wurde in der Vergangenheit von unteren Bauaufsichten eine Beurteilung auf Grundlage der MBO für erforderlich erachtet. Diese Rechtsauffassung führt im konkreten Projekt zu Problemen bei kleinen Hallen. Die Anforderungen der MBO sind im Vergleich zur MIndBauRL erheblich schärfer.

Gegen diese Rechtsauffassung spricht, dass eine kleinere Halle bei ansonsten gleicher Nutzung immer ein kleineres Brandrisiko als eine größere Halle aufweisen wird. Die Autoren dieser Schrift vertreten daher die Auffassung, dass die MIndBauRL auch ohne Sonderbautatbestand zur Bemessung herangezogen werden kann.

Die Argumentation ergibt sich aus § 85a der MBO in Verbindung mit der MVV TB. Die technischen Baubestimmungen konkretisieren die Anforderungen des § 3 MBO. Grundsätzlich gilt, dass die technischen Baubestimmungen zu beachten sind. Da die MIndBauRL unter lfd. Nr. A 2.2.1.15 der MVV TB als technische Baubestimmung eingeführt ist, ist für die Anwendung grundsätzlich der Anwendungsbereich der MIndBauRL maßgebend. Der Anwendungsbereich der MIndBauRL ist in Abschnitt 2 der Richtlinie eindeutig definiert. Eine Größenbeschränkung ist dabei nicht vorgesehen. Im Gegenteil behandelt die Tabelle 2 aus Abschnitt 6 MIndBauRL explizit auch kleinere Hallen.

2.3 _ Klassifizierung von Industriebauten

2.3.1 _ Industriebauten

ohne angegliederte Verwaltung

Moderne Industriegebäude können vielfältig gestaltet sein. Die häufigste Variante bleibt bislang aber die funktionale, eingeschossige Produktions- oder Lagerhalle. Die Beurteilung erfolgt ausschließlich auf Grundlage der MIndBauRL. Davon unberührt bleibt allerdings die Einstufung in eine Gebäudeklasse nach MBO. Bei einer eingeschossigen Halle ohne angegliederte Verwaltung wird es sich im Regelfall um die Gebäudeklasse 3 (Ausnahme sehr kleine Hallen $\leq 200 \text{ m}^2$: Gebäudeklasse 1 oder 2) handeln.

2.3.2 _ Industriebauten mit getrenntem Randbau für die Verwaltung

Produktions- oder Lagerhallen werden oft durch mehrgeschossige Randbauten für die Verwaltung begleitet. Diese können im Einzelfall die Hallen deutlich, zum Teil bis über die Hochhausgrenze, überragen. Die Abtrennung dieser Büro- und Verwaltungsbereiche vom Produktions- oder Lagerbereichen erfolgt durch eine Brandwand.

Die Vorteile dieser Bauweise liegen auf der Hand: Die Nutzungsbereiche sind klar getrennt. Die Büros sind damit vom Lärm, den Emissionen und anderen potenziellen Störungen der Produktion weitgehend unberührt. Bei einem Brand innerhalb der Produktion ist die Ausbreitung auf die Büro- und Verwaltungsbereiche sehr unwahrscheinlich.

Nachteile dieser Lösung sind die oft höheren Baukosten, die weniger effiziente Flächennutzung sowie die Beschränkung der Zugänglichkeit zwischen Verwaltung und Halle durch die Brandwand.

Aus baurechtlicher Sicht handelt es sich trotz der Trennung der Flächen für Verwaltung und Produktion oder Lagerung durch eine Brandwand zunächst um ein Gebäude. Maßgebend für die Einstufung in eine Gebäudeklasse nach MBO ist daher die Fußbodenhöhe des obersten Aufenthaltsraumes des mehrgeschossigen Randbaus. Liegt dieser über 13 m Höhe ist das Gebäude in die Gebäudeklasse 5 einzustufen, sofern die Fläche der angeschlossenen Halle $> 400 \text{ m}^2$ ist. Üblicherweise wird die eigentliche Industriehalle als eigener Brandabschnitt (oder ggf. Brandbekämpfungsabschnitt) gem. MIndBauRL in Abhängigkeit der Geschossigkeit nach Ziffer 3.9 der MIndBauRL beurteilt. Die Beurteilung des Randbaus erfolgt als eigener Brandabschnitt gem. der Gebäudeklasse nach MBO.

Die Gebäudeklasse hat dabei nicht nur Auswirkungen auf die Anforderungen des Verwaltungsbereichs. Auch für die Industriehalle, die auf Grundlage der MIndBauRL errichtet werden kann, ergeben sich aufgrund einer Gebäudeklasse 5 im Vergleich zur Gebäudeklasse 3 ggf. erhöhte Anforderungen bei begleitenden Richtlinien (z. B. der Muster-Lüftungsanlagenrichtlinie).

2.3.3 _ Industriebauten mit in der Halle integrierter Verwaltung

Moderne Konzepte integrieren Büroflächen direkt in den Produktionsbereich, oft entlang der Ränder der Halle. Die Büros sind in diesem Fall durch Boden- und Deckenkonstruktionen vom Produktionsbereich abgetrennt. Die Abtrennung erfolgt je nach Brandschutzkonzept durch (Trenn-)wände und Decken mit oder ohne Feuerwiderstand.

Neben den geringeren Kosten bietet diese Gestaltung den Vorteil, dass die Kommunikation und der Informationsfluss zwischen den Abteilungen nicht behindert werden. Insbesondere in Bereichen wie der Fertigung, Montage oder Qualitätssicherung ist die enge Zusammenarbeit oft essenziell.

Sofern es sich bei den Gebäuden nicht um Anlagen für Hochtechnologieprozesse (Sondermaschinenbau, Elektrotechnik, Reinraumgebäude o. ä.) handelt, kann ein wesentlicher Nachteil eine lautere und staubigere Arbeitsumgebung durch den direkten Kontakt zur Produktions- oder Lagerhalle sein. In diesem Fall sind entsprechende Anpassungen bei der Akustik und den technischen Anlagen zur Erhaltung der Luftqualität erforderlich.

Sofern der Platz entlang der Außenwände einer Industriehalle zur Integration von Büro- und Verwaltungsbereichen nicht ausreicht, müssen diese Bereiche innerhalb der Halle in die Höhe gebaut werden. Damit entstehen nach MBO zunächst einmal Geschosse. Bei

Industriegebäuden mit integriertem Büro- und Verwaltungsbereich erfolgt die Beurteilung allerdings ausschließlich auf Grundlage der MIndBauRL. Diese kennt für die vertikale Anordnung horizontaler Flächen drei Begriffe: Dies ist zunächst einmal das vollwertige Geschoss, welches sich durch Trennwände und Decken mit Feuerwiderstandsfähigkeit auszeichnet. Weiterhin bietet die MIndBauRL als Rechtsbegriffe auch die Ebene und den Einbau an. Die Einstufung bzw. Planung der Büro- und Verwaltungsbereiche als Ebene bzw. als Einbau bietet den Vorteil, dass „mehrgeschossige“ Büro- und Verwaltungsbereiche die Geschossigkeit des Industriegebäudes nicht beeinflussen und damit die Anforderungen nicht steigen.

Die Voraussetzungen für die Einstufung stellen sich wie folgt dar: Bei einer Ebene muss die Decke hinsichtlich der Standsicherheit brandschutztechnisch bemessen sein. Die Decke muss im Gegensatz zur Geschossdecke keinen nachgewiesenen Raumabschluss aufweisen. Der Nachweis des Industriegebäudes muss bei Vorhandensein von Ebenen zwingend nach Abschnitt 7 der MIndBauRL erfolgen.

Bei einem Einbau hingegen ist keinerlei brandschutztechnische Bemessung erforderlich. Die Grundfläche eines Einbaus ist nach Tabelle 1 der MIndBauRL auf in Summe max. 25% der Grundfläche des Brand- bzw. des Brandbekämpfungsabschnitts beschränkt.

2.4 _ Allgemeine Anforderungen nach MIndBauRL

2.4.1 _ Nachweisverfahren

Die MIndBauRL ist der Planungsstandard für den Nachweis der Erfüllung der brandschutztechnischen Schutzziele nach § 14 der MBO. Hierzu stehen drei prinzipielle Nachweisverfahren zur Verfügung.

Im Verfahren nach Ziffer 6 der MIndBauRL wird in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie nach der brandschutztechnischen Infrastruktur und der Geschossigkeit die zulässige Brandabschnittsfläche für den Brandabschnitt ermittelt. Die vorhandene Brandlast wird dabei nicht berücksichtigt.

Im Verfahren nach Ziffer 7 der MIndBauRL wird unter Bezugnahme auf das Rechenverfahren nach DIN 18230-1 [4] das unter Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Brandlasten zu erwartende Brandszenario in eine äquivalente Branddauer des Modellbrandes (Einheitstemperaturzeitkurve) umgerechnet. Aus der äquivalenten Branddauer werden die zulässige Fläche und die Anforderungen an die Bauteile unterteilt in Brandsicherheitsklassen für einen Brandbekämpfungsabschnitt bestimmt. Das Verfahren wird angewendet, wenn die Anwendung des Tabellenverfahrens Abschnitt 6 der MIndBauRL nicht zweckmäßig oder nicht möglich ist. Dies kann

bei komplexen Gebäudegeometrien, sehr großen Brandabschnitten oder bei einer Teilsprinklerung der Fall sein. Das Verfahren ist ebenfalls anzuwenden, wenn Ebenen nach MIndBauRL geplant sind.

Anstelle der Verfahren nach den Ziffern 6 und 7 der MIndBauRL können auch Methoden des Brandschutzingenieurwesens als Nachweisverfahren eingesetzt werden. Die Grundsätze für die Aufstellung eines solchen Nachweises werden in Anhang 1 der MIndBauRL beschrieben.

Bezüglich der anzuwendenden Methoden wird auf die DIN 18009-1 Brandschutzingenieurwesen – Grundsätze und Regeln für die Anwendung verwiesen [5]. Diese unterscheidet zwischen einer argumentativ ingenieurgemäßen Nachweisführung und der leistungsbezogenen Nachweisführung. Letztere unterteilt sich in experimentelle Modelle und Rechenmodelle.

Die leistungsbezogene Nachweisführung erfolgt unter Berücksichtigung von repräsentativen Brandszenarien, welche aus der spezifischen Nutzung abzuleiten sind und eine auf der sicheren Seite liegende Brandeinwirkung ergeben müssen. Die angestrebten funktionalen Anforderungen und Leistungskriterien sind in Abstimmung mit den zuständigen Behörden festzulegen.

Auf eine konkrete Nachweisführung mittels solcher Ingenieurmethoden wird in dieser Schrift nicht weiter eingegangen.

2.4.2 _ Löschwasserversorgung

Zur Gewährleistung einer für die ersten Brandbekämpfungsmaßnahmen ausreichenden Löschwasserversorgung ist im Benehmen mit der Brandschutzdienststelle eine ausreichende Löschwassermenge vorzusehen.

Bei Brandabschnitts- bzw. Brandbekämpfungsflächen bis 2.500 m² sind mindestens 96 m³/h für eine Dauer von zwei Stunden vorzuhalten, bei Flächen von mehr als 4.000 m² 192 m³/h. Zwischen 2.500 und 4.000 m² darf der Löschwasserbedarf interpoliert werden.

Bei Vorhandensein einer selbstständigen Feuerlöschanlage genügt eine Löschwassermenge von 96 m³ über einen Zeitraum von einer Stunde für die Brandbekämpfungsmaßnahmen der Feuerwehr.

2.4.3 _ Zugänglichkeit für Feuerwehren

Die Erreichbarkeit des Gebäudes für die Feuerwehr ist dadurch sichergestellt, dass jeder Brand- und Brandbekämpfungsabschnitt mindestens an einer Außenwand liegen und von dort zugänglich sein muss, sofern keine automatische Feuerlöschanlage vorhanden ist. Räume innerhalb eines Brand- oder Brandbekämpfungsabschnittes, selbst wenn die Umfassungsbauteile eine Feuerwiderstandsfähigkeit aufweisen, bilden keine eigenen Brandabschnitte. Diese müssen daher nicht an einer Außenwand liegen.

Bei großen freistehenden oder zusammengebauten Industriebauten mit einer Grundfläche von über 5.000 m² ist eine Umfahrung für die Feuerwehr erforderlich.

2.4.4 _ Rettungswege

Bei Industriebauten mit einer Grundfläche über 1.600 m² müssen in jedem Geschoss mindestens zwei möglichst entgegengesetzt liegende Rettungswege vorhanden sein. Neben Ausgängen ins Freie dürfen die Rettungswege auch in andere Brand- bzw. Brandbekämpfungsabschnitte oder über Außentreppen, offene Gänge oder begehbare Dachflächen auf das Grundstück führen, wenn die Benutzbarkeit ausreichend lang gewährleistet ist. Jeder Raum mit mehr als 200 m² Grundfläche muss zwei Ausgänge besitzen.

So muss von jeder Stelle eines oberirdischen Produktions- oder Lagerraums mindestens ein Ausgang ins Freie (oder zu einer Außentreppe, einem offenen Gang oder einer begehbaren Dachfläche), zu einem notwendigen Treppenraum oder in einen anderen Brandabschnitt bzw. Brandbekämpfungsabschnitt erreichbar sein. Die maximal zulässige Länge richtet sich dabei nach der Raumhöhe. Bei einer mittleren lichten Höhe von bis zu 5 m darf die Entfernung höchstens 35 m betragen, was der geforderten Länge nach MBO entspricht. Ab einer mittleren lichten Höhe von mindestens 10 m darf die Entfernung 50 m betragen. Wird eine interne Alarmiereinrichtung für die Nutzenden vorgehalten, dürfen die Entfernungen weiter erhöht werden.

Bei Einbauten und Ebenen mit maximalen Grundflächen nach Tabelle 1 der MIndBauRL dürfen die Rettungswege auch über notwendige Treppen ohne notwendigen Treppen-

raum führen. Dafür ist es erforderlich, dass diese Treppen direkt in unmittelbar darunterliegende Ebenen oder Geschosse münden, welche mindestens zwei Ausgänge in sichere Bereiche haben, wobei einer dieser Ausgänge in der oben beschriebenen Maximalentfernung erreichbar sein muss. Die Lauflänge auf dem Einbau oder der Ebene bis zur notwendigen Treppe darf maximal 25 m betragen. Bei einer vorhandenen Alarmierungsanlage darf die Entfernung auf 35 m erhöht werden, bei Brandbekämpfungsabschnitten mit einer Brandbelastung $< 15 \text{ kWh/m}^2$ auf 50 m.

2.4.5 _ Nichtragende Außenwände, Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidungen

Nichtragende Außenwände, Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidungen sind einschließlich ihrer Dämmstoffe und Unterkonstruktionen so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen begrenzt ist. Diese Forderung kann als erfüllt angenommen werden, wenn die Absätze 2 bis 4 des § 28 der MBO eingehalten sind. Demnach müssen Außenwände entweder nichtbrennbar oder feuerhemmend hinsichtlich des Raumabschlusses ausgeführt werden. Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein. Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie hinterlüfteten Außenwandbekleidungen müssen gegen die Brandausbreitung beson-

dere Vorkehrungen getroffen werden. Die Erleichterungen nach § 28 Abs. 5 der MBO, wonach bei Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 3 keine Anforderungen zu beachten sind bzw. welcher die Anwendung der MHolzBauRL für Fassaden in Holzbauweise öffnet, dürfen auf Industriebauten nach MIndBauRL nicht angewendet werden.

2.4.6 _ Lagerung brennbarer Stoffe vor den Außenwänden

Die Lagerung von brennbaren Stoffen vor einer Außenwand ist nur zulässig, wenn der Abstand zu Außenwänden aus nichtbrennbaren Baustoffen mindestens 3 m beträgt.

Bei Außenwänden aus brennbaren Baustoffen müssen diese mindestens schwerentflammbar ausgeführt werden. Für diesen Fall ist gemäß MIndBauRL eine Lagerung brennbarer Stoffe mit mindestens 6 m Abstand zulässig.

Eine Lagerung brennbarer Stoffe ohne Abstand ist zulässig, wenn die Außenwand inklusive der Öffnungsverschlüsse feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen ausgeführt wird. Alternativ ist sie ebenfalls zulässig, wenn die bewertete Lagerfläche auf die zulässige Größe des angrenzenden Brandabschnitts oder Brandbekämpfungsabschnitts angerechnet wird. Die Ermittlung der abzuziehenden Lagerfläche erfolgt in Abhängigkeit der Sicherheitskategorie des Industriebaus und der Qualität der angrenzenden Außenwand.

2.4.7 _ Dachausbildung

In großen Brand- bzw. Brandbekämpfungsabschnitten von mehr als 2.500 m² muss die Brandausbreitung über das Dach behindert werden. Dies kann als erfüllt angenommen werden, wenn das Dach nach DIN 18234-1 [6] bzw. DIN 18234-4 [7] ausgeführt ist, die tragende Dachschale aus mineralischen Baustoffen besteht oder das Dach aus geschlossenen Stahltrapezprofilen mit einer Mindestblechdicke von 0,75 mm mit harter Bedachung aus nicht bituminöser Dampfsperre und nichtbrennbaren Dämmstoffen besteht.

Diese Anforderungen gelten nicht für eingeschossige Lagerhallen bis zu 3.000 m², wenn nur nichtbrennbare Stoffe oder Waren gelagert sind. In diesem Falle sind die allgemeinen Anforderungen nach § 32 MBO für die entsprechende Gebäudeklasse (z. B. Notwendigkeit einer harten Bedachung etc.) bei ansonsten beliebiger Ausführung des Daches zu beachten.

2.5 _ Brandabschnitte /

Brandbekämpfungsabschnitte und Anforderungen an Bauteile nach dem Tabellenverfahren

Das Tabellenverfahren nach Abschnitt 6 der MIndBauRL bietet für den Planer hinsichtlich der Fehlerrobustheit die größte Sicherheit. Da das Verfahren ohne Brandlastermittlung durchgeführt wird, bietet es auch für den Betreiber ein Maximum an Sicherheit und Flexibilität. Beim Verfahren nach Abschnitt 7 mit Brandlastermittlung muss ansonsten der Betreiber prüfen, ob Prozess- oder Materialflussänderungen die Brandlastberechnung beeinflussen. Ggf. ist dies mit einem Änderungsantrag zur Baugenehmigung und sogar erhöhten baulichen oder anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen verbunden.

Beim Tabellenverfahren wird die zulässige Größe der Brandabschnitte bzw. Brandbekämpfungsabschnitte in Abhängigkeit der brandschutztechnischen Ausstattung, der Anzahl der oberirdischen Geschosse und der Feuerwiderstandsklasse der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie deren Baustoffklasse nach Tabelle 2 der MIndBauRL bestimmt, siehe auch Tabelle 1 dieser Schrift.

Achtung: Industriegebäude mit Ebenen dürfen nicht mit diesem Verfahren bemessen werden.

Die brandschutztechnische Ausstattung wird über die Sicherheitskategorien K1 bis K4 beschrieben, siehe auch Tabelle 2 dieser Schrift.

Tab. 1:

Zulässige Größe der Brandabschnittsfläche nach Abschnitt 6 der MIndBauRL

Sicherheits- kategorie	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von Baustoffen der tragenden und aussteifenden Bauteile								
	1 oberirdisches Geschoss (Erdgeschoss)		2 oberirdische Geschosse			3 oberirdische Geschosse		4 oberirdische Geschosse	5 oberirdische Geschosse
	aus nicht- brennbaren Baustoffen ⁵⁾	Feuer- hemmend	Feuer- hemmend	Hoch- feuer- hemmend und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Hoch- feuer- hemmend und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen
K 1	1.800 ¹⁾	3.000	800 ²⁾³⁾	1.600 ²⁾	2.400	1.200 ²⁾³⁾	1.800	1.500	1.200
K 2	2.700 ¹⁾⁴⁾	4.500 ⁴⁾	1.200 ²⁾³⁾	2.400 ²⁾	3.600	1.800 ²⁾	2.700	2.300	1.800
K 3.1	3.200 ¹⁾	5.400	1.400 ²⁾³⁾	2.900 ²⁾	4.300	2.100 ²⁾	3.200	2.700	2.200
K 3.2	3.600 ¹⁾	6.000	1.600 ²⁾	3.200 ²⁾	4.800	2.400 ²⁾	3.600	3.000	2.400
K 3.3	4.200 ¹⁾	7.000	1.800 ²⁾	3.600 ²⁾	5.500	2.800 ²⁾	4.100	3.500	2.800
K 3.4	4.500 ¹⁾	7.500	2.000 ²⁾	4.000 ²⁾	6.000	3.000 ²⁾	4.500	3.800	3.000
K 4	10.000	10.000	8.500	8.500	8.500	6.500	6.500	5.000	4.000

1) Breite des Industriebaus: ≤ 40 m und Wärmeabzugsfläche: ≥ 5 % (siehe Anhang 2).

2) Wärmeabzugsfläche: ≥ 5 % (siehe Anhang 2).

3) Für Gebäude der Gebäudeklassen 3 und 4 ergibt sich nach § 27 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 und 3 i. V. m. § 30 Abs. 2 Nr. 2 MBO eine zulässige Größe von 1.600 m²4) Die zulässige Größe darf um 10 % überschritten werden, wenn in dem Brandabschnitt die Produktions- und Lagerräume Rauch abzugsanlagen haben, bei denen
– je höchstens 200 m² der Grundfläche ein oder mehrere Rauchabzugsgeräte mit insgesamt mindestens 1,5 m² aerodynamisch wirksamer Fläche im Dach angeordnet wird,
– je höchstens 1.600 m² Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet wird,
– Zuluftflächen mit einem freien Querschnitt von mindestens 36 m² im unteren Raumdrittel vorhanden sind sowie
– die Anforderungen der Nrn. 5.7.4.3 und 5.7.4.4 erfüllt sind.

5) Anstelle von Konstruktionen aus nicht brennbaren Baustoffen sind Holzkonstruktionen zulässig, wenn

- die Konstruktion nach DIN EN 1995-1-1 bemessen ist,
- die Holzbauteile im Falle von reinen Biegeträgern und Zugstäben eine Mindestquerschnittsabmessung von 10 cm x 10 cm und in allen anderen Fällen eine Mindestquerschnittsabmessung von 12 cm x 12 cm aufweisen und
- die Knotenpunkte als Holz-Holz-Verbindungen mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1 der DIN EN 1995-1-2 oder mindestens Stahl-Holz-Verbindungen mit eingeschlitzten Blechen verwendet werden.

Tab. 2:

Sicherheitskategorien brandschutztechnischer Ausstattung

Sicherheitskategorie	Brandschutztechnische Ausstattung des Brandabschnitts/ Brandbekämpfungsabschnitts
K 1	ohne besondere Maßnahmen für Brandmeldung und Brandbekämpfung
K 2	mit automatischer Brandmeldeanlage
K 3.1 bis K 3.4	mit automatischer Brandmeldeanlage und mit Werkfeuerwehr
K 4	mit selbsttätiger Feuerlöschanlage

Die in Tabelle 2 der MIndBauRL aufgeführten Brandabschnittsflächen basieren auf den Vorgaben der MBO, welche für eingeschossige Gebäude mit einer maximalen Brandabschnittsfläche von 1.600 m² feuerhemmende und für mehrgeschossige hochfeuerhemmende bzw. feuerbeständige Konstruktionen fordert. Die durch die Tabelle 2 der MIndBauRL möglichen reduzierten Feuerwiderstandsdauern bzw. vergrößerten Brandabschnittsflächen wurden mit dem Verfahren nach Abschnitt 7 der MIndBauRL abgeleitet.

Mit zunehmender Geschosshöhe sinken die zulässigen Größen der Brandabschnittsflächen, mit höheren Sicherheitskategorien sind größere Flächen zulässig. Mit der Anzahl der Geschosse steigen die Mindestanforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie die Anforderungen an die Baustoffe.

Der einfache Tabellennachweis ermöglicht eine schnelle Einteilung des Industriebauwerkes, jedoch mit der Einschränkung eines Maximalwertes von 10.000 m² Brandabschnittsgröße, welcher sich aus der Referenzrechnung der DIN 18230-1 mit Löschanlage ergibt.

Nach Tabelle 2 der MIndBauRL sind Holztragwerke für Industriebauten mit bis zu zwei Geschossen möglich. Für zweigeschossige Gebäude sowie größere Brandabschnittsflächen in eingeschossigen Gebäuden müssen die tragenden und aussteifenden Bauteile feuerhemmend sein. Werden hochfeuerhemmende und feuerbeständige Bauteile gefordert, so müssen diese aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Eingeschossige Gebäude dürfen aus Holzkonstruktionen ohne nachgewiesene Feuerwiderstandsdauer als sogenannte „robuste“ Konstruktionen ausgeführt werden. „Robuste“ Holzbauteile für tragende und aussteifende Konstruktionen ohne Feuerwiderstandsdauer müssen folgende Mindestvoraussetzungen erfüllen:

- Die Konstruktion ist nach DIN EN 1995-1-1 [8] bemessen.
- Die Holzbauteile haben als reine Biegeträger und Zugstäbe einen Mindestquerschnitt von 10 cm x 10 cm oder in den anderen Fällen einen Mindestquerschnitt von 12 cm x 12 cm.
- Die Knotenpunkte sind als Holz-Holz-Verbindung mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1 der DIN EN 1995-1-2, Tabelle 6.1 [9] oder als mindestens zweischnittige Stahl-Holz-Verbindung mit eingeschlitzten Blechen ausgeführt.

In Abschnitt 7 dieser Schrift werden die Hintergründe dieser Anforderungen erläutert.

2.6 _ Brandabschnitte / Brandbekämpfungsabschnitte und Anforderungen an Bauteile nach DIN 18230

2.6.1 _ Allgemeines

Das Rechenverfahren nach Abschnitt 7 der MIndBauRL berücksichtigt im Unterschied zu Abschnitt 6 die tatsächlich vorhandene Brandlast. Dieses Bemessungsverfahren wird in der DIN 18230-1 definiert. Ausgehend von den vorhandenen Brandlasten, der Geometrie und den verfügbaren Wärmeabzugsflächen wird die äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$ und die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer t_f für die Brandbekämpfungsabschnittsfläche ermittelt.

Das Verfahren muss angewendet werden, wenn die Randbedingungen des Tabellenverfahrens nach Abschnitt 6 nicht mehr eingehalten werden. Dies kann bei komplexen Gebäudegeometrien, sehr großen Brandabschnitten oder bei einer Teilsprinklerang der Fall sein. Weiterhin muss das Verfahren angewendet werden, wenn Ebenen gemäß MIndBauRL geplant sind.

Der rechnerische Nachweis kann außerdem zu Erleichterungen der Anforderungen nach Abschnitt 6 genutzt werden, z. B. um die Brandabschnittsgrößen zu erhöhen sowie die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit zu verringern. So kann dieses Verfahren ebenfalls dazu genutzt werden den Anwendungsbereich der Holzbauweise sinnvoll zu vergrößern.

Das Berechnungsverfahren nach DIN 18230-1 darf dabei nur für erforderliche Feuerwiderstandsdauern bis 90 Minuten angewendet werden. Für längere Feuerwiderstandsdauern muss der Nachweis mit Ingenieurmethoden nach Anhang 1 der MIndBauRL erfolgen, die in dieser Schrift nicht dargelegt werden.

Der Nachweis ist erbracht, wenn die vorhandene Feuerwiderstandsdauer der für die Trennung von Brandabschnitten vorgesehenen Bauteile mindestens so groß wie die rechnerisch ermittelte äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$, siehe Gleichung (1) ist.

2.6.2 _ Ermittlung der äquivalenten Branddauer

Die äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$ [min] ist ein Maß für die Beeinflussung eines Bauteils durch ein natürliches Schadensfeuer im Vergleich zur Einheitstemperaturzeitkurve. Sie entspricht der Zeit in der bei einer Temperatureinwirkung nach der Einheitstemperaturkurve (ETK) eine vergleichbare Einwirkung wie bei einem realen Schadensfeuer erreicht wird.

$$t_{\bar{a}} = q_R \cdot c \cdot w \quad (1)$$

Mit:

$t_{\bar{a}}$ = äquivalente Branddauer, in Minuten

q_R = rechnerische Brandbelastung,
in kWh/m²

c = Umrechnungsfaktor,
der die Wärmeverluste über die
Umfassungsbauteile berücksichtigt,
in min m²/(kWh)

w = Faktor zur Berücksichtigung
des Wärmeabzugs und
der Ventilationsbedingungen.

Die rechnerische Brandbelastung q_R setzt sich aus dem Anteil ungeschützter Stoffe $q_{R,u}$, die dem Feuer unmittelbar zur Verfügung stehen, und dem Anteil geschützter Stoffe in geschlossenen Systemen $q_{R,g}$, die sich erst nach dem Versagen nichtbrennender Bekleidungen an dem Brand beteiligen, zusammen und wird auf die Fläche des Brandabschnittes A_B bezogen. Sie wird aus der Masse der Brandlast M , dem Heizwert H_u und dem Abbrandfaktor m bestimmt, siehe Gleichung (2) und (3).

Heizwerte H_u und Abbrandfaktoren m verschiedener Materialien können z. B. DIN 18230-3 [10] entnommen werden. Die DIN 18230-3 stellt allerdings nur sehr rudimentäre Stoffangaben zur Verfügung. Es ist zulässig, auch Werte aus anderen Tabellenwerken heranzuziehen, sofern diese hinreichend wissenschaftlich validiert sind.

In den Normen sind, für nicht tabellierte Materialien, auch die Verfahren zur Bestimmung der beiden Werte beschrieben.

Der Abbrandfaktor m ist eine historische Rechengröße des Brandschutzingenieurwesens, der die Branddynamik eines Stoffes im Vergleich zu locker gelagertem Holz ($m = 1,0$) beschreibt. Dieser Abbrandfaktor wird ausschließlich für Berechnungen nach DIN 18230-1 genutzt.

Bei anfangs geschützten Brandlasten muss der Kombinationsbeiwert ψ berücksichtigt werden.

$$q_{R,g} = \frac{\sum (M_i \cdot H_{ui} \cdot m_i \cdot \psi_i)}{A_B} \quad (2)$$

$$q_{R,u} = \frac{\sum (M_i \cdot H_{ui} \cdot m_i)}{A_B} \quad (3)$$

Mit:

M_i = Masse des einzelnen ungeschützten oder geschützten Stoffes in kg

H_{ui} = Heizwert des einzelnen Stoffes, ermittelt nach DIN 51900-2 in kWh/kg

m_i = Abbrandfaktor des einzelnen brennbaren Stoffes

ψ_i = Kombinationsbeiwert nach Abs. 6.5.2

A_B = Fläche des Brandbekämpfungsabschnittes; beim Nachweis des Teilabschnittes ist anstelle von A_B die Fläche A_A anzusetzen, beim Ebenennachweis die Fläche $A_{E,i}$ und beim Nachweis von Teilflächen die Fläche A_T

Für den Nachweis der Feuerwiderstandsdauer ist zunächst ein globaler Nachweis über die Gesamtfläche des Brandbekämpfungsabschnittes mit einer mittleren Brandlastdichte zu führen. Da in der Regel diese gleichmäßige Verteilung der Brandlast in der Realität nicht gegeben ist, müssen auch die einzelnen Teilflächen hinsichtlich ihrer Brandlast ausgewertet werden. Übersteigt die Brandlastdichte einer Teilfläche das 1,6-fache der gemittelten Brandlastdichte, ist für diese Teilfläche ein Nachweis der Bauteile mit der höheren äquivalenten Branddauer durchzuführen.

Der Umrechnungsfaktor c beschreibt den Einfluss der thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile. Um die thermischen Eigenschaften der jeweiligen Baustoffe einzuordnen, werden diese in sogenannte Einflussgruppen eingeteilt.

Der Umrechnungsfaktor c ist somit eine rein stoffspezifische Größe. Stoffe mit hohem Wärmeabfluss wie Verglasungen, Aluminium und Stahl sind in der Gruppe I zu finden. Stoffgruppe II beinhaltet Stoffe mittleren Wärmeabflusses wie Beton, Kalksandsteine und Putze. In der Einflussgruppe III sind überwiegend Dämmstoffe, Stoffe mit geringer Rohdichte und Holz zu finden.

Der Wärmeabzugsfaktor w ist ein dimensionsloser Wert und berücksichtigt horizontale und vertikale Ventilationsöffnungen und ihren Einfluss auf die Temperaturentwicklung im betrachteten Raum. Dabei wird je nach Lage der Fläche unterschieden, mit welchem prozentualen Anteil diese angerechnet werden dürfen. Nicht angerechnet werden dürfen feuerwiderstandsfähig verschlossene Öffnungen, deren Versagen im Brandfall nicht zu erwarten ist.

Die Werte für den Umrechnungsfaktor c und den Wärmeabzugsfaktor w können DIN 18230-1 entnommen werden.

2.6.3_ Ermittlung des erforderlichen Feuerwiderstands

Der rechnerisch erforderliche Feuerwiderstand erf. t_f wird nach Gleichung (4) ermittelt.

$$\text{erf } t_f = t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \alpha_L \quad (4)$$

Mit:

erf. t_f = erforderlicher Feuerwiderstand, in Minuten

$t_{\bar{a}}$ = äquivalente Branddauer, in Minuten

γ = Sicherheitsbeiwert, in Abhängigkeit der brandschutztechnischen Bedeutung des jeweiligen Bauteils

α_L = Beiwert zur Berücksichtigung der Beschränkung der Brandausbreitung aufgrund der brandschutztechnischen Infrastruktur

Die brandschutztechnische Bedeutung der Bauteile wird anhand sogenannter Brandsicherheitsklassen SKb1 bis SKb3 nach MIndBauRL und der Fläche des Brandabschnittes A_B beurteilt.

- An Bauteile der Klasse SKb3 werden hohe brandschutztechnische Anforderungen gestellt. Dazu zählen Wände und Decken, die Brandbekämpfungsabschnitte brandschutztechnisch voneinander trennen, Bauteile zur Brandlastabtrennung sowie tragende und aussteifende Bauteile, die zur tragenden Konstruktion gehören und deren Versagen ein Versagen des Tragwerks nach sich zieht.

- Die nächstniedrigere Brandsicherheitsklasse SKb2 stellt mittlere Anforderungen an die ihr zugeteilten Bauteile. Dazu zählen Bauteile, deren Versagen nicht zum Einsturz des Tragwerks führen, nicht-tragende und aussteifende Bauteile sowie Bauteile der Deckenkonstruktionen.
- SKb1 beinhaltet Bauteile ohne großen Einfluss auf die Brandsicherheit wie Teile der Dachkonstruktion, die nicht zu einem Versagen der Gesamtdachkonstruktion führen.

Anhand der jeweiligen Brandsicherheitsklasse SKb_i und der zuvor berechneten Fläche des Brandabschnittes A_B wird der Sicherheitsbeiwert γ einer Tabelle entnommen.

Die tabellierten Sicherheitsbeiwerte wurden unter Annahme verschiedener Teilwerte abgeleitet. Dies sind die zulässige Ausfallwahrscheinlichkeit der Bauteile p_f und die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Brandes bezogen auf ein Jahr. Die Auftretenswahrscheinlichkeit eines voll entwickelten Brandes wird zusätzlich durch die Ausfallwahrscheinlichkeiten brandschutztechnischer Maßnahmen bestimmt. Für jede der Brandsicherheitsklassen gibt es Versagenswahrscheinlichkeiten, dies sind p_{f1} , p_{f2} , und p_{f3} .

Für Gebäude mit mehreren Ebenen sind die zulässigen Versagenswahrscheinlichkeiten niedriger als für eingeschossige Gebäude, da die Schadensfolge größer ist. Generell gilt für das Auftreten eines Entstehungsbrandes eine Wahrscheinlichkeit von $p_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ je Quadratmeter und Jahr. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Entstehungsbrand zu einem Schadensfeuer ausbreitet, wird mit p_2 beschrieben. p_2 wird für den Fall, dass eine öffentliche Feuerwehr zum Einsatz kommt mit $1 \cdot 10^{-1}$ und für den Fall, dass eine Löschanlage vorgehalten wird mit $1 \cdot 10^{-2}$, angesetzt. Dadurch ergeben sich, je nach brandschutztechnischer Einrichtung und Verfügbarkeit von Feuerwehren, unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten, die für den Sicherheitsbeiwert die Grundlage bieten. Weiterhin ist der Sicherheitsbeiwert abhängig von der zu bemessenden Fläche.

Der Zusatzbeiwert α_L aus Tabelle 3 der DIN 18230-1 wird zur Berücksichtigung der brandschutztechnischen Einrichtungen ermittelt, die zur Behinderung der Brandausbreitung im Brandbekämpfungsabschnitt beitragen. Je niedriger der Zusatzbeiwert, desto besser kann eine Brandausbreitung begrenzt werden.

3 _ Nachweisführung Feuerwiderstand

Nachweisführung für die Feuerwiderstandsdauer von Holzbauteilen

3.1 _ Robuste Holzkonstruktion nach MIndBauRL

Die mit der Muster-Industriebaurichtlinie 2019 neu eingeführte Anforderung „robuster Holzkonstruktionen“ für tragende Bauteile entspricht in etwa einer Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten. Diese Anforderung ist für Holzkonstruktionen nachzuweisen, wenn diese anstelle einer nichtbrennbaren Bauweise für eingeschossige Industriegebäude nach Spalte 2 der Tabelle 1 aus Abschnitt 6 der Industriebaurichtlinie ausgeführt werden sollen. Die Hintergründe zu dieser Anforderung werden in Kapitel 4 dieser Schrift ausführlich erläutert.

Da es sich bei Abschnitt 6 der Industriebaurichtlinie um ein vereinfachtes Nachweisverfahren handelt, können die Bauteile und Anschlüsse nach Fußnote 5 zu Tabelle 1 der MIndBauRL über geometrische Mindestabmessungen nachgewiesen werden. Diese sind in Abschnitt 2.5 dieser Broschüre aufgelistet.

3.2 _ DIN EN 1995-1-2

Die Normenreihe der DIN EN 1995 ist Teil der sogenannten Eurocodes und dient der Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Während die Verfahren zur Tragwerksbemessung bei Normaltemperatur im Teil 1-1 geregelt sind enthält der Teil 1-2 die Bemessungsverfahren im Brandfall. Die Eurocodes sind europäisch einheitliche technische Regeln für Entwurf, Bemessung und Ausführung von Bauwerken. Sie sind in allen Bundesländern über die Technischen Baubestimmungen

eingeführt. Derzeit findet eine grundlegende Überarbeitung der Eurocodes statt, die Veröffentlichung wird in den nächsten Jahren erwartet.

Nach MVVTB [3] ist für die Tragwerksbemessung im Brandfall von Holzbauten die DIN EN 1995-1-2 [9] in Verbindung mit dem Nationalen Anhang [11] anzuwenden. Über den Nationalen Anhang werden Empfehlungen des Hauptdokuments konkretisiert. Somit ist es den Mitgliedstaaten möglich, trotz einheitlicher Bemessungsnorm eine Anpassung an das nationale Sicherheitsniveau vorzunehmen.

DIN EN 1995-1-2 sowie der zugehörige nationale Anhang werden derzeit überarbeitet und sollen nach aktuellem Stand im Jahr 2027 in Deutschland anwendbar sein. Die nachfolgenden Beispiele basieren auf der derzeit gültigen Fassung der DIN EN 1995-1-2:2010.

Das semi-probabilistische Nachweiskonzept der Eurocodes sieht vor, dass der Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall ($E_{d,fi}$ – Einwirkung) kleiner oder gleich dem Bemessungswert der Beanspruchbarkeit ($R_{d,fi}$ – Widerstand) im Brandfall sein muss.

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi} \quad (5)$$

Zur Ermittlung des Bemessungswertes der Beanspruchung im Brandfall ist DIN EN 1991-1-2 zu verwenden. Für die Ermittlung des Bemessungswertes der Beanspruchbarkeit liefert die DIN EN 1995-1-2 die notwendigen Verfahren.

Die Eurocodes bieten grundsätzlich drei gleichwertige Nachweisalgorithmen zur brandschutztechnischen Bauteilbemessung an. Dies sind die Tabellenbemessung (Stufe 1), vereinfachte Rechenverfahren (Stufe 2) und allgemeine Rechenverfahren (Stufe 3). Mit jeder Stufe steigt die Genauigkeit des Verfahrens, jedoch auch der Rechenaufwand.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit (R) im Brandfall stehen derzeit für Holzbauteile zwei vereinfachte Nachweismethoden zur Verfügung, um die temperaturbedingt veränderten mechanischen Eigenschaften zu berücksichtigen. In beiden Fällen wird zuerst der verbleibende Restquerschnitt über den Abbrand berechnet. Ein Abbrand ist für alle Oberflächen zu berücksichtigen, welche einer direkten Brandbeanspruchung ausgesetzt sind. Als Abbrandtiefe wird der Abstand zwischen ursprünglicher Bauteiloberfläche und Abbrandgrenze bezeichnet, für letztere wird die Position der 300°C -Isotherme angenommen. Die Abbrandtiefe (d_{char}) ergibt sich aus der Abbrandrate (β) und der Zeit (t) der Brandbeanspruchung.

$$d_{char} = \beta \cdot t \quad (6)$$

In Abhängigkeit von Material und Rohdichte liefert DIN EN 1995-1-2 Bemessungswerte der Abbrandrate. Dabei ist auch zu berücksichtigen, ob die Oberfläche anfänglich durch eine Brandschutzbekleidung, andere schützende Materialien oder Bauteile geschützt ist.

Die abgeminderten Festigkeitseigenschaften des unverbrannten, aber dennoch in den Randbereichen erwärmten Restquerschnitts werden entweder durch die Methode des reduzierten Querschnitts oder der reduzierten Eigenschaften berücksichtigt und so die Querschnittswerte für den Nachweis ermittelt. Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt wird die Festigkeitsabnahme des erwärmten Restquerschnitts durch den Abzug einer Nullfestigkeitsschicht berücksichtigt. Dafür wird zum Bemessungswert der ideellen Abbrandtiefe eine Nullfestigkeitsschicht addiert.

Für den sich daraus ergebenden ideellen Restquerschnitt (Anfangsquerschnitt abzüglich der ideellen Abbrandtiefe) werden die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften unverändert zur Kaltbemessung angenommen.

Auch der Raumabschluss (EI-Kriterium) kann mittels DIN EN 1995-1-2 für einige Holzbauteile rechnerisch nachgewiesen werden.

Der Raumabschluss gilt als erfüllt, wenn die Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung (I) erreicht werden und ein Abfallen der feuerabgewandten Bekleidung vermieden wird. Im vereinfachten Verfahren zur Bemessung der Wärmedämmung wird der Beitrag der verschiedenen wärmedämmenden Lagen in Abhängigkeit von ihrer Position berücksichtigt. Da die dafür erforderlichen Positionswerte der Lagen auch von der vorherigen und nachfolgenden Schicht abhängen, können mit diesem Verfahren nur die vorgegebenen Wandaufbauten bemessen werden.

Der Nachweis der Tragfähigkeit von Verbindungen kann ebenfalls mit einem vereinfachten Rechenverfahren erfolgen. Die in der derzeitigen Fassung der DIN EN 1995-1-2 enthaltene Beschränkung auf Nachweise zu einer Feuerwiderstandsdauer wird in der neuen DIN EN 1995-1-2 entfallen. Darüber hinaus kann auch der Schutz der Bauteile bzw. Verbindungen durch Bekleidungen berücksichtigt werden.

Prinzipiell ist auch nach der DIN EN 1995-1-2 ein Nachweis mithilfe von allgemeinen Rechenverfahren möglich, aber unüblich. Er wird hier nicht weiter erläutert.

3.3 _ DIN 4102-4

DIN 4102-4 [12] enthält auf Brandversuchen basierende tabellierte nationale Baustoffklassen bzw. Feuerwiderstandsklassen für Baustoffe und Bauteile, die in den Eurocodes nicht oder nicht abschließend geregelt sind. Da eine doppelte Regelung in den Eurocodes und der DIN 4102-4 unzulässig ist, wird die DIN 4102-4 umgangssprachlich auch als Restnorm bezeichnet. Für Holzbauteile erfolgt dies in den Kapiteln 8 (Klassifizierte Holzbauteile) und 10 (Wand-, Dach- und Deckenkonstruktionen im Holz- und Ausbau). Das Kapitel 8.1 enthält im Wesentlichen Erläuterungen und Ergänzungen zu den Rechenregeln der DIN EN 1995-1-2. Diese betreffen in erster Linie die konstruktive Ausführung, z. B. von Brandschutzbekleidungen und Bauteilanschlüssen. In Kapitel 8.2 werden aktuell Nachweise für Verbindungen aufgeführt, die bei Normaltemperatur nach DIN EN 1995-1-1 [8] bemessen werden können, deren brandschutztechnischer Nachweis nach DIN EN 1995-1-2 allerdings fehlt. Für den Industriebau ist hier insbesondere das Kapitel 8.2.6 relevant, da hier Ausführungsregeln für First- und Gerbergelenke mit Feuerwiderstandsdauern von 30 Minuten (First- und Gerbergelenk) und 60 Minuten (nur Firstgelenk) vorgestellt werden.

In Abschnitt 10 werden aktuell raumabschließende Wand- und Deckenkonstruktionen des Holz- und Trockenbaus nahezu vollständig brandschutztechnisch geregelt, da diese noch nicht in den Eurocode Bemessungsnormen enthalten sind (Stand: 2025).

3.4 _ An- und Verwendbarkeitsnachweise

Bauliche Anlagen bestehen aus Bauprodukten und Bauarten. Bauprodukte sind nach § 2 Abs. 10 der MBO Produkte, Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden. Aus Produkten, Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, sind ebenfalls Bauprodukte. Werden diese Bauprodukte zu baulichen Anlagen oder zu Teilen baulicher Anlagen zusammengefügt, wird das Ergebnis als Bauart bezeichnet. Bauprodukte werden verwendet, Bauarten angewendet. Bauprodukte und Bauarten dürfen nur verwendet werden, wenn sie die bauordnungsrechtlichen Schutzziele erfüllen. Für diesen Nachweis der Ver- und Anwendbarkeit liefert die Bauordnung ein umfassendes Regelungssystem. Neben dem System auf nationaler Ebene besteht ebenfalls die Möglichkeit, die erforderlichen Nachweise im europäischen System zu erbringen.

Das nationale Regelungssystem der Bauordnung umfasst Bauprodukte und Bauarten. Nach § 17 MBO müssen Bauprodukte über einen Verwendbarkeitsnachweis verfügen, wenn

- es keine Technischen Baubestimmungen und keine allgemein anerkannten Regeln der Technik gibt,
- das Bauprodukt von einer Technischen Baubestimmung wesentlich abweicht,
- eine Verordnung nach § 85 Abs. 4a es vorsieht.

Ein Verwendbarkeitsnachweis ist nicht erforderlich, wenn das Bauprodukt

- von einer allgemein anerkannten Regel der Technik (nur nicht wesentlich) abweicht,
- für die Erfüllung der Schutzziele der Bauordnung nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Die Technischen Baubestimmungen nach § 85a enthalten im Teil D eine nicht abschließende Liste an Bauprodukten, die keines Verwendbarkeitsnachweises bedürfen. Als Verwendbarkeitsnachweis für Bauprodukte gelten Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) und Zustimmungen im Einzelfall (ZiE).

Bauarten müssen über einen Anwendbarkeitsnachweis verfügen, wenn sie von einer Technischen Baubestimmung wesentlich abweichen oder es keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt. Als Anwendbarkeitsnachweis für Bauarten existieren allgemeine Bauartgenehmigungen (aBG), allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen (vBG).

Bausätze sind Bauprodukte, die aus mindestens zwei von einem Hersteller gelieferten Komponenten bestehen.

Das europäische System hat nicht die Regelung der Bauwerkssicherheit im Fokus, die Mitgliedstaaten entscheiden selbst über das anzustrebende Sicherheitsniveau und erlassen dazu die entsprechenden Vorschriften. Die verschiedenen nationalen Vorschriften führen jedoch zu Handelshemmnissen innerhalb des europäischen Binnenmarktes. Die BauPVO dient der Gewährleistung eines einheitlichen Regelungssystems der Bauprodukte, welches den Handel auf europäischer Ebene ermöglichen soll. Anforderungen an die Bauwerkssicherheit werden nicht gestellt, da dies den Mitgliedstaaten vorbehalten ist. Das europäische Bauproduktenrecht ist also ein Rahmenwerk zur einheitlichen Bewertung, Kennzeichnung und Gewährleistung der Leistungen von Bauprodukten. Harmonisierte technische Spezifikationen liefern die Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Leistung von Bauprodukten. Zu ihnen zählen harmonisierte Normen (hEN) und

Europäische Bewertungsdokumente (EAD). Letzteres ist notwendig, wenn für ein Bauprodukt keine harmonisierte Norm vorliegt oder das Bauprodukt nicht vollständig von dieser erfasst ist. In diesem Fall kann der Hersteller beantragen, dass auf Grundlage eines Europäischen Bewertungsdokuments eine Europäische Technische Bewertung (ETA) durchgeführt wird. Nach Bewertung des Bauprodukts erstellt der Hersteller eine Leistungserklärung und kennzeichnet das Bauprodukt mit der CE-Kennzeichnung. Damit bestätigt er die Konformität des Bauprodukts mit den erklärten Leistungen.

Die Verknüpfung des europäischen Bauproduktenrechts mit dem nationalen Regelungssystem erfolgt über § 16c MBO. Demnach dürfen Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung verwendet werden, solange die erklärten Leistungen den Anforderungen der Bauordnung entsprechen. Ein Anwendbarkeitsnachweis nach § 17 MBO, also nach nationalem System (abZ, abP, ZiE) ist dann nicht erforderlich.

4_ Begründung Erleichterungen

Begründung weiterer, nicht in der MIndBauRL enthaltener Erleichterungen

Die folgenden Erleichterungen wurden bislang nicht in die MIndBauRL aufgenommen.

Nach Ansicht der Autoren können die aufgeführten Erörterungen dennoch im Einzelfall als Argumentationshilfe für Abweichungsanträge herangezogen werden.

4.1 _ Reduzierte Anforderungen für Aussteifungsverbände

Auch Industriebauwerke müssen so konstruiert sein, dass der Verlust eines Tragelements nicht zum Totalversagen des Gesamttragwerks führen darf. Dies wird explizit durch die Anforderung der MIndBauRL in Abs. 6.3.1 und 7.1 ausgedrückt, dass keine kinematischen Ketten auftreten dürfen. Um das zu garantieren, müssen Aussteifungssysteme redundant ausgeführt werden. Hinsichtlich der Feuerwiderstandsfähigkeit werden an die Aussteifungsverbände die gleichen Anforderungen gestellt wie an das restliche Tragwerk. Demzufolge müssen für Holzbauten der Tabelle 2, Spalte 1 MIndBauRL für die Aussteifungsverbände ebenfalls die zuvor vorgestellten Anforderungen an robuste Konstruktionen eingehalten werden, die prinzipiell einer Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten entsprechen.

Aus wirtschaftlichen Gründen kann es sinnvoll sein, zur Aussteifung auch ungeschützte Rundstahldiagonalen oder Schubfelder in Form von Stahltrapezblechen einzusetzen. Diese weisen jedoch in ungeschützter Ausführung keine Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten auf. Dennoch erscheint eine Ausführung der genannten Systeme vertretbar, sofern der Abstand der Aussteifungsverbände ausreichend groß ist und damit ein temperaturbedingter Tragfähigkeitsverlust zweier benachbarter Systeme ausreichend lange nicht zu befürchten ist.

Für die Ermittlung eines ausreichend großen Abstandes redundanter Verbände wurde als kritisches Brandszenario ein sich entwickelnder Brand genau in der Mitte zwischen den beiden Verbänden betrachtet. Bei der Nachweisführung wurden zwei mögliche Ansätze verfolgt. Zum einen wurde mittels Brandsimulationen die Temperaturentwicklung in einer konservativ angenommenen, repräsentativen Hallengeometrie ermittelt. Die Brandwirkung wurde äquivalent zu einem 15-minütigen ETK-Brand gewählt. Zum Vergleich wurde zur Überprüfung der in DIN 18234-1 genormte Brand unterstellt.

Für den ersten Ansatz wurden mithilfe des Feldmodells Fire Dynamics Simulator (FDS)-Brandverläufe simuliert, bei denen in einer 1.600 m² großen und 6 m hohen Halle die gleiche Maximaltemperatur oberhalb des Brandherds direkt unter der Decke erreicht wird wie bei einer 15-minütigen ETK-Brandbeanspruchung (739° C). Mit zunehmendem Abstand von der Brandquelle kühlen sich die Heißgase an der Decke ab, sodass hieraus eine Bewertung für den Mindestabstand der Aussteifungsverbände erfolgen kann. Es wird konservativ angenommen, dass die Querschnitte sehr filigran sind und die Bauteiltemperatur näherungsweise der Heißgastemperatur entspricht. Die Abnahme der Heißgastemperatur in Abhängigkeit der Entfernung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Für den Nachweis der Aussteifungssysteme sollte neben der Tragfähigkeit ebenfalls die Verformung im Brandfall begrenzt sein. Diese wird durch die temperaturbedingte Reduzierung des E-Moduls und die thermischen Dehnungen beeinflusst. Daher sollte für verformungssensible Systeme eine Grenztemperatur von 350° C statt 557° C eingehalten werden. Der Abstand der Verbände ist der doppelte Abstand zum Brandherdmittelpunkt. Der Mindestabstand für das Temperaturkriterium von 350° C beträgt somit 20 m.

Im Anschluss wurde der mittels Brandsimulationen erarbeitete Mindestabstand von 20 m mit Ergebnissen eines Brandversuchs nach DIN 18234-1 verglichen. Die DIN 18234-1 ist eine Prüfnorm zum Nachweis der begrenzten Brandweiterleitung großflächiger Dächer.

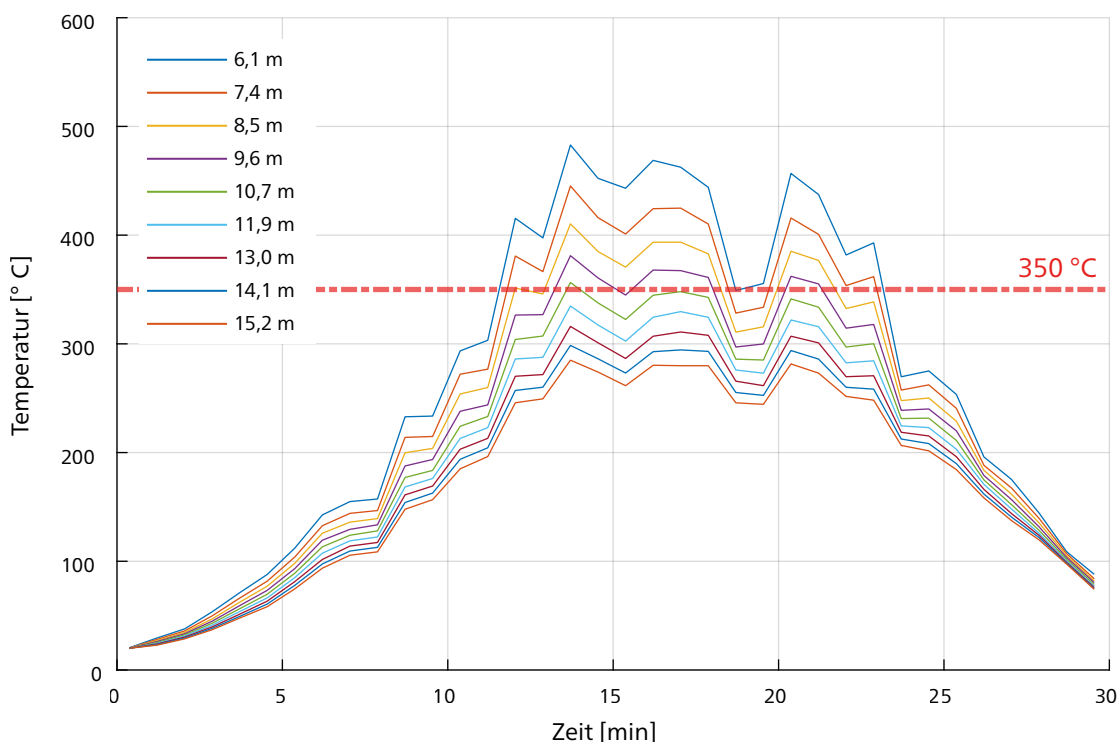


Abb. 1:
Temperaturverlauf in
Abhängigkeit des Abstands
vom Brandherd für einen
lokalen Naturbrand mit
einem ETK-Äquivalent von
15 min.

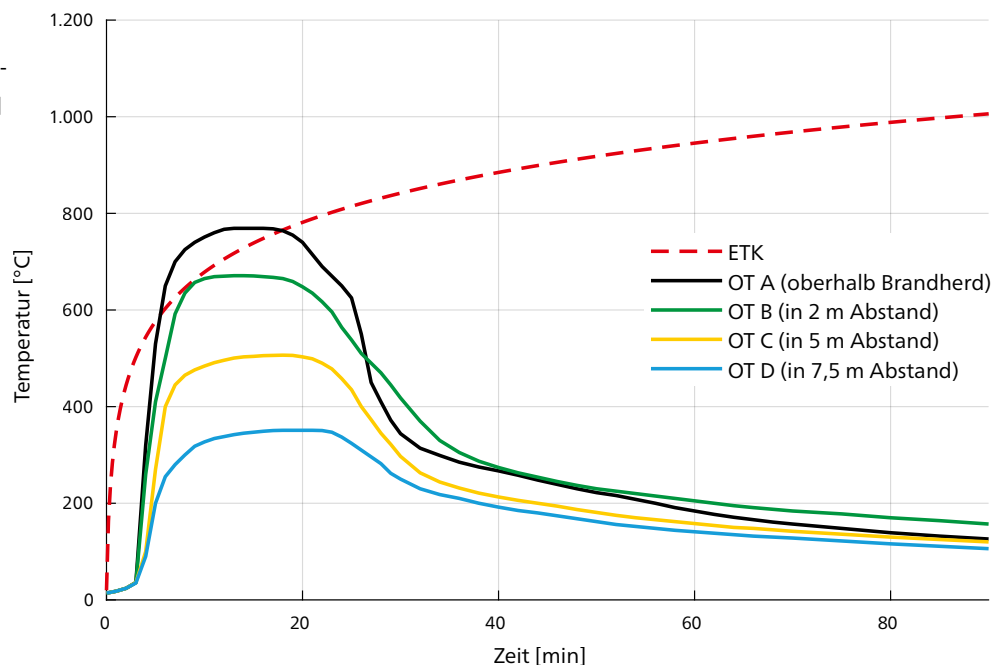
Diese hat den Vorteil, dass es sich um einen normierten Bemessungsbrand handelt, der unabhängig von der Hallengeometrie ist. Nachgestellt wird ein fortentwickelter Brand, dessen Flammen bis an die Dachunterseite schlagen.

Mittels eines Brandversuchs mit Holzkrippen wurde in [13] die begrenzte Brandausbreitung von ausgesuchten Dächern in Holzbauweise nachgewiesen. Der dabei direkt unter der Decke mit Thermoelementen (OT) gemessene Temperaturverlauf ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Temperaturen wurden 5 cm unterhalb der Dachunterseite gemessen. OT A befand sich oberhalb der Holzkrippen, OT B in ca. 2 m Entfernung, OT C in 5 m und OT D in 7,5 m. Die Temperaturen stiegen in den ersten 10 Minuten rasch an, blieben dann etwa 15 Minuten auf einem hohen Niveau und fielen anschließend wieder ab, sodass nach ca. 40 Minuten überall Temperaturen kleiner 300°C vorherrschten. Es ist zu erkennen, dass direkt oberhalb der Holzkrippen der Temperaturverlauf die ETK in den ersten 20 Minuten sogar übersteigt.

Entscheidend für den Mindestabstand der Aussteifungssysteme ist das Thermoelement OT D, welches sich 7,5 m von der geschlossenen Stirnseite des Brandofens entfernt befindet. An diesem Thermoelement werden nur noch Maximaltemperaturen von ca. 360°C erreicht, die somit auf dem Niveau der Grenztemperatur von 350°C liegen. Daraus ergibt sich auf Grundlage des Brandszenarios nach DIN 18234-1 ein lichter Mindestabstand der Verbände ohne Anforderungen an den Feuerwiderstand von etwa 15 m.

In Anbetracht der mittels Brandsimulationen abgeleiteten und durch DIN 18234-1 überprüften Mindestabstände von 20 bzw. 15 m und dem Wissen, dass bei Erreichen der 350°C zunächst lediglich die Verformungen stark ansteigen und kein unmittelbarer Tragfähigkeitsverlust verbunden ist, wird ein lichter Abstand von 18 m für Aussteifungsverbände ohne Feuerwiderstandsdauer als ausreichend angesehen. Dieser kann auf der sicheren Seite ebenfalls für Aussteifungsverbände aus Holz übernommen werden.

Abb. 2:
Beispielhafter Temperaturverlauf eines Versuchs [13] nach DIN 18234-1 ergänzt um die ETK.



4.2 _ Holzbau in der Sicherheitskategorie K4

Für die Sicherheitskategorie K4 (selbsttätige Feuerlöschanlage) werden in Tabelle 2 der MIndBauRL keine Anforderungen an die Gebäudebreite und Wärmeabzugsflächen gestellt. In den Erläuterungen zur MIndBauRL 2014 heißt es, eine „selbsttätige Feuerlöschanlage, welche die übereinander angeordneten Geschosse vollflächig schützt, da sie einen Brand i. d. R. frühzeitig bekämpft und hierdurch eine Ausbreitung des Feuers, aufgrund dessen geringer Größe in darüberliegende Brandabschnitte und Brandbekämpfungsabschnitte unwahrscheinlich ist.“ Hieraus lässt sich schließen, dass man grundsätzlich von einer erfolgreichen Eindämmung eines Entstehungsbrandes durch die selbsttätige Feuerlöschanlage, und damit einhergehend mit ausreichend Zeit und Sicherheit für die manuelle Brandbekämpfung ausgeht.

Der Deutsche Bundesverband Technischer Brandschutz e.V. (bvfa) hat in einer Brandstatistik aufgezeigt, dass durchschnittlich ca. 47 % aller Brände in gesprinklerten Gebäuden bereits durch einen einzigen Sprinkler beherrscht oder gelöscht werden und in 82 % aller Fälle lösen maximal vier Sprinkler aus, siehe auch Tabelle 3 dieser Schrift. In keinem Fall in den Jahren 2005 und 2006 lösten mehr als 19 Sprinkler aus. Damit zeigt sich, dass Brände in gesprinklerten Gebäuden mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auf einen Entstehungsbrand begrenzt bleiben. Die Sprinkler in der Brandstatistik gehörten überwiegend der Ansprechempfindlichkeitsklasse „standard“ an (RTI = 80). Werden dagegen schnell ansprechende Sprinkler verwendet (RTI-Wert 50) führt dies zu einem sehr schnellen Auslösen und Unterdrücken eines Brandes. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein möglicher Brand bereits durch wenige Sprinkler beherrscht oder gelöscht wird. Dieser Ansatz wird zum Beispiel bei ingenieurgemäßen Nachweisen von Stahlbauteilen ohne Feuerwiderstand eingesetzt.

Tab. 3:

Sicherheitskategorien brandschutztechnischer Ausstattung

Anzahl geöffneter Sprinklerköpfe	2006		2005	
1 Sprinkler	23	(56,1 %)	6	(37,5 %)
2 Sprinkler	3	(7,3 %)	2	(12,5 %)
3 Sprinkler	3	(7,3 %)	3	(18,8 %)
4 Sprinkler	5	(12,2 %)	2	(12,5 %)
5 – 9 Sprinkler	5	(12,2 %)	1	(6,3 %)
10 – 14 Spinkler	0	(0,0 %)	2	(12,5 %)
15 – 19 Spinkler	2	(4,9 %)		(0,0 %)
20 Sprinkler und mehr	0	(0,0 %)		(0,0 %)
Summe	41		16	

Dass ein Versagen einer automatischen Löschanlage im Sinne der MIndBauRL kein relevantes Brandszenario darstellt, lässt sich anhand der Systematik aus Tabelle 2 der MIndBauRL (dargestellt in Tabelle 4 dieser Schrift) ablesen. In Zeile K4 wird innerhalb der gleichen Risikokategorie (ausgedrückt über die Geschossigkeit) die gleiche Brandabschnittsfläche unabhängig von Feuerwiderstand der Bauteile und Brennbarkeit der Baustoffe ausgewiesen.

Da sich bei einer automatischen Löschanlage, eine korrekte Auslegung der Anlage vorausgesetzt, kein Vollbrand entwickeln kann, unterliegt die Konstruktion einer deutlich geringeren Brandeinwirkung. Dies wird bei der Bemessung von Stahlbaukonstruktionen oftmals genutzt, um diese über eine Abweichung auch ohne brandschutztechnische Bekleidung ausführen zu können. Es ist daher nicht schlüssig, wenn die positiven Effekte einer Löschanlage bei Bauteilen aus brennbaren Baustoffen nicht angesetzt werden dürfen. Es können daher nach Ansicht der Autoren in Kategorie K4 auch brennbare Baustoffe als Tragkonstruktion unabhängig von der Anzahl der oberirdischen Geschosse eingesetzt werden.

Tab. 4:
Gleichwertigkeit des Feuerwiderstands bei automatischer Löschanlage.

Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von Baustoffen der tragenden und aussteifenden Bauteile

Sicherheitskategorie	1 oberirdisches Geschoss (Erdgeschoss)		2 oberirdische Geschosse			3 oberirdische Geschosse		4 oberirdische Geschosse	5 oberirdische Geschosse
	aus nicht-brennbaren Baustoffen ⁵⁾	Feuerhemmend	Feuerhemmend	Hochfeuerhemmend und aus nicht-brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen	Hochfeuerhemmend und aus nicht-brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen
K 1	1.800 ¹⁾	3.000	800 ²⁾³⁾	1.600 ²⁾	2.400	1.200 ²⁾³⁾	1.800	1.500	1.200
K 2	2.700 ¹⁾⁴⁾	4.500 ⁴⁾	1.200 ²⁾³⁾	2.400 ²⁾	3.600	1.800 ²⁾	2.700	2.300	1.800
K 3.1	3.200 ¹⁾	5.400	1.400 ²⁾³⁾	2.900 ²⁾	4.300	2.100 ²⁾	3.200	2.700	2.200
K 3.2	3.600 ¹⁾	6.000	1.600 ²⁾	3.200 ²⁾	4.800	2.400 ²⁾	3.600	3.000	2.400
K 3.3	4.200 ¹⁾	7.000	1.800 ²⁾	3.600 ²⁾	5.500	2.800 ²⁾	4.100	3.500	2.800
K 3.4	4.500 ¹⁾	7.500	2.000 ²⁾	4.000 ²⁾	6.000	3.000 ²⁾	4.500	3.800	3.000
K 4	10.000	10.000	8.500	8.500	8.500	6.500	6.500	5.000	4.000

Anmerkungen zu den Tabellen siehe Tabelle 1, Seite 11

4.3 _ Brennbare Außenwandbekleidung

Seit der Fassung von 2014 verweist die MIndBauRL direkt auf die Vorgaben der MBO. „Nichttragende Außenwände, Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen begrenzt ist. Dies gilt als erfüllt, wenn sie den Anforderungen des § 28 Abs. 2 bis 4 MBO entsprechen. § 28 Abs. 5 MBO ist nicht anzuwenden.“ Durch diesen Abschnitt wird klargestellt, dass im Industriebau hinsichtlich der Brandausbreitung über die Fassade die gleichen Schutzziele zu erfüllen sind wie in der MBO. Dies wird in den Erläuterungen zur MIndBauRL 2014 bestätigt. „Die Anforderungen orientieren sich am Sicherheitsniveau der MBO.“ Von daher ist es nicht nachvollziehbar, warum § 28 Abs. 5 der MBO nicht anzuwenden ist: „(5) Absätze 2, 3 und 4 Satz 1 gelten nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3; Absatz 4 Satz 2 gilt nicht für Gebäude der Gebäudeklassen 1 und 2.“ Weiter heißt es in den Erläuterungen zur MIndBauRL: „Anforderungen an die Lagerung vor Außenwänden werden erforderlich, weil bei Außenwänden die Anforderungen in Hinblick auf die Verwendung brennbarer Dämmstoffe erleichtert worden sind. Im Übrigen liegen Erkenntnisse von Feuerwehren aus Brandeinsätzen vor, dass bei Bränden von vor Außenwänden abgestellten Materialien durch die Wärmestrahlung eine Brandausbreitung in das Gebäude stattgefunden hat.“

Durch die Beschränkung brennbarer Materialien vor den Außenwänden hat man die Gefahr einer Brandentstehung vor diesen Wänden bereits reduziert. Dennoch wird die Verwendung normalentflammbarer Baustoffe als Außenwandbekleidung ausgeschlossen. Es ist nicht nachvollziehbar, warum an dieser Stelle ein höheres Sicherheitsniveau als das der MBO angestrebt wird, zumal auch bei Gebäuden normaler Art und Nutzung in der Vergangenheit beobachtet wurde, „dass bei Bränden von vor Außenwänden abgestellten Materialien durch die Wärmestrahlung eine Brandausbreitung in das Gebäude stattgefunden hat.“ Hierin ist eine nicht gerechtfertigte Benachteiligung des Baustoffes Holz im Industriebau zu sehen. Eine Erleichterung im Sinne der MBO erscheint gerechtfertigt, dass zum Beispiel die genannten Anforderungen nicht für Außenwandbekleidungen mit einer Wandhöhe bis zu 10 m gelten. Hier sind abweichend normalentflammbare Baustoffe zulässig.

4.4 _ Brennbare Außenwandkonstruktion

In Analogie zum vorherigen Abschnitt stellt sich die gleiche Frage, warum bei den Außenwandbauteilen sogar über die Anforderungen der MBO hinausgegangen wird. Eine erhöhte Gefährdungssituation ist bei Industriebauten gegenüber Gebäuden normaler Art und Nutzung nicht erkennbar. Bis 2014 gab es mit der MIndBauRL noch eine Kleinflächenregelung für nichttragende Außenwände und die nichttragenden Teile tragender Außenwände. So mussten die genannten Baustoffanforderungen erst ab einer Hallengröße von 2.000 m² beachtet werden, unterhalb durften auch normalentflammbare Dämmstoffe innerhalb normalentflammbarer Konstruktionen verbaut werden. Die Wiedereinführung der Kleinflächenregelung für Hallen bis 2.000 m² entspricht in etwa der maximal zulässigen Brandabschnittsgröße der MBO von 40 x 40 m². Die Anforderungen der MBO für nichttragende Außenwände beziehen sich zudem auf Gebäude mit einer Gebäudehöhe von maximal 22 m. Dies entspricht im üblichen Geschossbau einer Wandhöhe von 25 m. Wird beides eingehalten, sind verschärfte Anforderungen gegenüber der MBO nicht nachzuvollziehen.

4.5 _ Dächer in Holzbauweise

Großflächige Dächer weisen eine besondere Gefahr für die Ausbreitung von Bränden auf. In der MIndBauRL beginnen diese „großflächigen Dächer“ ab 2.500 m², unterhalb dieser Schwelle werden keine besonderen Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe gestellt. Ab einer Fläche von 2.500 m² muss nachgewiesen werden, dass über die Dachfläche nur eine „behinderte Brandausbreitung“ stattfinden kann. Dies gilt als erfüllt, wenn die Vorgaben der Normenreihe DIN 18234-1 bis DIN 18234-4 [6] [14] [15] und [7] anwendungsbezogen erfüllt werden. Hier wird in einem Naturbrandversuch das Verhalten von Dachelementen geprüft. Darin werden keine Baustoffe ausgeschlossen, sofern sie im Rahmen ihrer Konstruktion die Prüfbedingungen erfüllen und sich bis zu einem möglichen Löschangriff nur so geringfügig am Brandgeschehen beteiligen, dass dieser sicher und erfolgreich durchgeführt werden kann.

In einem Forschungsprojekt „Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer in Holzbauweise bei Brandbeanspruchung von der Unterseite“ [13] wurde gezeigt, dass auch mit biogenen Baustoffen großflächige Holzdachelemente sicher gestaltet werden können und die Anforderungen bezüglich der Brandweiterleitung und Standsicherheit im Brandfall gemäß DIN 18234 zu erfüllen sind. Bisher behandelten die Normenteile der DIN 18234 nichtbrennbare Hauptbestandteile (außer Dampfbremsen etc.). Der in [13] erarbeitete Bauteilkatalog zeigt unter den insgesamt drei resultierenden Aufbauten, auch einen mit einer Dämmung aus normalentflammbaren Cellulose-Flocken.

Die DIN 18234 bezieht sich auf den Dachaufbau. Dazu gehören die eigentliche Dachhaut, die Dämmung, die Tragkonstruktion der Dachhaut, diffusionshemmende Schichten und die untere Bekleidung, jedoch in erster Linie nicht die tragenden und aussteifenden Teile der Dachkonstruktion (sofern die oben genannten nicht auch als Aussteifung dienen).

Die Dachelemente werden unabhängig ihrer Tragkonstruktion geprüft. Brennbare Bestandteile direkt unterhalb der Decke sorgen für eine verstärkte Einwirkung. Das kann zu einem frühzeitigen Versagen der Bekleidung führen. Binder, Riegel etc. können den Brand aus dem Primärbereich heraustragen und damit die Flammenausbreitung an der Unterseite des Dachs (Kriterium e) begünstigen, auch wenn die Dachschaale selbst die Brandausbreitung behindert. Ein Auflager welches selbst einem Abbrand unterliegt, wird ebenso nicht berücksichtigt (Kriterium b).

In den vorherigen Punkten zeigt sich eher eine negative Auswirkung der Verwendung von Holz als Tragwerk für großflächige Holztafel-elemente. Ob diese jedoch kritisch ist, muss näher betrachtet werden. Dazu könnte ein modifizierter Versuch nach DIN 18234-1 geeignet sein, indem man unterhalb der Dachschaale auch die Bestandteile des Primär- und Sekundärtragwerks dem Naturbrand aussetzt. Speziell das Kriterium (e) müsste dabei betrachtet werden.

Die Art der Auflagerung der Dachelemente war nicht Bestandteil des Forschungsprojektes. Jedoch zeigt die Praxis, dass Holztafelelemente vorwiegend in Verbindung mit einer hölzernen Tragkonstruktion eingesetzt werden. Wohingegen Dachaufbauten aus Sandwich-Paneelen oder Stahltrapezprofilen in der Anwendung keine bevorzugte Tragkonstruktion aufweisen, sie kommen gleichermaßen im Massiv- und Holzbau vor.

Ein Weg den finanziellen Mehraufwand für u. a. Planung und Konstruktion zu kompensieren, könnte es auch beim ungeschützten Holzbau im Industriebau in feuerhemmender und hochfeuerhemmender Bauweise sein, einen Bauteilkatalog mit Mindestanforderungen an die Elemente des Tragwerks, der Aussteifung und deren Verbindungsmittel zu erstellen.

5_ Risikoeinschätzung der Versicherungen

Anhand der MIndBauRL und den Rechenmodellen der DIN 18230-1 stehen Werkzeuge zur Verfügung, um Industriebauten hinsichtlich ihres Brandrisikos einordnen und bewerten zu können. Dieses Verfahren ist im Sinne der Schutzzielerfüllung aber „nur“ mit dem Bauordnungsrecht abgestimmt.

Um die Sichtweise der Versicherungen kennen zu lernen, wurde zunächst ein Fragebogen an ausgewählte Versicherer versendet.

Die Ergebnisse wurden im Anschluss unter Moderation des GDV (Gesamtverband der Versicherer) diskutiert. Aus Sicht der Versicherer sind unabhängig von der Bauart vor allem zwei Probleme nicht oder nicht gänzlich durch die bauaufsichtlichen Anforderungen abgedeckt. Im Zuge der Erarbeitung bauaufsichtlicher Brandschutzkonzepte wird der Sachwertschutz nicht hinreichend berücksichtigt. Weiterhin ist die Gefahr eines Entstehungsbrands bei der Baustoffwahl nicht ausreichend berücksichtigt [16]. Zwar wird in DIN 18230-1 die Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung mitberücksichtigt, jedoch wird über den Ansatz eines Brandabschnittes bzw. Brandbekämpfungsabschnittes ein vollständiges Versagen des Gebäudes nach einem bestimmten Zeitraum in Kauf genommen. Die Versicherer sehen in diesen Punkten den Sachwertschutz und die Folgen einer Betriebsunterbrechung nach dem Schadensfall nicht ausreichend berücksichtigt. Grundsätzlich ist insbesondere der Einsatz von brennbaren Dämmstoffen (hier in der Regel die geschäumten Kunststoffe) aus Sicht der Versicherer sehr kritisch zu sehen.

Die wesentlichen Bedenken der Versicherer gegenüber der Verwendung von Holz als Bau- und Konstruktionswerkstoff werden im Folgenden zusammengefasst und dazu durch die Autoren Stellung bezogen.

- 1) Die Brennbarkeit des Holzes ist ein Faktor, der Probleme mit sich bringt und eine Brandabschnittstrennung nicht gewährleisten kann.

Grundsätzlich sind Brandwände gemäß MBO in nichtbrennbarer, feuerbeständiger Bauweise gefordert. Sofern diese Grundsatzfestlegung nicht in Frage gestellt wird, liegt kein Zusammenhang zwischen einer Brandabschnittstrennung und einer sonstigen Holzbauweise vor. Im Übrigen sind die Autoren überzeugt, dass es bei entsprechender konstruktiver Durchbildung sehr wohl möglich wäre, auch Holzwände zur Trennung von Brandabschnitten heranzuziehen.

- 2) Folgeschäden sind aus Sicht der Sachversicherer bei Holzkonstruktionen deutlich höher als bei konventioneller Bauweise

Folgeschäden sind im Wesentlichen die Kosten aufgrund von Betriebsausfall und Produktionsunterbrechungen. Diese Kosten können in der Tat um ein Vielfaches höher liegen als der reine Gebäudeschaden. Maßgebend ist die Relevanz (Wertigkeit) des Produkts, mögliche Ausweichprodukte sowie unmittelbare Umweltschäden aufgrund des produktionsbedingten Umgangs mit Gefahrstoffen.

Unstrittig ist sicherlich, dass die Höhe des Sachschadens bei einem Brand einer Holzhalle, in der Halbfertigteile aus Metall gelagert werden, durch die Holzbauweise beeinflusst wird. Werden in der gleichen Halle brennbare Güter (z. B. Reifen o. ä.) gelagert, dürfte ein Einfluss des Konstruktionswerkstoffes auf den Sachschaden im Brandfall kaum feststellbar sein.

- 3) Brandweiterleitung über sichtbare Holzoberflächen stellt ein zusätzliches erhebliches Gefährdungspotential dar

Die Branddynamik wird wesentlich von den zur Verfügung stehenden brennbaren Oberflächen beeinflusst. Diese erfolgt bei Wandoberflächen zunächst vertikal und wird durch die Brennbarkeit beeinflusst. Allerdings ist die räumliche Anordnung dieser Flächen ebenfalls maßgebend. Bei kleinen Räumen wird eine brennende Wand eine gegenüberliegende brennbare Wandoberfläche thermisch bestrahlen, sodass sich diese ggf. auch am Brand beteiligt. Bei üblichen Industriehallen weisen die Wände i. d. R. so große Abstände auf, dass eine gegenseitige negative Beeinflussung ausgeschlossen werden kann. Auch hier wird wiederum die Brandlast aus der Nutzung maßgebend. Die pauschale Aussage einer Risikoerhöhung ist daher wissenschaftlich nicht belegbar.

- 4) Ertüchtigung der Holzkonstruktionen nach dem Schadensfall ist kostspielig, ebenso die Entsorgung.

Die Wiederherstellungskosten dürften sich auf einem ähnlichen Niveau bewegen. Vermutlich sind aber tatsächlich die Sanierungsarbeiten infolge einer Rauchgasbeaufschlagung oder durch Löschwasser bei der Holzbauweise etwas höher anzusetzen.

Hierzu muss aus Sicht der Autoren angemerkt werden, dass die sehr kritische Sicht der Sachversicherer auf den Holzbau in erster Linie auf holzverarbeitende Betriebe zurückzuführen ist. Bei diesen besteht jedoch ein hohes Gefährdungspotential aufgrund der Betriebsart und nicht durch die Ausführung der Gebäude. Die kritische Bewertung des Holzbaus ist daher auch aus versicherungstechnischer Sicht als fraglich anzusehen.

Für den Industriebau gibt es in Deutschland neben dem bauaufsichtlichen Gesamtkonzept des Brandschutzes versicherungstechnische Aspekte, die für die Sicherstellung eines ordnungsgemäßen Betriebes und für den Schutz von Sachwerten angewendet werden.

6_ Beispiele

6.1 _ Akademisches Beispiel

Tabellenverfahren

Eingangswerte

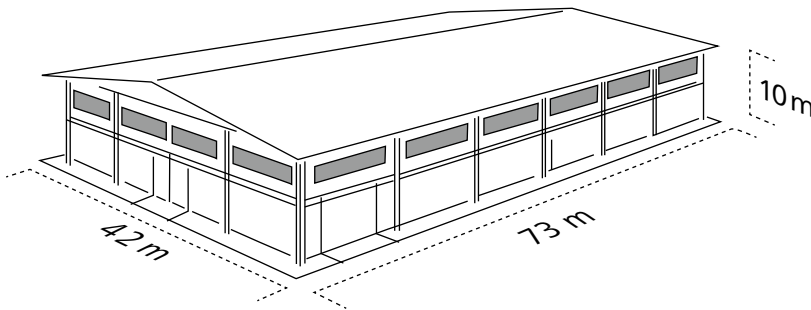
Es wird eine Lagerhalle mit den Abmaßen aus Abbildung 3 angenommen.

Tragwerk und Aussteifung bestehen aus Holz.

Als Wärmeabzugsflächen können folgende Bauteile berücksichtigt werden:

- 4 Tore à 4 m x 4,5 m lichte Öffnung
- 10 Türen à 2,5 m x 1,4 m lichte Öffnung
- 8 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen in der Dachfläche (RWA) à 2 m x 3 m

Abb. 3:
Hallenabmessungen



Brandlasten

Gelagert werden nichtbrennbare Gegenstände in brennbaren Verpackungsmaterialien. Diese werden außerdem auf Holzpaletten verfahren. Die zu erwartenden Brandlasten setzen sich demnach wie folgt zusammen (auf der sicheren Seite liegend):

- Holztragwerk, Aussteifung und Dachtragwerk der Halle mit 150 m³ Fichtenholz
- 1095 Holzpaletten (Europaletten) à 23 kg
- Verpackungsmaterialien aus Karton/Pappe/Papier mit 3.496 kg
- Verpackungsmaterialien aus PE-Folien/Plastik mit ca. 5.447 kg
- Elektroinstallationen und Maschinen mit ca. 8.200 kg

Brandschutztechnische Ausstattung

Die betrachtete Halle befindet sich in einem Industriepark ohne Werkfeuerwehr. Das Objekt verfügt nicht über eine flächendeckende Brandmeldeanlage. Damit wird das Objekt in die Sicherheitskategorie K 1 eingeordnet.

Brandabschnittsfläche

Die Halle wird als ein Brandabschnitt und Brandbekämpfungsabschnitt angesehen.

$$A_B = b \cdot \ell = 42 \text{ m} \cdot 73 \text{ m} = 3.066 \text{ m}^2 \quad (7)$$

Damit ist die maximale Brandabschnittsfläche nach Tabelle 2 der MIndBauRL selbst bei einer feuerhemmenden Ausführung (vgl. Tabelle 1 dieser Schrift, Spalte 3, Zeile 2) überschritten. Ein Nachweis nach Abschnitt 6 der MIndBauRL ist damit ohne zusätzliche anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen (z. B. Brandmeldeanlage) nicht möglich.

6.2 _ Akademisches Beispiel Bemessung nach DIN 18230-1

Das Bemessungsbeispiel aus 6.1 wird im Folgenden nach DIN 18230 bemessen.

Brandlast

Die Brandlast $Q_{i,n}$ setzt sich aus den Brandlasten der Tragstruktur und der gelagerten Stoffe zusammen und wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$Q_{i,n} = \sum n \cdot M_j \cdot H_{mi} \cdot m_j \quad (8)$$

Dabei ist

n = Stückzahl des einzelnen Stoffes

M_j = Masse des einzelnen Stoffes, in kg

H_{mi} = Heizwert nach DIN 18230-1 des einzelnen Stoffes, in kWh/kg

m_j = Abbrandfaktor nach DIN 18230-1 des einzelnen Stoffes

Mit der Grundfläche aus 6.1 $A_B = 3.066 \text{ m}^2$ kann die flächenbezogene rechnerische Brandbelastung ermittelt werden.

$$q_R = \frac{Q_{i,n}}{A_B} \quad (9)$$

$$= \frac{388.060 \text{ kWh}}{3.066 \text{ m}^2} = 126 \text{ kWh/m}^2$$

Umrechnungsfaktor c

Für den Einfluss des Wärmeabflusses durch die aus dünnem Aluminiumblech bestehenden Umfassungsbauteile wird der Umrechnungsfaktor c nach DIN 18230-1, Tabelle 1 zu

$c = 0,15 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$ bestimmt.

Tab. 5:

Einzelbrandlasten

Material	n [-]	M_j [kg]	H_{mi} [kWh/kg]	m_j [-]	$n \cdot M_j \cdot H_{mi} \cdot m_j$ [kWh]
Ungeschütztes Holztragwerk, Aussteifung und Dachtragwerk der Halle	150	450	4,8	0,6	194.400
Holzpaletten (Europaletten)	1.095	23	4,8	0,8	96.710,4
Verpackungsmaterial Karton/Pappe/Papier	1	3.496	4,2	1	14.683,2
Verpackungsmaterial PE Folien/Plastik	1	5.447	8,1	1,4	61.768,98
Elektroinstallationen und Maschinen	1	8.200	5	0,5	20.500
Summe					388.060

Wärmeabzugsfaktor w

Im nächsten Schritt muss der Wärmeabzugsfaktor w bestimmt werden. Dieser berücksichtigt, welcher Anteil der im Brandfall entstehenden Wärme durch offene oder offene Flächen aus dem Brandbekämpfungsabschnitt abgeleitet werden kann. Er bewertet, inwiefern dies zur Temperaturentlastung der Bauteile beiträgt. Wesentliche Einflussfaktoren sind die wirksamen Öffnungsflächen in Wänden und Dach sowie die maßgebliche Höhe des Brandbekämpfungsabschnitts. Die einzelnen Flächen der Öffnungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Zur Bestimmung von w müssen zuerst die Verhältniswerte a_v und a_h ermittelt werden:

$$a_v = \frac{A_v}{A_B} = \frac{104,5 \text{ m}^2}{3.066 \text{ m}^2} = 0,034 \quad (10)$$

$$a_h = \frac{A_h}{A_B} = \frac{48 \text{ m}^2}{3.066 \text{ m}^2} = 0,016 \quad (11)$$

Dabei ist

A_v Fläche der vertikalen Öffnungen in den Außenwandflächen, in m^2

A_h Fläche der horizontalen Öffnungen im Dach bzw. Decke einer Ebene, in m^2

A_B Brandabschnittsfläche, in m^2

Tab. 6:

Größe und Anzahl der Öffnungen

Art der Öffnung	Abmessungen	Anzahl	Summe
Tor	4 m x 4,5 m	4	72 m^2
Tür	2,5 m x 1,4 m	10	32,5 m^2
Vertikal gesamt			$A_v = 104,5 \text{ m}^2$
RWA	2 m x 3 m	8	48 m^2
Horizontal gesamt			$A_h = 48 \text{ m}^2$

Daraus kann im nächsten Schritt der Faktor w berechnet werden aus:

$$w = w_o \cdot \alpha_w \\ = 1,8 \cdot 0,86 = 1,547 \geq 0,5 \quad (12)$$

Dabei ist

w_o Faktor zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Wärmeabzugsflächen nach Abbildung 4

α_w Faktor zur Berücksichtigung der mittleren Höhe h des maßgebenden Bemessungsabschnittes nach Abbildung 5

h mittlere lichte Höhe, in m

Die äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$ ergibt sich zu.

$$t_{\bar{a}} = q_r \cdot c \cdot w \\ = 126 \cdot 0,15 \cdot 1,547 = 29,2 \text{ min} \quad (13)$$

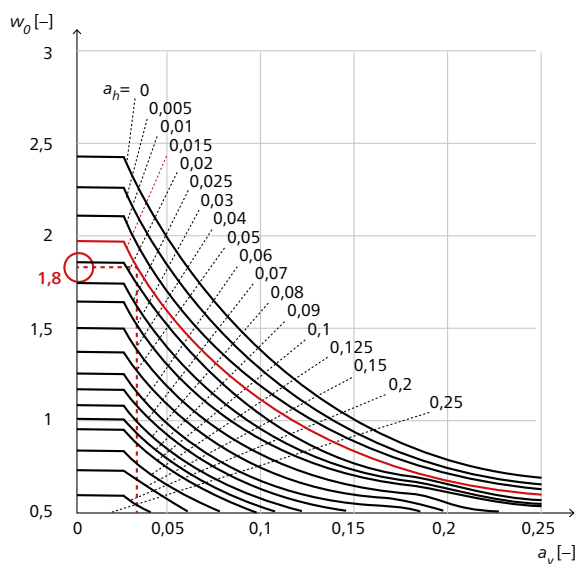


Abb. 4:

Faktor w_o in Abhängigkeit von a_v und a_h
(Bild 1 der DIN 18230-1) [4]

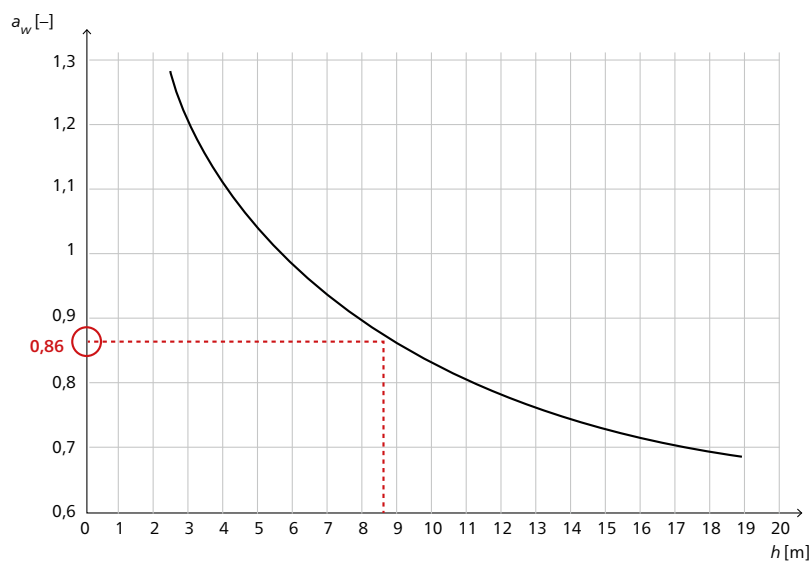


Abb. 5:

Faktor α_w für den Einfluss der mittleren lichten Höhe h
auf den w -Faktor (Bild 2 aus DIN 18230-1) [4]

Tab. 7:

Auszug Tabelle 6 der MindBauRL

erf t_F nach DIN 18230-1 in Minuten	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von 1. Decken, die Brandbekämpfungs- abschnitte trennen und Bauteile, die diese Decken tragen, aussteifen oder überbrücken 2. Abschlüssen von Öffnungen in Bauteilen nach Nr. 1 und in Brandbekämpfungs- abschnittstrennwänden 3. Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen oder Vorkehrungen gegen Brand- übertragung bei Leitungen, Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen ohne Feuerwiderstandsfähigkeit, die Brandbekämpfungsabschnitte überbrücken	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von 1. Bauteilen in der Brandsicherheits- klasse SK _b 3, die nicht in Zeile 1, Spalte 2, Nr. 1 einzuordnen sind 2. Abschlüssen von Öffnungen in Geschossdecken mit Feuerwiderstandsfähigkeit 3. Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen oder Vorkehrungen gegen Brand- übertragung bei Leitungen, Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen ohne Feuerwiderstandsfähigkeit, die Geschossdecken mit Feuerwiderstandsfähigkeit überbrücken	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von 1. Bauteilen 2. Abschlüssen von Öffnungen in Bauteilen mit Feuerwiderstandsfähigkeit 3. Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen oder Vorkehrungen gegen Brandübertragung bei Leitungen, Lüftungsleitungen, Installations- schächten und -kanälen ohne Feuerwiderstandsfähigkeit, die Bauteile mit Feuerwiderstands- fähigkeit überbrücken in der Brandsicherheitsklasse SK _b 2 und SK _b 1
≤ 15	zu 1. feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend	keine Feuerwiderstandsfähigkeit, normalentflammbare Baustoffe ³⁾	keine Feuerwiderstandsfähigkeit, normalentflammbare Baustoffe ³⁾
>15 bis 30	zu 1. feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend	zu 1. feuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend	zu 1. feuerhemmend zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend
> 30 bis 60	zu 1. hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen zu 2. hochfeuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. hochfeuerhemmend	zu 1. hochfeuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. hochfeuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. hochfeuerhemmend	zu 1. hochfeuerhemmend und aus brennbaren Baustoffen zu 2. hochfeuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. hochfeuerhemmend
> 60 ²⁾	zu 1. feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen zu 2. feuerbeständig, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerbeständig	zu 1. feuerbeständig zu 2. feuerbeständig, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerbeständig	zu 1. feuerbeständig und aus brennbaren Baustoffen zu 2. feuerbeständig, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerbeständig

1) Für Bauteile in Industriebauten bis zu 2 Geschossen oder 1 Geschoss mit maximal 1 Ebene je Brandbekämpfungsabschnitt feuerhemmend bzw. hochfeuerhemmend und aus brennbaren Baustoffen zulässig; wenn in der Ermittlung erf t_F die brennbaren Baustoffe berücksichtigt sind.

2) ...

3) ...

Anwendbarkeit der Tabelle 6 MInBauRL

Anhand Tabelle 6 der MInbauRL (siehe Tabelle 7 dieser Schrift) ist zu klären, ob die äquivalente Branddauer ausreichend klein ist, um das Tragwerk der Halle mit brennbaren Baustoffen zu realisieren.

Hieraus wird deutlich, dass das Tragwerk bei erdgeschossigen Industriebauten in Holz feuerhemmend oder hochfeuerhemmend ausgeführt werden kann, wenn eine erforderliches t_f zwischen 15 und 30, oder 30 und 60 Minuten erreicht wird.

Erforderlicher Feuerwiderstand der Bauteile

$$\begin{aligned} \text{erf } t_f &= t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \alpha_L \\ &= 29,2 \text{ min} \cdot 1,01 \cdot 1,0 = 29,5 \text{ min} \quad (14) \end{aligned}$$

Dabei ist

- γ Sicherheitsbeiwert für Bauteile der Brandsicherheitsklassen SKb3, SKb2 und SKb1 nach Tabelle 2 der DIN 18230-1; hier $\gamma=1,01$ für SKb3
- α_L Zusatzbeiwert zur Begrenzung der Behinderung der Brandausbreitung aufgrund der brandschutztechnischen Infrastruktur nach Tabelle 3 der DIN 18230-1, hier $\alpha_L = 1,0$ für Sicherheitskategorie K1

erf t_f ist kleiner als 30 Minuten. Damit ist eine Ausführung nach Zeile 3 der Tabelle 6 der MIndBauRL (hier: feuerhemmend) möglich.

6.3 _ Praxisbeispiel Lagerhalle

Abb. 6:
Produktionshalle
der Derix-Gruppe in
Westerkappeln

Das hier betrachtete Praxisbeispiel beschreibt eine erdgeschossige Produktions- und Lagerhalle.

Baujahr: 2022

Bauherr: Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG

Planer: Planungsgruppe Mesum Architektur

Brandschutz: Ingenieurbüro für Brandschutz

Tüshaus GmbH

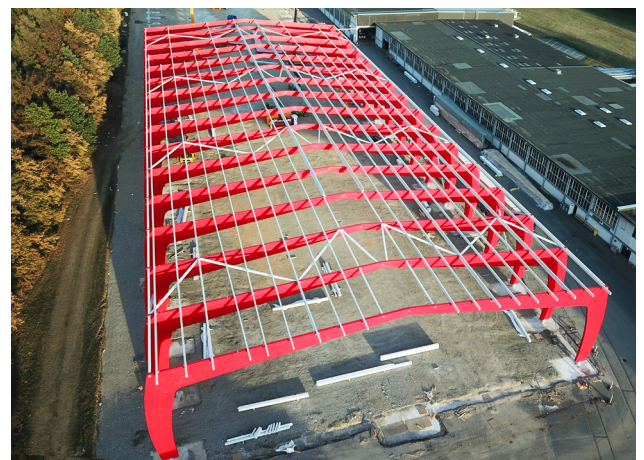


Abb. 7 und 8:
Holztragwerk der Produktionshalle

Einordnung des Objektes

Bei der Produktions- und Lagerhalle handelt es sich um einen erdgeschossigen Industriebau gemäß Ziffer 3.1 der Industriebaurichtlinie (IndBauR, Stand Juli 2014, NRW) mit einer Fläche von 13.985 m². Der Gebäudekomplex ist mit deutlich mehr als 1.600 m² Grundfläche ein Gebäude besonderer Art und Nutzung.

Die für die Produktion von Brettsperrholz notwendigen Anlagen haben Wartungsbühnen und Wartungsgänge, aber keine Lagerbühnen.

Ein Teil der Halle dient zur Lagerung des Rohmaterials, während sich in einem anderen Bereich die Produktionsanlagen befinden. Am Ende der Produktionslinie ist ein Zwischenlager für die fertigen Produkte eingerichtet. Sozialräume für die Mitarbeiter sind im Gebäude integriert. Wohnnutzungen sind nicht vorgesehen.

Der gesamte Brandabschnitt wird durch eine automatische Löschanlage geschützt, die speziell auf das Lagergut und die Lageranordnung abgestimmt ist.

Das Haupttragwerk besteht aus Dreigelenkrahmen aus Brettschichtholz. Die Pfettenlage und Dachaussteifungen bestehen ebenfalls aus Holz.

Nachweis des Feuerwiderstandes der tragenden und aussteifenden Bauteile

Die Beurteilung erfolgt nach Abschnitt 7 der MIndBauRL unter Verwendung des Rechenverfahrens DIN 18230 -1.

Da es sich um ein Gebäude für eine durchgehende Produktionslinie handelt, wird aus Gründen der Nutzung ein Brandbekämpfungsabschnitt (BBA) für das Gesamtgebäude ohne Brandabschnittstrennung nachgewiesen.

Die automatische Feuerlöschanlage erlaubt eine Klassifizierung in der Sicherheitskategorie K4 (Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit selbsttätiger Feuerlöschanlage).

Für die Ermittlung der Brandlasten werden die Brandlasten aus der Hallenkonstruktion und den vom Bauherrn mitgeteilten Mengenangaben zu den Materialien im Produktionsprozess verwendet:

Holzvorrat: 1.250 m³

Produktionsprozess: 800 m³

Zwischenlager Fertigteile: 800 m³

Zusätzlich werden die Brandlasten aus Verpackungsmaterialien, Holzpaletten und Kunststoffformteilen einbezogen.

Auch die Maschineninstallationen und Werkbänke aus Holz wurden berücksichtigt.

Weiterhin fließen die Brandlasten der Gebäudekonstruktion in die Berechnung ein, wobei die Sandwichpaneele der Außenwand, elektrische Installationen mit 5 kWh/m² brennbarem Kabelmaterial (ohne Kupfer) und die Haupttragkonstruktion aus Holz zu 50 % (da nur der Abbrand berücksichtigt wird, der für F 30 B erforderliche Holzanteil bleibt

unberücksichtigt) entsprechend den Abschnitten 6.4.2 und 6.4.3 eingerechnet wurden. Die Holzpfettenlage des Isodachs und die Wandriegel werden vollständig in die Berechnung aufgenommen. Die Verteilung der Brandlasten und der Wärmeabzugsflächen erfolgt gleichmäßig im Brandbekämpfungsabschnitt.

Ergebnisse der Rechenschritte nach Abschnitt 7 der MIndBauRL (Formeln siehe Beispiel im Abschnitt 6.2): Laut Fußnote 1 der Tabelle 6 der MIndBauRL ist für diesen erdgeschossigen BBA eine Ausführung in F 30 B zulässig. Alle tragenden und aussteifenden Elemente werden entsprechend

Grundfläche Brandbekämpfungsabschnitt A_B :	13.985 m ²
Anzahl der Geschosse nach MInBauRL	1
Gemittelte lichte Höhe Brandbekämpfungsabschnitt h	12,5 m
Unter Berücksichtigung eines 10-%igen Sicherheitszuschlags auf die Fläche bezogene gemittelte maximale Brandlast q_R	363 kWh/m ²
Gemittelter Umrechnungsfaktor c	0,223
Abminderung der Ventilation (pauschale Abminderung der Rohbauöffnungen zur Berücksichtigung von Rahmen)	0,85
Summe der anrechenbaren vertikalen Wärmeabzugsflächen A_v	1.428,95 m ²
Beiwert vertikaler Wärmeabzug a_v	0,102
Summe der anrechenbaren horizontalen Wärmeabzugsflächen A_h	1.181,50 m ²
Beiwert horizontaler Wärmeabzug a_h	0,084
Faktor ω_0 zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Öffnungsflächen mit $\beta_w = 27,7 \geq 16$	0,526
Beiwert zur Berücksichtigung der mittleren Höhe α_w	0,803
Wärmeabzugsfaktor w	0,422
Beiwert α_L	0,60
Sicherheitsbeiwerte nach Tabellen 2 und 3 der DIN 18230-1	
– $\gamma_{(SKb\ 1)} = 1,140$	
– $\gamma_{(SKb\ 2)} = 0,740$	
– $\gamma_{(SKb\ 3)} = 0,500$	
Äquivalente Branddauer $t_{\bar{a}}$	40,5 Minuten
Rechnerisch erforderliche Branddauer $\text{erf } t_F = t_{\bar{a}} \cdot \gamma \cdot \alpha_L$	
– $\text{erf } t_{F(SKb\ 1)} = 40,5 \cdot 1,140 \cdot 0,6 = 27,7 \text{ min}$	
– $\text{erf } t_{F(SKb\ 2)} = 40,5 \cdot 0,740 \cdot 0,6 = 18,0 \text{ min}$	
– $\text{erf } t_{F(SKb\ 3)} = 40,5 \cdot 0,500 \cdot 0,6 = 12,1 \text{ min}$	

in F 30 ausgelegt. Die Wandriegel und Holzpfeifen hingegen gelten als Nebentragwerke, tragen nicht zur Aussteifung bei und müssen daher nicht in F 30 bemessen werden. Ein Versagen dieser Bauteile führt nicht zu einer kinematischen Kettenreaktion oder zum Totaleinsturz des gesamten Brandabschnitts.

Als letzter Schritt muss die zulässige Größe des BBA ermittelt werden. Diese hängt von der Sicherheitskategorie (K1 bis K4) und der äquivalenten Branddauer $t_{\text{ä}}$ ab. Sie wird durch die Summe der bewerteten Grundflächen der einzelnen Geschosse und Ebenen bestimmt. Hierfür müssen die Grundflächen A_i der einzelnen Geschosse mit den Faktoren F_H und F_A bewertet werden. Der Faktor F_H berücksichtigt gemäß Tabelle 3 der MIndBauRL die Höhe der Grundfläche A_i über dem Bezugsniveau, während der Faktor F_A das Risiko der vertikalen Brandausbreitung gemäß Tabelle 4 der MIndBauRL abhängig von der Ausführung der Öffnungen in den Ebenen berücksichtigt. Die Summe der bewerteten Grundflächen A_i darf den zulässigen Wert A_{bew} aus Tabelle 5 der MIndBauRL nicht überschreiten.

Summe der bewerteten Grundfläche

$$\begin{aligned} \text{zul } A_{\text{bew}} &> A_G \cdot F_{H1} \cdot F_{A1} + \sum_{i=2}^n A_{Ei} \cdot F_{Hi} \cdot F_{Ai} \quad (15) \\ &= 13.985 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 1,7 = 23.775 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mit einem $t_{\text{ä}}$ -Wert von 40,47 Minuten ergibt sich laut Tabelle 5 der MIndBauRL eine zulässige Gesamtfläche der bewerteten Grundflächen in der Sicherheitskategorie K 4 von interpolierten 34.671 m². Diese maximal zulässige Fläche gemäß Tabelle 5 der MIndBauRL wird für den BBA mit 13.985 m² deutlich unterschritten, sodass eine ausreichende Reserve verbleibt. Zudem wird die 75 %-Grenze der bewerteten Fläche nicht überschritten. Die Anforderungen der Ziffer 7.4 der MIndBauRL werden somit erfüllt.

7 _ Erleichterungen MIndBauRL

Hintergrundinformationen zu den Erleichterungen für Holztragwerke in der MIndBauRL 2019

7.1 _ Forschungsvorhaben

Im Juli 2014 löste die von der ARGEBAU verabschiedete Muster-Industriebaurichtlinie (MIndBauRL) [17] die Fassung aus dem Jahr 2000 ab. Die Überarbeitung war notwendig, um die Richtlinie an die bereits 2010 geänderte DIN 18230-1 [4] anzupassen. Umfassende Änderungen ergaben sich auch im Hinblick auf die Rauchableitung sowie durch die neu eingeführten Begriffe „Einbauten“ und „Ebenen“. Hinsichtlich einer verstärkten Verwendung des Baustoffs Holz brachte die Fassung von 2014 keinerlei Erleichterungen. Im Gegenteil wurden tendenziell eher Verschärfungen in die neue Richtlinie (beispielsweise im Bereich der Außenwandbekleidungen) aufgenommen. Dies ist insofern überraschend, als dass es erklärter politischer und gesellschaftlicher Wille ist, die Nachhaltigkeit im Bauwesen durch einen verstärkten Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen zu verbessern. In der Philosophie der Landesbauordnungen werden daher die brandschutztechnischen Anforderungen an die Holzbauweise zurückgefahren (vgl. LBO Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Berlin und Hamburg).

Daher initiierte die Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. ein Forschungsvorhaben zur Untersuchung der bauaufsichtlichen Einschränkungen für die Holzbauweise im Industriebau [18]. Das Vorhaben verfolgte dabei drei wesentliche Ziele:

- Identifizierung der brandschutztechnischen Einschränkungen aus Sicht der Holzbauweise
- Prüfung, ob die Einschränkungen reduziert oder gestrichen werden können
- Identifizierung der hierzu erforderlichen Nachweise und Belege

Grundsätzlich bestanden gemäß internen Vorgesprächen aus Sicht der ARGEBAU keine Bedenken, Erleichterungen zur stärkeren Verwendung von Holz zuzulassen, sofern entsprechende „neue“ Erkenntnisse vorgetragen werden können. Die Ergebnisse des Vorhabens führten bereits zu wesentlichen Erleichterungen für den Holzbau in der Muster-Industriebaurichtlinie 2019. Aus Sicht der Autoren sind weitere Erleichterungen möglich, um bestehende Hemmnisse für den Holzbau in der Muster-Industriebaurichtlinie zu reduzieren, ohne das brandschutztechnische Sicherheitsniveau unzulässig zu senken.

7.2 _Einschränkungen bis 2014

Die Möglichkeit einen Industriebau in Holz-
bauweise nach Abschnitt 6 der MIndBauRL

2014 [17] auszuführen war stark eingeschränkt.
Nach Tabelle 8 zog die Verwendung
brennbarer Baustoffe automatisch eine
feuerhemmende Ausführung des Tragwerks
nach sich.

Tab. 8:

Zulässige Größe der Brandabschnittsflächen in m²

Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von Baustoffen der tragenden und aussteifenden Bauteile

Sicherheits- kategorie	1 oberirdisches Geschoss (Erdgeschoss)		2 oberirdische Geschosse			3 oberirdische Geschosse		4 oberirdische Geschosse	5 oberirdische Geschosse
	aus nicht- brennbaren Baustoffen ⁵⁾	Feuer- hemmend	Feuer- hemmend	Hoch- feuer- hemmend und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Hoch- feuer- hemmend und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen	Feuer- beständig und aus nicht- brennbaren Baustoffen
K 1	1.800 ¹⁾	3.000	800 ²⁾³⁾	1.600 ²⁾	2.400	1.200 ²⁾³⁾	1.800	1.500	1.200
K 2	2.700 ¹⁾⁴⁾	4.500 ⁴⁾	1.200 ²⁾³⁾	2.400 ²⁾	3.600	1.800 ²⁾	2.700	2.300	1.800
K 3.1	3.200 ¹⁾	5.400	1.400 ²⁾³⁾	2.900 ²⁾	4.300	2.100 ²⁾	3.200	2.700	2.200
K 3.2	3.600 ¹⁾	6.000	1.600 ²⁾	3.200 ²⁾	4.800	2.400 ²⁾	3.600	3.000	2.400
K 3.3	4.200 ¹⁾	7.000	1.800 ²⁾	3.600 ²⁾	5.500	2.800 ²⁾	4.100	3.500	2.800
K 3.4	4.500 ¹⁾	7.500	2.000 ²⁾	4.000 ²⁾	6.000	3.000 ²⁾	4.500	3.800	3.000
K 4	10.000	10.000	8.500	8.500	8.500	6.500	6.500	5.000	4.000

1) Breite des Industriebaus: ≤ 40 m und Wärmeabzugsfläche: ≥ 5 % (siehe Anhang 2).

2) Wärmeabzugsfläche: ≥ 5 % (siehe Anhang 2).

3) Für Gebäude der Gebäudeklassen 3 und 4 ergibt sich nach § 27 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 und 3 i. V. m. § 30 Abs. 2 Nr. 2 MBO eine zulässige Größe von 1.600 m²

4) Die zulässige Größe darf um 10 % überschritten werden, wenn in dem Brandabschnitt die Produktions- und Lagerräume Rauch abzugsanlagen haben, bei denen
– je höchstens 200 m² der Grundfläche ein oder mehrere Rauchabzugsgeräte mit insgesamt mindestens 1,5 m² aerodynamisch wirksamer Fläche im Dach angeordnet wird,
– je höchstens 1.600 m² Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet wird,
– Zuluftflächen mit einem freien Querschnitt von mindestens 36 m² im unteren Raumdrittel vorhanden sind sowie
– die Anforderungen der Nrn. 5.7.4.3 und 5.7.4.4 erfüllt sind.

5) Anstelle von Konstruktionen aus nicht brennbaren Baustoffen sind Holzkonstruktionen zulässig, wenn
– die Konstruktion nach DIN EN 1995-1-1 bemessen ist,
– die Holzbauteile im Falle von reinen Biegeträgern und Zugstäben eine Mindestquerschnittsabmessung von 10 cm x 10 cm und in allen anderen Fällen eine Mindestquerschnittsabmessung von 12 cm x 12 cm aufweisen und
– die Knotenpunkte als Holz-Holz-Verbindungen mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1 der DIN EN 1995-1-2 oder mindestens Stahl-Holz-Verbindungen mit eingeschlitzen Blechen verwendet werden.

7.3 _ Robuste Holzkonstruktionen für den Nachweis ohne Brandlastermittlung

Für Stahlkonstruktionen wird seit vielen Jahren gemäß Tabelle 2 der MIndBauRL eine Ausführung ohne Feuerwiderstand erlaubt. Somit wird ein mögliches Versagen der Konstruktion im Brandfall akzeptiert. In dem Forschungsvorhaben „Industriebaurichtlinie 2020“ wird diese Vorgehensweise für Holztragwerke auf der sicheren Seite liegend adaptiert, wenn die Tragfähigkeit der Holzkonstruktion im Brandfall für eine Brandbeanspruchung unter Berücksichtigung der zusätzlich vorhandenen immobile Brandlast aus der Konstruktion ausgelegt wird. Die Auslegung wurde dabei im System der DIN 18230 über die äquivalente Branddauer geführt.

Durch eine vorhergehende Untersuchung konnte die zusätzliche Brandlast, die sich aus der Verwendung von Holz als Konstruktionsmaterial ergibt, ermittelt und die damit einhergehende Erhöhung der äquivalenten Branddauer berechnet werden. Dazu wurden 21 Industriehallen ausgewertet, die mit Vollwandträgern aus Brettschichtholz (BSH) oder in Fachwerkbauweise ausgeführt wurden. Für die weiteren Betrachtungen wurde das Rechenverfahren nach DIN 18230-1 bis zum Zwischenschritt der äquivalenten Branddauertät angewendet, da es sich hierbei um eine anschauliche Größe handelt, die den Einfluss des Holztragwerks besser wiedergibt als die rechnerische Erhöhung der Brandlastdichte. Diese Auswertung hat gezeigt, dass die zusätzliche äquivalente Branddauer aus der Konstruktion 6,8 Minuten im Mittel für BSH-Konstruktionen beträgt. Der Maximalwert der

untersuchten Hallen beträgt 11,3 Minuten. Auf der sicheren Seite liegend kann daher die erforderliche Feuerwiderstandsdauer für „robuste“ Konstruktionen auf 15 Minuten festgelegt werden. Hallen in Stahlbauweise haben eine vergleichbare äquivalente Feuerwiderstandsdauer. Mit dieser Anforderung werden ebenfalls in der frühen Phase eines Brandes gegebenenfalls zusätzliche Löschmaßnahmen ausreichend kompensiert.

Im Brandfall erfahren Holzquerschnitte auf den beflamnten Seiten einen Abbrand. Dadurch reduziert sich der lastabtragende Querschnitt. Da sich im Brandfall aufgrund reduzierter Teilsicherheitsbeiwerte ebenfalls die zu berücksichtigen Lasten rechnerisch reduzieren, muss der Restquerschnitt geringere Lasten aufnehmen als bei Normaltemperatur. Da bei großen Querschnitten eine gleiche Abbrandtiefe eine im Verhältnis geringere Querschnittsreduzierung zur Folge hat, ergibt sich daraus eine Mindestabmessung, bei der Querschnitte ohne weiteren Nachweis eine Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten aufweisen.

Gemäß DIN EN 1995-1-2 dürfen unter konservativen Annahmen 60 % der Einwirkungen bei Normaltemperatur angesetzt werden. Weiterhin wird auf der sicheren Seite liegend angenommen, dass der Querschnitt bei Normaltemperatur voll ausgelastet ist. Daraus folgt: $N_{E,d,fi} = 0,6 \cdot N_{R,d}$. (16)

Da sich stabilitätsgefährdete Bauteile ungünstiger verhalten als nichtstabilitätsgefährdete Bauteile, werden die Untersuchungen an einem vierseitig beflamnten Druckstab durchgeführt. Die Berechnungen

erfolgen mit der Methode mit reduzierten Eigenschaften nach DIN EN 1995-1-2. Bei einem Druckstab kann gemäß der Beanspruchung zwischen reiner Druckbeanspruchung, Druckbeanspruchung mit einachsiger Biegung und Druckbeanspruchung mit zweiachsiger Biegung unterschieden werden. Um den im Brandfall ungünstigen Fall zu ermitteln, wurden Vergleichsuntersuchungen an einem 3 m langen, gelenkig-gelenkig gelagerten Druckstab mit einem Querschnitt von $100 \times 100 \text{ mm}^2$ durchgeführt. Der Druckstab ist bei Normaltemperatur voll ausgelastet. Nach einer 15-minütigen ETK-Brandbeanspruchung wird erneut die Auslastung im Brandfall unter reduzierter Lastannahme ermittelt. Abbildung 9 zeigt, dass die reine Druckbeanspruchung für den Brandfall den ungünstigsten Fall darstellt. Hier liegt für das gewählte Beispiel die Lastausnutzung bei 158 %. Mit zunehmender Biegebeanspruchung sinkt die Lastausnutzung im Brandfall. Obwohl dieser Fall der reinen Druckbeanspruchung aufgrund von Imperfektionen und Eigengewicht praktisch nicht vorkommt, wird er für die weiteren Betrachtungen als konservative Annahme zugrunde gelegt. Weiterhin zeigt Abbildung 9 bereits, dass eine Mindestquerschnittsabmessung von 100 mm nicht den gewünschten Feuerwiderstand von 15 Minuten leisten kann. Im Folgenden wurden, ausgehend von dem 100 mm breiten quadratischen Querschnitt, die Querschnittsabmessungen in 10 mm Schritten gesteigert und bei unterschiedlichen Schlankheiten zwischen 50 und 250 untersucht. Das Ergebnis zeigt Abbildung 10.

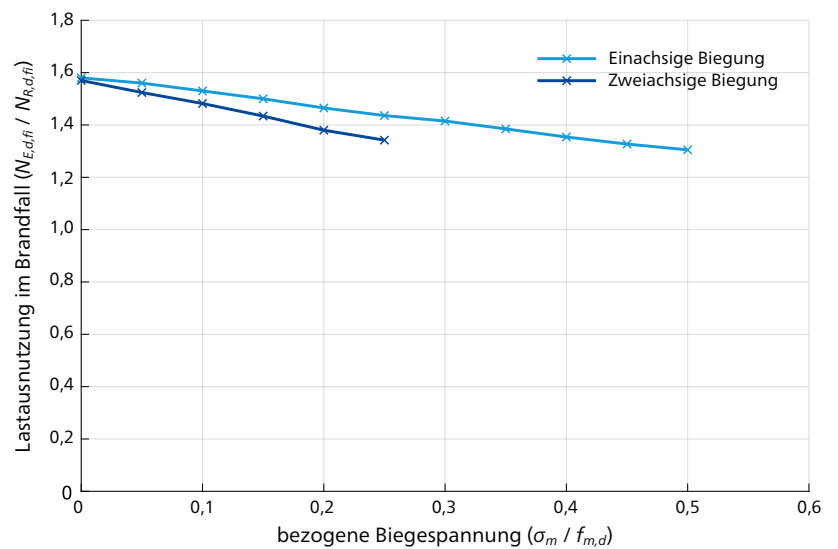


Abb. 9:
Auswirkung des Biegeanteils eines Druckstabes
auf die Lastausnutzung im Brandfall

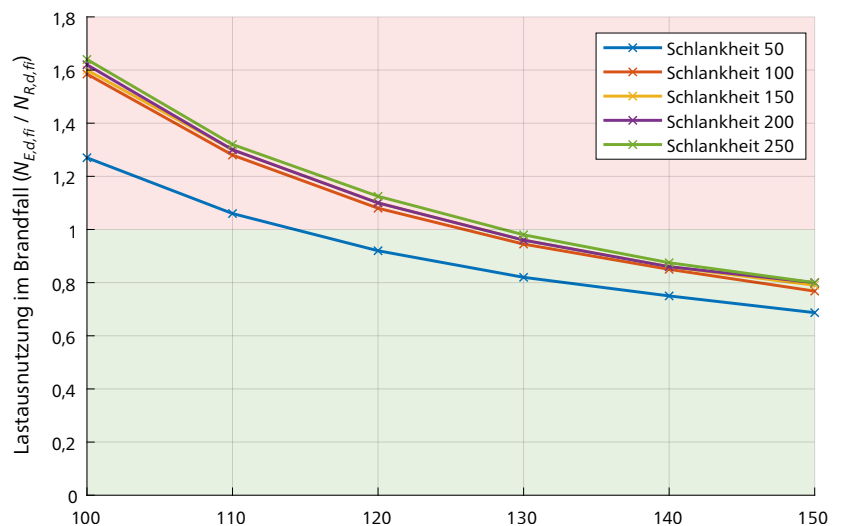


Abb. 10:
Mindestquerschnittsabmessungen für R15-Druckstäbe
bei voller Lastausnutzung im „Kalten“ in Abhängigkeit der Schlankheit

Es ist zu erkennen, dass der 130 mm breite Querschnitt für alle Schlankheiten die Anforderung einer Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten sicher erfüllen würde. Da 130 mm breite Querschnitte im Holzbau äußerst unüblich sind, wäre der nächste Vorzugsquerschnitt 140 mm breit. Dieser erfährt bei voller Spannungsauslastung bei Normaltemperatur im Brandfall lediglich eine Auslastung von 87 %. Trotz der Ergebnisse nach Abbildung 10 ist eine Querschnittsabmessung von mindestens 120 mm für eine „robuste“ Holzkonstruktion vertretbar. Zum einen wurden die Berechnungen unter konservativen Annahmen durchgeführt, die bei realisierten Bauwerken in dieser Häufung nicht auftreten werden. Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass der 120 mm breite Querschnitt unter den getroffenen ungünstigen Annahmen eine Feuerwiderstandsdauer von 13,5 Minuten aufweist. Damit liegt er immer noch oberhalb der zusätzlichen äquivalenten Branddauer der Halle mit dem höchsten Wert von $t_{\text{ä}} = 11,3$ Minuten.

Abbildung 9 zeigt zudem, dass mit zunehmendem Anteil an Biegebeanspruchung die Lastausnutzung im Brandfall abnimmt. Daher soll im Folgenden untersucht werden, ob für reine Biegeträger, wie sie zum Beispiel als BSH-Satteldachbinder auf Stahlbeton-Kragstützen vorkommen, geringere Breiten auch ohne genaueren Nachweis zulässig sind. Dazu wurden zunächst Biegeträger mit unterschiedlichen b/h -Verhältnissen untersucht, um das ungünstigste Querschnittsverhältnis herauszufinden. Abbildung 11 zeigt die Lastausnutzung im Brandfall nach einer 15-minütigen ETK-Brandbeanspruchung für Querschnitte 120×120 ; 120×180 und $120 \times 240 \text{ mm}^2$. Bei Normaltemperatur waren die Bauteile voll ausgelastet. Für den bezogenen Kippschlankheitsgrad wurde bei Normaltemperatur ein Wert von 1,0 angesetzt.

Abbildung 11 zeigt, dass ein Querschnittsverhältnis von $b/h = 1$ ($b \leq h$) für den Brandfall den ungünstigsten Fall darstellt. Mit steigender Querschnittshöhe reduziert sich die Lastausnutzung im Brandfall. Die weiteren Untersuchungen werden daher an quadratischen Querschnitten durchgeführt und liegen damit auf der sicheren Seite.

Abbildung 12 zeigt für den Querschnitt $100 \times 100 \text{ mm}^2$, dass für bezogene Kippschlankheiten größer 0,8 ein Versagen während einer 15-minütigen ETK-Beanspruchung nicht zu erwarten ist. Bei geringeren Schlankheitsgraden beträgt die Lastausnutzung im Brandfall nach 15 Minuten ETK 1,03. Eine rechnerische Überschreitung von bis zu 3 % wird für statische Nachweise allgemein akzeptiert. Die Ergebnisse zeigen somit, dass für Biegestäbe eine Mindestquerschnittsabmessung von 100 mm ausreichend ist.

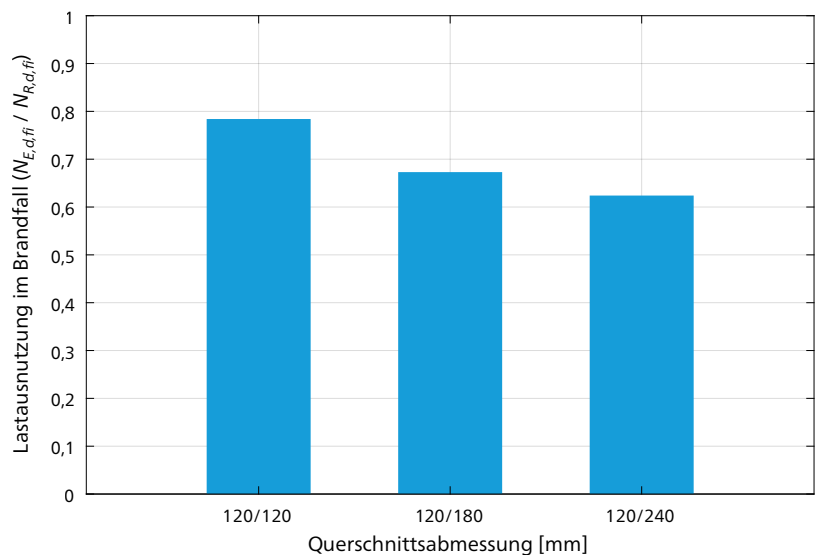


Abb. 11:

Lastausnutzung im Brand nach 15-minütiger ETK-Beanspruchung bei Vollaustattung unter Normaltemperatur für verschiedene Biegestäbe

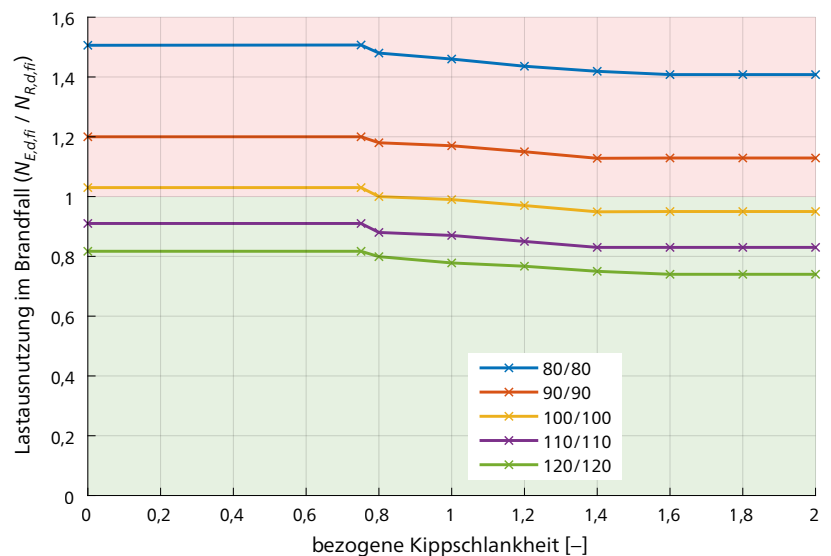


Abb. 12:

Lastausnutzung im Brand für verschiedene Querschnitte in Abhängigkeit der bezogenen Kippschlankheit

Den Schwachpunkt im Holzbau hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer stellen im Allgemeinen die Verbindungen mit metallischen Verbindungsmitteln dar. Dies gilt jedoch nur für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten und mehr. Tabelle 6.1 der DIN EN 1995-1-2 [9] zeigt, dass Verbindungen, die gemäß DIN EN 1995-1-1 [8] ausgeführt werden, ohne weitere Maßnahmen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 15 Minuten aufweisen, sofern die Mindestdurchmesser der Verbindungsmittel bzw. Mindestdicken des Seitenteils eingehalten werden (vgl. Tabelle 9 dieser Schrift).

Es bestehen daher keine Bedenken, eine robuste Holzkonstruktion mit ungeschützten metallischen Verbindungsmitteln und Seitenteilen aus Holz auszuführen. Auch Verbindungen mit Metallblechen sind möglich, sofern die Bleche eingeschlitzt sind oder durch eine Bekleidung geschützt sind.

Einzige Ausnahme bilden Verbindungen mit außenliegenden Stahlblechen. Die Stahlbleche sind ungeschützt dem Feuer direkt ausgesetzt und würden somit bei ETK-Beflammung vor der 15. Minute versagen. Sollen diese eingesetzt werden, ist ein gesonderter Nachweis für R15 zu führen.

Tab. 9:

Feuerwiderstandsdauer ungeschützter Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz
(entspricht Tabelle 6.1; DIN EN 1995-1-2)

Verbindungsmittel	Feuerwiderstandsdauer	Voraussetzung ^a
Nägeln	15	$d \geq 2,8 \text{ mm}$
Schrauben	15	$d \geq 3,5 \text{ mm}$
Bolzen	15	$t_s \geq 45 \text{ mm}$
Dübel	20	$t_s \geq 45 \text{ mm}$
Verbindungsmittel entsprechend EN 912	15	$t_s \geq 45 \text{ mm}$

^a d ist der Durchmesser des Verbindungsmittels und t_s ist die Dicke des Seitenteils.

8_ Literatur

- [1] Fachkommission
Bauaufsicht der Bauministerkonferenz,
Muster-Richtlinie über den baulichen
Brandschutz im Industriebau (MIndBauRL) –
Stand Mai 2019, 2019.
- [2] Bauministerkonferenz,
Musterbauordnung (MBO)
zuletzt geändert 23./24.11.2023, 2023.
- [3] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt),
Muster-Verwaltungsvorschrift
Technische Baubestimmungen 2024/1
(MVV TB 2024/1), 2024.
- [4] DIN 18230-1
Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1:
Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer, 2010.
- [5] DIN 18009-1
Brandschutzingenieurwesen – Teil 1:
Grundsätze und Regeln für die Anwendung,
2016.
- [6] DIN 18234-1
Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer –
Brandbeanspruchung von unten – Teil 1:
Geschlossene Dachflächen – Anforderungen
und Prüfung, 2018.
- [7] DIN 18234-4
Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer –
Brandbeanspruchung von unten – Teil 4:
Verzeichnis von Durchdringungen,
Anschlüssen und Abschlüssen von Dachflächen,
welche ohne weiteren Nachweis die Anforderungen nach DIN 18234-3 erfüllen, 2018.
- [8] DIN EN 1995-1-1 Eurocode 5
Bemessung und Konstruktion
von Holzbauten – Teil 1-1:
Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln
für den Hochbau, 2010.
- [9] DIN EN 1995-1-2 Eurocode 5
Bemessung und Konstruktion von
Holzbauten – Teil 1-2:
Allgemeine Regeln –
Tragwerksbemessung für den Brandfall, 2010.
- [10] DIN 18230-3
Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 3:
Rechenwerte, 2002.
- [11] DIN EN 1995-1-2/NA Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter– Eurocode 5:
Bemessung und Konstruktion
von Holzbauten – Teil 1-2:
Allgemeine Regeln –
Tragwerksbemessung für den Brandfall, 2010.
- [12] DIN 4102-4
Brandverhalten von Baustoffen
und Bauteilen – Teil 4:
Zusammenstellung und Anwendung
klassifizierter Baustoffe, Bauteile und
Sonderbauteile, 2016.

- [13] V. Hofmann, N. Werther und S. Winter, Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer in Holzbauweise bei Brandbeanspruchung von der Unterseite, München, 2014
- [14] DIN 18234-2
Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 2: Verzeichnis von Dächern, welche ohne weiteren Nachweis die Anforderungen nach DIN 18234-1 erfüllen – Dachflächen, 2018.
- [15] DIN 18234-3
Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 3: Durchdringungen, Anschlüsse und Abschlüsse von Dachflächen – Anforderungen und Prüfung, 2018
- [16] Gesamtverband der Versicherer, VdS 195:2008-01 (04)
Technischer Leitfaden der Feuer- und Feuerbetriebsunterbrechungs-Versicherung, 2008
- [17] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (MIndBauRL) Stand Juli 2014, 2014
- [18] D. Kruse, B. Kampmeier, A. Zobel: Abschlussbericht zu Forschungsvorhaben „Industriebaurichtlinie 2020“ beauftragt durch die Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal, 2020
- [19] DIN 18230-2 Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 2: Ermittlung des Abbrandverhaltens von Materialien in Lageranordnung – Werte für den Abbrandfaktor m, 1999
- [20] DIN EN 1991-1-2 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke, 2010
- [21] Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU, Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (MIndBauRL) Fassung März 2000, 2000
- [22] R. Hass, C. Meyer-Ottens und E. Richter, Stahlbau Brandschutz Handbuch, 1994

Alle Normen können bei
DIN media, Berlin, bezogen werden.

Impressum

Herausgeber:

Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
Heinz-Fangman-Straße 2
D-42287 Wuppertal
info@ingenieurholzbau.de



**Ingenieur
Holzbau.de**

Eine Initiative der
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.

holzbau handbuch

Reihe 3: Bauphysik

Teil 5: Brandschutz

Folge 3: Brandschutz bei Industriebauten
in Holzbauweise

Erschienen: März 2026

ISSN 0466-2114

Abbildungen:

Titel: Daniel Horn, Berlin

Abbildungen 1 – 5 und 8 – 12:

Prof. Dr.-Ing. Kampmeier / Prof. Dr.-Ing. Kruse

Abbildungen 5 – 7:

Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG,

Westerkappeln

Gestaltung 1. Auflage:

Schöne Aussichten:

Oliver Iserloh, Dresden

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ
ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V.,
Humboldtstraße 45, 40237 Düsseldorf,
www.informationsdienst-holz.de

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden. Hinweise zu Neuauflagen, Änderungen, Ergänzungen und Errata unter:
www.ingenieurholzbau.de

Bearbeitung 1. Auflage:

- Prof. Dr.-Ing. Dirk Kruse,
HNE Eberswalde
- Prof. Dr.-Ing. Björn Kampmeier,
Hochschule Magdeburg-Stendal
- M. Sc. Robert Westphal,
Hochschule Magdeburg-Stendal
- M. Sc. Julius Lange,
Hochschule Magdeburg-Stendal

Begleitende Arbeitsgruppe 1. Auflage:

- Dipl.-Ing. (FH) Jörg Bühler,
Holzbau Deutschland-Institut e.V., Berlin
- Dipl.-Ing. Annette Clauß,
Maas Ingenieure GmbH, Werl
- Dipl.-Ing. (FH), M. Eng.,
MBA & Eng. Matthias Götz,
Grossmann Bau GmbH & Co. KG, Rosenberg
- Dipl.-Ing. (FH) Josef Kowal,
SHERPA Connection Systems GmbH,
Frohnleiten
- Dr.-Ing. Nico Meyer,
SWG Schraubenwerk Gaisbach GmbH,
Waldenburg
- Dipl.-Ing. Tobias Röttgen,
Holzbau Deutschland Institut e.V., Berlin
- M. Sc. Nils Schoofs,
TU München, München
- Dr. Thomas Moosbrugger,
Rubner Holding AG SpA, Kiens (A)
- Dipl.-Ing. Simon Schmid,
ZÜBLIN Timber GmbH, Ulm
- B.ENG. Timo Wedler,
Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG,
Westerkappeln
- M. Sc. Johannes Weinmann,
Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG
- Dr.-Ing. Tobias Wiegand,
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.,
Wuppertal



**Ingenieur
Holzbau.de**

Eine Initiative der
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.

Informationsverein Holz e.V.
Humboldtstraße 45
D-40237 Düsseldorf
+49 (0) 211 966 55 80
info@informationsdienst-holz.de
www.informationsdienst-holz.de

Technische Anfragen an:

Fachberatung Holzbau

Tel. +49 (0)30 57 70 19 95
Montag bis Freitag 9 bis 16 Uhr
Dieser Service ist kostenfrei.
fachberatung@informationsdienst-holz.de
www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des
Holzbau Deutschland Institut e.V.
in Kooperation mit dem
Informationsverein Holz e.V.