COMPARATIVE RISK ANALYSIS

Technische Zusammenfassung

Brandverhalten und Widerstandsfähigkeit nach einem Brand von bewehrten Stahlbeton- und Holzbauwerken

QUELLDOKUMENT

Vergleichende Risikoanalyse

Der vollständige Bericht ist auf den Websites von Concrete Europe und BIBM verfügbar

Erstellt von Augustas Risk Services
für Concrete Europe und BIBM

September 2026

Brandschutz über die gesetzlichen Anforderungen hinaus

Vergleichende Analyse von normkonformen Stahlbeton- und gekapselten Holzbauwerken

Gleichwertige Feuerwiderstandsklassen führten nicht zu gleichwertigen Ergebnissen hinsichtlich schwerer Schäden. In fünf Fallstudien zeigten beide Lösungen unter den erwarteten Bedingungen im Großen und Ganzen eine ähnliche Leistung. Ihre Leistung wich voneinander ab, wenn kein aktiver Brandschutz mehr vorhanden war und die Auslegungsannahmen nicht mehr gültig waren.

Normale Schadens Erwartung (NLE)

Die Schutzsysteme funktionieren wie vorgesehen. Brandabschnitte erfüllen ihre Klassifizierung, und die Feuerwehr reagiert innerhalb realistischer Zeiträume. Die Ergebnisse für Stahlbeton und Holz waren weitgehend vergleichbar.

Maximal vorhersehbarer Schaden (MFL)

Aktive Systeme sind unwirksam oder nicht verfügbar. Das Eingreifen verzögert sich, und der Brand breitet sich aus, bis eine unüberwindbare Barriere oder die Erschöpfung des Brennstoffs ihn stoppt. Die Materialwahl wurde entscheidend.

Fünf wichtigste Erkenntnisse

- Unter MFL-Bedingungen verursachten Holzkonstruktionen etwa 80–100 % Sachschaden. Bei Stahlbeton lag dieser Wert zwischen etwa 25 und 77 %.
- Das Verhältnis der Sachschäden zwischen Holz- und Betonkonstruktionen stieg von dem 1,3-fachen im offenen automatisierten Lager auf das 3,8-Fache im Mehrfamilienhaus.
- Die Differenz vergrößerte sich dort, wo tragende Elemente gleichzeitig Brandabschnittsgrenzen bildeten, insbesondere in Zellen- und mehrgeschossigen Gebäuden.
- Beton trug nicht zum Brandausbreitung bei. Er bewahrte im Allgemeinen die Brandabschnitte und die Resttragfähigkeit, was die Instandsetzung unterstützte.
- Stahlbeton verursachte in den fünf Fällen niemals höhere Sachschäden oder Betriebsausfälle als die entsprechende Holzlösung.

Umfang der Studie

Sachschäden, Betriebsunterbrechungen und Wiederherstellbarkeit nach einem Brand. Die Studie berücksichtigt keine Aspekte der Personensicherheit, Evakuierung und Umweltauswirkungen.

Kontrollierter Vergleich

Geometrie, Nutzung, Szenarien und Schutzstrategien blieben konstant. Lediglich das Baumaterial wurde verändert.

Interpretation

Die Werte sind indikative Größenordnungen aus deterministischen Szenarien. Es handelt sich nicht um probabilistische Prognosen oder Versicherungsbewertungen.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026

Warum die Ergebnisse voneinander abweichen

Materialverhalten, Brandverlauf und Wiederherstellung nach dem Brand

Parameter	Stahlbeton	Kapselndes Holz
Brandverhalten	A1 nicht brennbar. Trägt nicht zur Brandlast bei	Brennbar. Der Beitrag hängt von der Einwirkung und dem Schutz ab
Querschnitt unter Hitzeeinwirkung	Langsame Erwärmung. Die Geometrie bleibt erhalten, während die Festigkeit allmählich abnimmt	Der wirksame Querschnitt verringert sich durch Verkohlung allmählich
Vorhersagbarkeit	Normierte Modelle und umfangreiche Nachweise gemäß EN 1992-1-2	Beeinflusst durch Verkohlung, Delaminierung, Verbindungen und den Zustand des Schutzsystems
Brandschutz	Die Feuerwiderstandsfähigkeit wird häufig durch das Bauteil und die Ummantelung gewährleistet	Stärkere Abhängigkeit von einer durchgehenden, korrekt installierten Ummantelung
Brandabschnittsbildung	Tragende und trennende Funktionen können auch nach längerer Einwirkung erhalten bleiben	Ein Verlust der Ummantelung kann sowohl die tragenden als auch die trennenden Funktionen beeinträchtigen
Nach dem Brand	Lässt sich die Resttragfähigkeit oft noch beurteilen. Eine lokale Reparatur kann möglich sein	Versteckte Schäden und Querschnittsverluste können dazu führen, dass anstelle einer Instandsetzung ein Austausch erforderlich wird

Vier Mechanismen bestimmen das Verhalten bei schweren Schäden

1 Verfügbarer Brennstoff

Beton bleibt brennstoffneutral. Wenn der Holzschutz versagt, kann freiliegendes Baumaterial als Brennstoff wirken, die Verbrennung verlängern und das Ausbrennen verzögern.

2 Brandabschnittsbildung

Die Lücke vergrößert sich, wenn Wände und Böden sowohl als Tragkonstruktion als auch als Brandabschnittsbegrenzung dienen. Inhärente Barrieren sind robuster als Barrieren, die auf Schutzmaßnahmen angewiesen sind.

3 Tragwerksstabilität

Die Tragfähigkeit von Beton nimmt progressiv ab, was durch umfangreiche Belege gestützt wird. Die Tragfähigkeit von Holz hängt vom verbleibenden Querschnitt, den Verbindungen und dem Verhalten in der Abkühlphase ab.

4 Wiederherstellbarkeit von „ “

Stabile Betonrahmen können oft begutachtet und instand gesetzt werden. Bei starker Beeinträchtigung des Holzbaus entstehen Unsicherheiten, die häufig zum Abriss und Wiederaufbau führen.

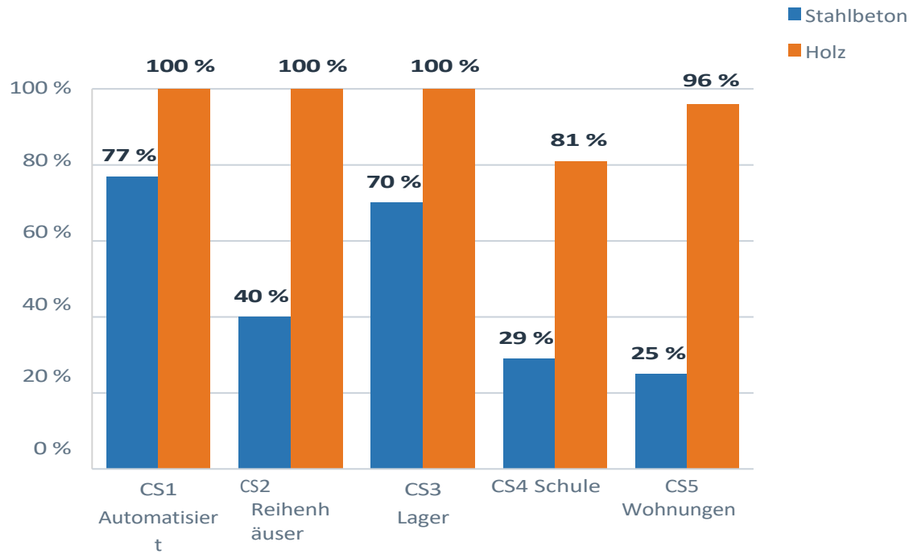
Die Studie räumt ein, dass Holz die vorgeschriebenen R- oder REI-Klassen erfüllen kann. Eine gängige Klassifizierung beschreibt das Verhalten unter den zugrunde liegenden Auslegungsannahmen,
kann jedoch die Robustheit, das Ausmaß des Schadens oder die Wiederherstellbarkeit nicht erfassen, wenn ein realer Brand diese Annahmen übersteigt.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026

Ergebnisse der fünf Fallstudien

MFL-Sachschaden und indikative Schätzungen des finanziellen Verlusts

Ungefährer MFL-Sachschaden als Anteil am Wert der exponierten Vermögenswerte



Fall	Geometrie / Nutzung	MFL Sachschaden RC / Holz	MFL-Gesamtverlust (in Mio. €) RC / Holz	NLE-Gesamtverlust (in Mio. €) RC / Holz
CS1	Automatisiertes Lager, Großraumbauweise	77 % / 100 %	40,0 / 74,5	3,0 / 5,7
CS2	Niedrige Reihenhäuser Häuser	40 % / 100 %	0,80 / 2,00*	0,07 / 0,18*
CS3	Lagerhalle, ein Raum	70 % / 100 %	7,0 / 10,0	0,50 / 1,20
CS4	Schulgelände, stark unterteilt	29 % / 81 %	7,1 / 19,8*	1,3 / 1,8*
CS5	Achtstöckiges Wohnhaus	25 % / 96 %	3,1 / 11,6	0,15 / 0,35

Die MFL-PD-Prozentsätze fassen Gebäude- und Hausratschäden als Anteil am gesamten versicherten Vermögenswert zusammen. Die finanziellen Gesamtbeträge umfassen Betriebsunterbrechungen, sofern diese beziffert wurden. *CS2-Nutzungsausfall und CS4-Ausfall von Bildungsangeboten wurden nicht beziffert.

Muster der Fallstudie

Offene Industriehallen

Lagerware macht den Großteil des Schadens aus. Stahlbeton verbessert vor allem die Stabilität und die Wiederherstellbarkeit.

Zellstrukturgebäude

Stahlbeton bewahrt Brandabschnitte und begrenzt korrelierte Schäden. Die Schäden an Holzbauteilen nehmen zu, wenn die Brandgrenzen versagen.

Mehrgeschossige Gebäude

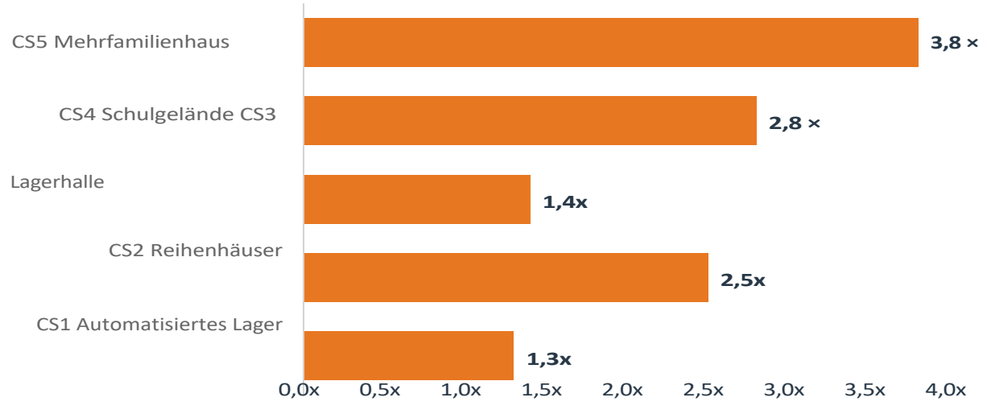
Die größte Lücke entsteht dort, wo Geschossdecken als Tragkonstruktion und vertikale Brandabschnittsbildung dienen.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026

Was die Ergebnisse bedeuten

Auswirkungen auf Geometrie, Wiederherstellung und Risikomanagement

Ungefähres Verhältnis von Sachschäden an Holz zu Beton bei MFL



Die entscheidende Variable war die Geometrie

Der relative Vorteil einer nicht brennbaren Konstruktion war in offenen Gebäuden am geringsten und in stark unterteilten oder vertikalen Gebäuden am größten, wo ein Versagen der Tragkonstruktion auch Brandgrenzen aufheben kann.

Fall	Stahlbeton	Holz	Hauptursache
CS1 Automatisiertes Lager	Instandsetzung und Umrüstung	Abriss und Wiederaufbau	Betriebsabhängigkeit und struktureller Brennstoff
CS2 Reihenhäuser	Teilreparatur, Wohneinheiten bleiben erhalten	Vollständiger Wiederaufbau	Verlust der Brandabschnitte zwischen den Wohneinheiten
CS3 Lagerhalle	Teilweise Wiederverwendung und Instandsetzung des Tragwerks	Vollständiger Abriss	Brennbares Baumaterial in einem Bereich
CS4 Schulgelände	Reparatur eines Brandabschnitts	Wiederaufbau eines Flügels	Inhärente und bedingte Brandabschnittsbildung
CS5 Mehrfamilienhaus	Sanierung eines Gebäudebereichs	Gebäude-Rekonstruktion	Vertikale Ausdehnung und Struktur als Begrenzung, aktive Systeme,

Nutzung und Geometrie wirken zusammen.

- Identische Bewertungen können unterschiedliche Profile bei Extremverlusten und Wiederherstellung verbergen.
- Bewertungen der Ausfallsicherheit und Nachhaltigkeit sollten die Schadensbegrenzung, die Kontinuität und die Wiederherstellbarkeit umfassen.
- Automatisierte Anlagen können durch Ausfallzeiten größere Verluste erleiden als durch physische Schäden.

Umfang und Einschränkungen: Fünf deterministische Szenarien basierten auf realen Stahlbetongebäuden und dem Ersatz von Stahl durch Holz auf Planungsebene. Die Werte sind Richtwerte. Die Studie berücksichtigt weder Personensicherheit, Evakuierung, Feuerwehrmaßnahmen,
Umweltauswirkungen sowie den in den Neubauten enthaltenen Kohlenstoff.

Fazit: Die Brandresilienz hängt von den Bedingungen ab, die intakt bleiben müssen, damit die bewertete Leistungsfähigkeit bei einem schweren Brand erhalten bleibt. Stahlbeton reduzierte in dieser Studie die Schäden durchweg oder glich sie aus und bot den besseren Weg zur Wiederherstellung.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026

Vergleich des Brandverhaltens

Indikative Bewertungen der Widerstandsfähigkeit des gesamten Gebäudes. Fünf Sterne stehen für die günstigste Leistung bzw. die geringste Abhängigkeit von zusätzlichen Maßnahmen.

Brandverhalten	Beton		Holz	
Personenschutz	★★★★★	Stabile, nicht brennbare Konstruktion ermöglicht Evakuierung und Einsatzmaßnahmen.	★★★★☆	Kann die Anforderungen erfüllen, ist jedoch stärker auf Schutz und Brandabschnittsintegrität angewiesen.
Brandverhalten	★★★★★	A1-Material. Es entzündet sich nicht, brennt nicht und trägt nicht zur Brandausbreitung bei.	★★☆☆☆	Brennbar, sofern nicht angemessen geschützt oder behandelt.
Beitrag zur Brandlast und zur Brandausbreitung	★★★★★	Die Konstruktion liefert dem Brand im Brandabschnitt keinen zusätzlichen Brennstoff.	★★☆☆☆	Freiliegendes Holz führt zu einer Erhöhung der Temperatur und kann ein bereits ausgebrochenes Feuer verlängern.
Vorhersehbarkeit	★★★★☆	Gut in den Vorschriften festgelegtes thermisches Verhalten. Das Abplatzen bleibt eine Unbekannte.	★★★☆☆	Die Verkohlung ist berechenbar, doch Belüftung, Delaminierung und Schutzmaßnahmen beeinflussen die Ergebnisse.
Strukturelle Feuerbeständigkeit	★★★★☆	Die Betondecke und die Querschnittsmasse sorgen für eine erhebliche inhärente Feuerwiderstandsfähigkeit.	★★★☆☆	Die Bewertungen basieren auf der Größe des Opferschnitts, der Kapselung oder beidem.
Zusätzlicher Schutz erforderlich	★★★★☆	Der Querschnitt und die Betonüberdeckung bieten oft die erforderliche Widerstandsfähigkeit.	★★☆☆☆	Oft sind Ummantelungen, überdimensionierte Querschnitte und sorgfältig ausgearbeitete Verbindungen erforderlich.
Unterteilung	★★★★★	Wände und Böden können tragende und trennende Funktionen kombinieren.	★★★☆☆	Hängt oft von Verkleidungen, Fugen, Durchführungen und deren fortbestehender Unversehrtheit ab.

Brandverhalten	Beton		Holz	
Robustheit unter nicht idealen Bedingungen	★★★★☆	Im Allgemeinen weniger abhängig von den verwendeten Schutzmaßnahmen und Zusatzkomponenten.	★★☆☆☆	Empfindlicher gegenüber beschädigten Verkleidungen, Mängeln und Systemausfällen.
Abklingen des Feuers und Wiederentzündung	★★★★★	Beton brennt nicht weiter, nachdem der Inhalt verglüht ist.	★★☆☆☆	Verkohlung, Schwelbrand oder Ablösung können den Brand aufrechterhalten oder erneut entfachen.
Brandbekämpfungsbedingungen	★★★★☆	Stabile, nicht brennbare Barrieren erleichtern in der Regel den Einsatz.	★★☆☆☆	Verdeckte Glutnester und eine mögliche Wiederentzündung können den Einsatz erschweren.
Restkapazität nach dem Brand	★★★★☆	Die Restfestigkeit lässt sich oft beurteilen, und lokale Schäden können repariert werden.	★★☆☆☆	Der verkohlte Querschnitt ist dauerhaft verloren, und Verbindungen müssen begutachtet werden.
Reparierbarkeit und Wiederherstellbarkeit	★★★★☆	Die Beschädigung lässt oft eine gezielte Reparatur und Wiederherstellung zu.	★★☆☆☆	Bei starker Beeinträchtigung kann ein Austausch von Bauteilen oder eine Rekonstruktion erforderlich sein.
Langfristige Wartbarkeit	★★★★☆	Die Leistungsfähigkeit hängt hauptsächlich von der messbaren Abdeckung und den Querschnittsabmessungen ab.	★★★☆☆	Auskleidungen, Fugen und Durchführungen erfordern eine kontinuierliche Überprüfung.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026

Redaktionelle Zusammenfassung zu Vergleichs- und Kommunikationszwecken. Die Sterne stellen keine behördlichen Klassifizierungen dar. Obwohl verschiedene technische Ansätze die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit erfüllen können, bieten sie unter realen Brandbedingungen nicht unbedingt eine gleichwertige Zuverlässigkeit oder Sicherheit.

Quelle: Augustas Risk Services, Vergleichende Risikoanalyse, September 2026