



*Dr. Jochen Fornather
Dipl.-Ing., Projektleiter FFF –
Brand 2
Referent f. Holzbau, Österrei-
chisches Normungsinstitut
Wien, Österreich*

Die Chancen und Risiken von Holzbaukonstruktionen im Hinblick auf den Brandschutz

**Wood construction – opportunities
and risks in terms of fire protection**

**Prospettiva e rischi delle costruzioni
in legno riguardo alla protezione
antincendio**

Die Chancen und Risiken von Holzbaukonstruktionen im Hinblick auf den Brandschutz

1 Einleitung

Um das Brandverhalten eines Bauwerks brandtechnisch richtig beurteilen zu können, ist es notwendig einige Charakteristika eines Brandes zu kennen. In Abbildung 1 ist der schematische Verlauf eines Brandes dargestellt.

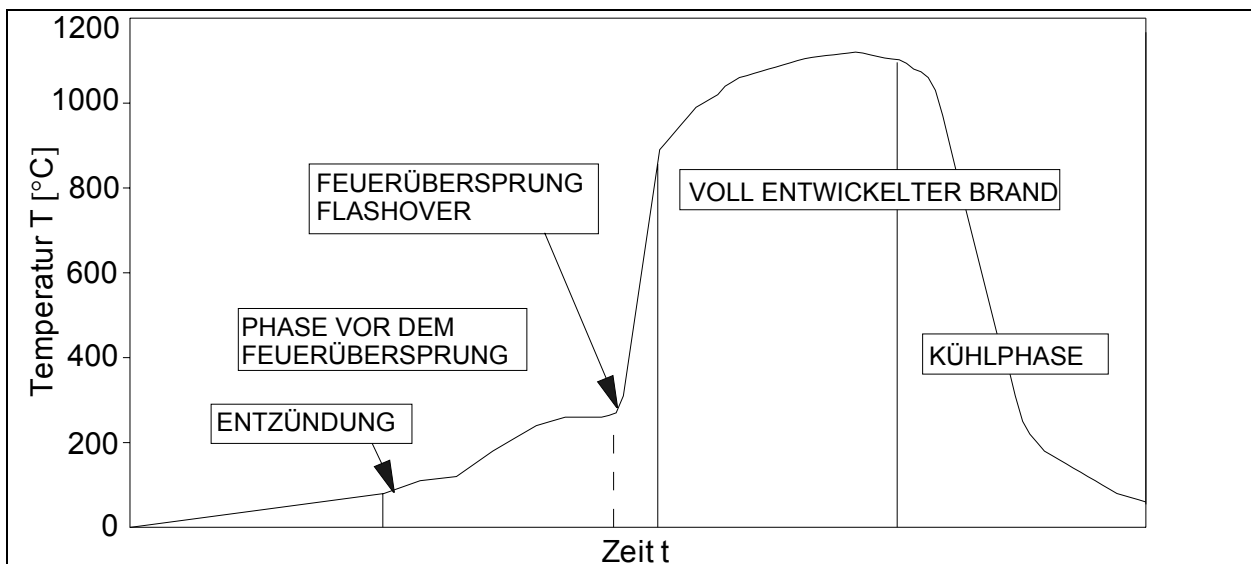


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines natürlichen Brandverlaufes

Nach einer stattgefundenen Entzündung kann sich das Feuer bei entsprechend vorhandener Brandlast weiter ausbreiten. In der Phase vor dem Feuerübersprung spielt also die Brennbarkeit des Bauprodukts (Baustoffs), charakterisiert durch z.B. freigesetzte Wärmeenergie und Flammenausbreitung, eine entscheidende Rolle.

Wenn Temperaturen von 500 bis 600°C unterhalb der Decke eines vom Brand betroffenen Raumes erreicht werden, kann es zu einer schlagartigen Brandausbreitung („Flashover“) mit ca. 10 m/min erfolgen. In der Phase des voll entwickelten Brandes interessiert den Tragwerksplaner vor allem die Feuerwiderstandsfähigkeit eines Bauprodukts (Bauteils). Die Brennbarkeit hat in diese Phase eine viel geringere Bedeutung als vor dem Feuerübersprung.

Für den Einsatz eines brennbaren Baustoffs wie Holz bzw. Holzwerkstoffe sind oben stehende Aussagen von entscheidender Bedeutung. Bei jeder brandschutztechnischen Betrachtung sollte man sich vorher genau überlegen, ob für das im Bauwerk einzusetzende Bauprodukt die Brennbarkeit oder der Feuerwiderstand das maßgebende Kriterium ist. Dabei wird natürlich auch die genaue Kenntnis des Brandverhaltens des einzusetzenden Bauprodukts bzw. der Konstruktion vorausgesetzt.

In weiterer Folge wird daher auf die beiden Kriterien – Brennbarkeit und Feuerwiderstand – und dem jeweiligen Verhalten von Holzprodukten näher eingegangen.

2 Brennbarkeit

2.1 Regeln in Normen und Gesetzen

Die Brennbarkeit ist eines der wenigen Kriterien, wo es ein einheitliches europäisches Klassifizierungssystem gibt [1]. Dieses System mit insgesamt sieben Klassen (A1, A2, B, C, D, E, F) basiert auf zum Teil neu entwickelte Prüfvorschriften, wie z.B. dem Single-Burning-Item Test [2]. Diese Prüfmethode, welche einen in einer Raumecke entstehenden Brand simulieren soll, bzw. deren Messkriterien werden für die Einstufung der Brennbarkeitsklassen A2 bis D herangezogen.

Folgende Fragen traten mit dieser Umstellung auf:

- Gibt es eine Übersetzung dieser sieben Euroklassen in die in der österreichischen Bauordnung beschriebenen Brennbarkeitsklassen?
- In welche Euroklassen werden Bauprodukte aus Holz- und Holzwerkstoffen eingestuft?

Die Übersetzung der sieben Euroklassen in die nationale Bauordnung erfolgt in Österreich durch die Vornorm ÖNORM B 3806 [3], siehe Tabelle 1. Mit Hilfe von Prüfzeugnissen von Bauprodukten (alte und neue Einstufung) bzw. den bisherigen Erfahrungen (z.B. TRVB 109 [5]) wurden Brennbarkeitsanforderungen an das jeweilige Bauteil in Abhängigkeit der Geschosßanzahl festgelegt.

BAUTEIL	GEBÄUDE					
	höchstens drei Geschosse		mehr als drei Geschosse			Hochhäuser
Außenwandverkleidungen einschließlich vorgehängter hinterlüfteter Fassadenverklgd .						
System oder dessen Komponenten	D d1		B d1			A2 d1
- Außenschichte	D		A2 ⁽²⁾	o d	B ⁽²⁾ d1	A2
- stabförmige Unterkonstruktionen von Außenwandverkleidungen	D		C ⁽³⁾	e	C ⁽³⁾	A2
- Dämmschicht	D		B	r	A2	A2
⁽²⁾ Fenster- und Türöffnungen sind gegen den Luftzwischenraum allseitig abzuschließen. Die brand- schutztechnische Eignung allfälliger Be- und Entlüftungsöffnungen ist nachzuweisen ⁽³⁾ D zulässig, wenn der Abstand zwischen Außenwand bzw. etwaigen Dämmschichten und der Ver- kleidung nicht mehr als 5 cm beträgt.						
Wände und Außenbauteile (raumseitig)						
System oder dessen Komponenten	D		D			B
- Verkleidung ⁽¹⁾	D	o d	C	o d	B	A2
- Dämmstoff	C	r E	B	r D		A2
Beläge⁽²⁾						
- notwendige Gänge	C s2 d0		B s1 d0			A2 d0
- notwendige Treppen	C s1 d0		A2 d0			A2 d0
- Garagen > 2 Stellplätze	A2		A2			A2
⁽¹⁾ einschließlich der Befestigung und einer allfälligen Endbehandlung, z.B. Versiegelung ⁽²⁾ Anstriche, Beschichtungen und Tapeten in der üblichen Art (Dicke jeweils max 0,5 mm) bleiben außer Betracht.						

Tabelle 1: Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten gemäß ÖNORM B 3806 für Außen- und Innenwände (Ausschnitt)

Die Frage, in welche Euroklasse nun Holzprodukte fallen bzw. welche Reglementierungen es von Seiten der ÖNORMEN bzw. Gesetze gibt, wird nun wie folgt erörtert.

2.2 Brennbarkeit von Holzprodukten und deren Einsatz in Baukonstruktionen

Die meisten Holzprodukte fallen bisher in die nationale Brennbarkeitsklasse B1 (schwerbrennbar) bzw. B2 (normalbrennbar). Intensive Forschungsaktivitäten in den letzten Jahren, wie z.B. [4], haben eine „Classification without further testing“ (CWFT) für einige Holzprodukte erreicht. Mit dieser Einstufung ist bei Einhaltung von einigen Kriterien (z.B. minimale Rohdichte, Dicke der Platte) keine weitere Prüfung für das angegebene Produkt notwendig.

Nach der neuen europäischen Klassifizierung finden sich die Bauprodukte aus Holz- und Holzwerkstoffen zumeist in der Euroklasse D s2 d0. Einige bisher als schwerbrennbar eingestufte Produkte erreichen die Klasse C oder B, siehe Tabelle 2.

Holzprodukt	Europäische Produktnorm	min. Rohdichte (kg/m ³)	min. Dicke (mm)	Euroklasse (ohne Fußböden)	Euroklasse Fußböden
Spanplatte	EN 312	600	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Faserplatte, hart	EN 622-2	900	6	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Faserplatte, mittel	EN 622-3	600	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1
		400	9	E, pass	E _{FL}
Faserplatte, weich	EN 622-4	250	9	E, pass	E _{FL}
Faserplatte, MDF	EN 622-5	600	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Spanplatte, zementgebunden	EN 634-2	1000	10	B-s1,d0	B _{FL} -s1
OSB	EN 300	600	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Sperrholz	EN 636	400	9	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Massivholzplatte	EN 13353	400	12	D-s2,d0	D _{FL} -s1
Brettschichtholz	prEN 14080	380	40	D-s2,d0	

Tabelle 2: CWFT – Klassifizierung für ausgewählte Bauprodukte

Für Holz- und Holzprodukte gibt es also zumeist folgende Zuordnung zwischen der österreichischen und europäischen Klassifizierung:

- B1 → C s2 d0 oder B s1 d0
- B2 → D s2 d0

Welche Bedeutung hat diese Einstufung der Holzprodukte nun für ihren Einsatz in Baukonstruktionen?

Hierzu zwei Beispiele:

Als Bauprodukt mit Euroklasse D ist gemäß Vornorm ÖNORM B 3806 die Verwendung von Holzprodukten als Wandbelag im Bereich von notwendigen Gängen und Stiegen nicht möglich, siehe Tabelle 1. Für Innenräume gibt es dagegen keine Beschränkung hinsichtlich der Brennbarkeit des Belages an der Wand.

Die stabförmige Unterkonstruktion für eine Außenwandverkleidung darf bei Gebäuden über drei Geschoßen aus Holzprodukten (Euroklasse D) sein, wenn der Abstand Außenwand – Verkleidung kleiner gleich 5 cm beträgt. Für Gebäude mit höchstens drei Geschoßen gibt es eine derartige Abstandsbeschränkung nicht.

Der Tragwerksplaner kann die Rahmenbedingungen bzgl. der Brennbarkeit kaum beeinflussen:

Es liegt am Holztechnologen Holz bzw. Holzwerkstoffe durch entsprechende Behandlung zu einem Bauprodukt mit höherwertiger Euroklasse zu machen. Hierbei sollte jedoch der Nimbus des natürlichen Baustoffs weiterhin gewährleistet werden.

Auf der anderen Seite lassen sich Normen und Gesetze nur dann verändern, wenn entsprechend viele Erfahrungen vorliegen, die den Einsatz von Holz in Konstruktionen erlauben. Diese können nur durch entsprechend aufwendige Einzelzulassungen erreicht werden.

3 Feuerwiderstand

3.1 Regeln in Gesetzen und Normen

Neben der Brennbarkeit gibt es bzgl. des Brandschutzes auch die Anforderung nach einer Feuerwiderstandsfähigkeit der Konstruktion. Die in den österreichischen Bauordnungen angegebenen Forderungen mit den Bezeichnungen „brandhemmend“, „hochbrandhemmend“, „brandbeständig“ bzw. „hochbrandbeständig“ stehen für eine Feuerwiderstandsdauer von 30, 60, 90 bzw. 180 Minuten. Die Zeitdauer bezieht sich dabei auf die Einheitstemperaturkurve (ETK).

Nach ÖNORM EN 1991-1-2 [6] ist es auch möglich andere Brandszenarien als Basis für den Feuerwiderstand zu verwenden. Neben anderen nominellen Temperaturzeitkurven für bestimmte Verwendungszwecke ist hier auch eine Berechnungsmethode angegeben, mit welcher man ein „parametrisches Brandszenarium“ für einen Brandraum ermitteln kann, siehe Abbildung 2.

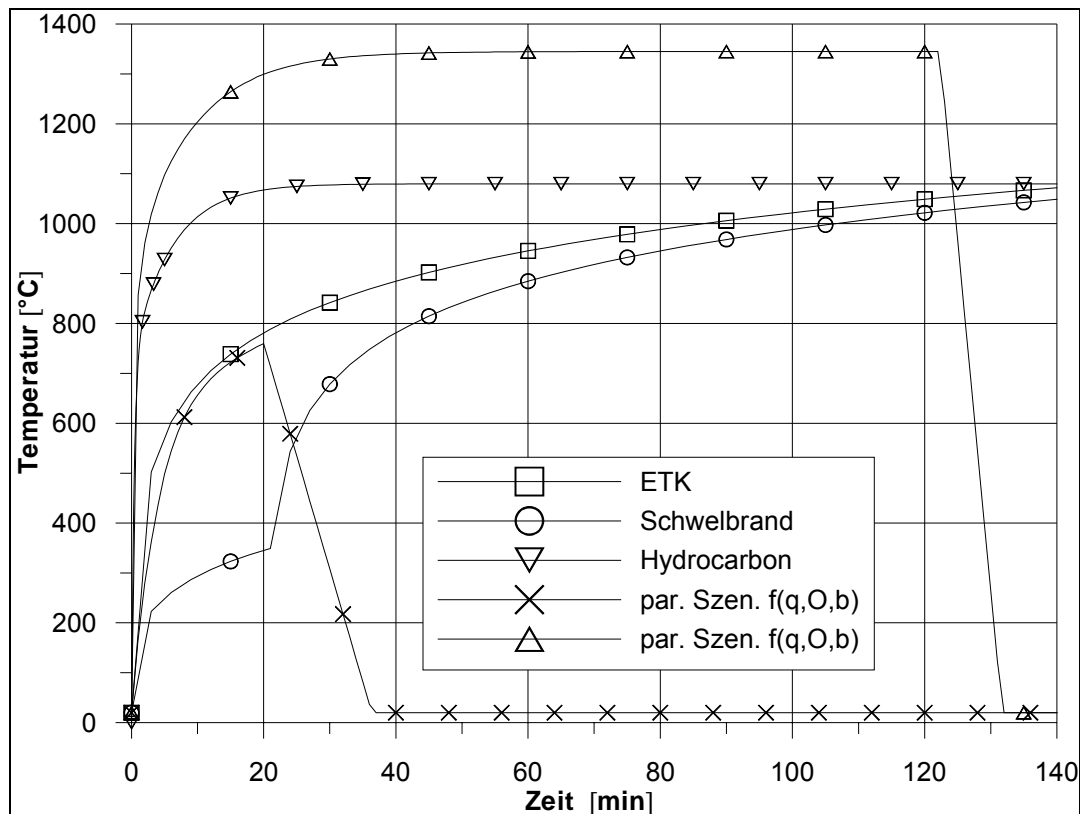


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf einiger Brandszenarien: nominell: ETK, Schwelbrand, Hydrocarbon; parametrisches Szenarium $f(q, O, b)$

Die Verwendung parametrischer Szenarien, welche an bestimmten Voraussetzungen (z.B. Flächenbeschränkung, keine horizontale Öffnungen) gebunden ist, ist im Bereich des Stahlbaus schon weit verbreitet. Holzkonstruktionen wurden nach dieser Methode nur kaum bemessen, da bisher zu wenige Erfahrungen vorliegen.

Die derzeitigen Möglichkeiten der Bemessung für Holzbauten werden im Folgenden erörtert.

3.2 Bemessung von Holzkonstruktionen

Für die Bemessung von Holzkonstruktionen spielt gemäß ÖNORM B 4100-2 [7] lediglich die Abbrandgeschwindigkeit eine Rolle, während stattdessen die mechanischen Eigenschaften von Holz gegenüber einer Kaltbemessung nicht verändert werden. (Diese werden nur um den Faktor von 2,25 erhöht, womit dem Brandfall als außergewöhnliche Bemessungssituation Rechnung getragen wird.)

Für stiftförmige Holzverbindungen gibt ÖNORM B 3800-4 [8] eine Aussage: Während für 30 min Feuerwiderstandsdauer keine Abminderung vorgesehen ist, wird die Tragfähigkeit (bezogen auf die Kaltbemessung) von R60 und R90 Verbindungen mit dem Faktor 0,875 bzw. 0,75 multipliziert. Hiermit wird die Abnahme der Festigkeiten des Stahlteils berücksichtigt.

Folgende Fragen drängen sich hier auf:

- Diese Bemessungsvorschriften sind sehr einfach, doch sind sie auch hinreichend genau?
- Gibt es Verbesserungspotentiale in der Bemessung von Holzkonstruktionen?

In einem österreichischen Forschungsprojekt [9] wurden diesen Fragen genauer erörtert. Die Basisparameter wie Abbrandgeschwindigkeit, Temperaturgradient sowie die Interaktion zwischen Holz und Stahl wurden hierbei experimentell untersucht. Die wichtigsten Aussagen sind nachfolgend dargestellt.

4 Wissenschaftliche Erkenntnisse und baupraktische Umsetzung

4.1 Abbrandgeschwindigkeit

Unterschiedliche Sortierklassen (MS 10, MS 17) sowie Holzfeuchten (9%, 12%) wirkten sich kaum auf den Abbrand aus und sind baupraktisch nicht relevant. Die Messung des Abbrandes war bei Bauholz höher als bei Brettschichtholz (2 bis 6 mm höherer Abbrand nach 90 min Branddauer ETK). Eine Erhöhung des Abbrandes wurde auch bei Rissen im Holz über 2 mm Rissbreite festgestellt.

Es gilt daher Risse im Holz zu vermeiden und kernfreies Holz zu verwenden.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Konstruktionsregeln ableiten [10]:

- Bei einem Querschnitt ist der Einfluss eines erhöhten Eckabbrandes („Ausrundung“) mit einer Erhöhung der Abbrandgeschwindigkeit β um 10 % zu berücksichtigen, wenn für die betrachtete Querschnittsbreite der lichte Abstand zwischen Ecken, Rissen oder Schlitzn nach Tabelle 3 unterschritten wird:

Branddauer (min)	R 30	R 60	R 90
Lichte Abstand (mm)	40	60	80

Tabelle 3: Lichte Abstand in Abhängigkeit der Branddauer

- Für Schlitzn zwischen 2 mm und 20 mm muss die obere Regel angewendet werden. Ausgenommen sind Schlitzn, deren Schlitztiefe kleiner als die zweifache Abbrandtiefe ist. Diese Regel gilt auch für durchgängige Schlitzn.
- Für Schlitzbreiten größer 20 mm ist die durch den Schlitz hervorgerufene Oberfläche wie eine äußere Oberfläche zu behandeln und somit der volle Abbrand in Rechnung zu stellen.

Zu Verdeutlichung sind in Abbildung 3. Musterbeispiele angeführt, welche die Anwendung der Konstruktionsregeln erleichtern sollen.

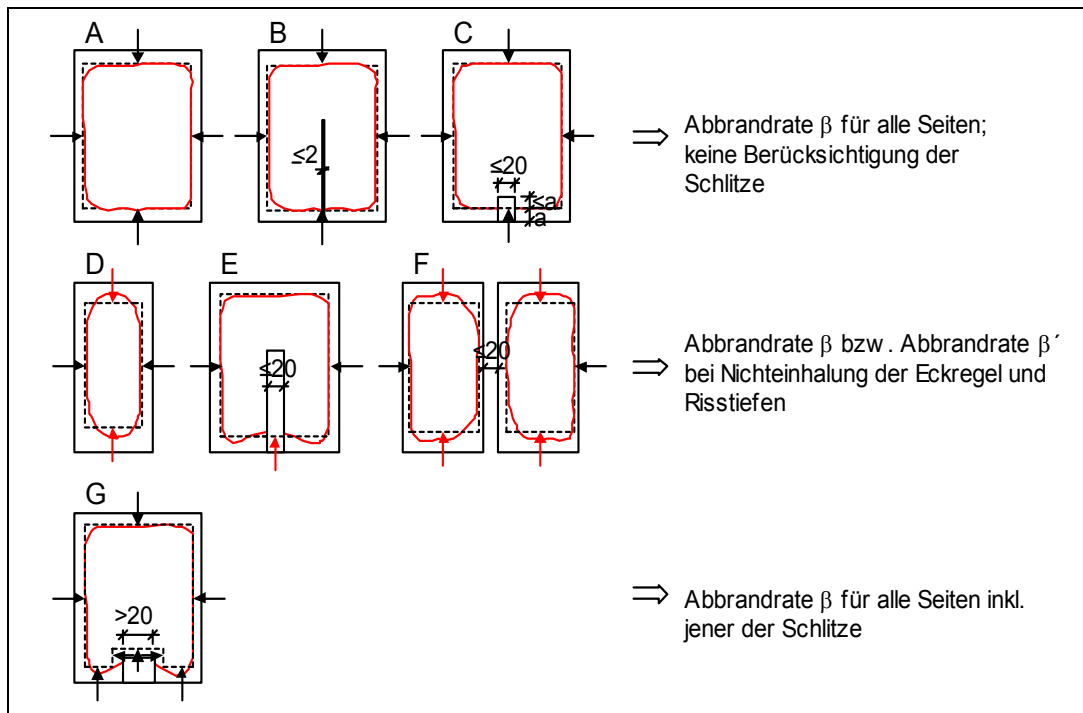


Abbildung 3: Musterbeispiele zur Anwendung der Regeln für die Restquerschnittsermittlung

Ein wesentliches Kriterium für den Abbrand stellt die Wahl des Brandszenariums und dessen Temperaturverlauf dar. Höhere Temperaturen im Brandraum erzeugen einen höheren Abbrand und höhere Temperaturen im Holz. Parametrische Brandszenarien, welche eine Abkühlphase beinhalten, können daher einen geringeren Abbrand (z.B. nach 90 min) hervorrufen als nach der ETK. In Tabelle 4 sind Abbrandwerte für unterschiedliche Brandszenarien angegeben. Dabei stellen die beiden parametrischen Szenarien typische Szenarien für Kleinwohnungen dar.

Brandszenarium	Anzahl	Abbrand nach 90 min (mm)		Abbrandrate (90 min) (mm/min)
		Mittelwert \bar{x}	Standardab. s	
Einheitstemperaturkurve	48	59,5	3,6	0,66
Schwelbrand	96	50,5	3,2	0,56
parametr. Kurve 170/0,04	96	38,0	3,6	0,42
parametr. Kurve 510/0,12	144	55,7	5,3	0,62

Tabelle 4: Auswertung der Versuchsergebnisse für unterschiedliche Brandszenarien

Eine entsprechende Formulierung, welche den unterschiedlichen Abbrand bei parametrischen Szenarien berücksichtigt, wurde auch in der neuen europäischen Bemessungsvorschrift Eurocode 5 ÖNORM EN 1995-1-2 [11], welche zurzeit als Entwurf vorliegt, aufgenommen.

4.2 Interaktion Holz und Stahl

Ein wenig komplizierter ist das Abbrandverhalten in Bereichen wo Holz mit flächigen bzw. stabförmigen Stahlteilen in Kontakt ist (Stahl-Holzverbindung). Diese Thematik wird sowohl in der ÖNORM als auch im Eurocode 5 nur wenig angesprochen.

Bei den Versuchen mit Blechen wurde die Stärke sowie die Einbindetiefe und die Versenktiefe des Bleches variiert. Der jeweilige Einfluss einer Konfiguration war sehr stark von der Branddauer abhängig und zeigte ein komplexes Abbrand- und Temperaturverhalten bei Blechen, besonders bei Betrachtung der Geometrieverhältnisse des Bleches, auf. Bei längeren Branddauern waren im Stahl durchwegs höhere Temperaturen als im Holz feststellbar, ein steigender Abbrand wurde bei größeren Bleckstärken verzeichnet.

Bei stabförmigen Verbindungsmittel zeigten sich folgende Einflüsse: Ein größerer Dübel-durchmesser ruft besonders bei längerer Branddauer einen größeren Abbrand im Holz hervor. Der Einfluss einer größeren Versenktiefe (20, 30 mm gegenüber bündigen Stahlteilen) wirkte sich erst bei Branddauern über 60 min positiv aus. Schrauben- und Passbolzen erzeugen im unmittelbar benachbarten Holz einen höheren Abbrand als Stabdübel. Geschützte Stabdübel erweisen sich im Brandfall als vorteilhaft (geringe Temperaturen im Stahl).

Zur Verdeutlichung, welche Einbaumaßnahme von Stahlteilen in Holzbauteilen sich positiv bzw. negativ auf den Brandfall auswirkt, soll die folgende Einflussmatrix (siehe Tabelle 5) dienen, wo in Abhängigkeit der Versenktiefe eines Stahlteils und der Branddauer ein, im Vergleich zum Abbrand eines ungestörtes Holzquerschnittes, kleinerer (+) oder höherer (-) Abbrand dargestellt ist.

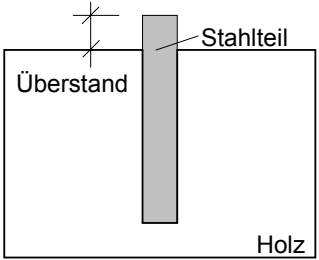
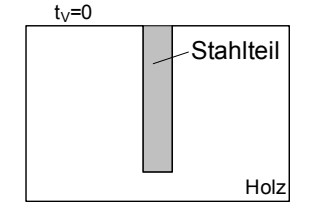
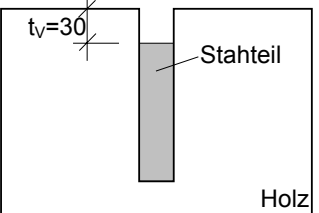
Versenktiefe t_v - Lage des Stahlteiles	Branddauer [min]	Einfluss auf den Abbrand		
		30	60	90
überstehend 		±	-	-
$t_v = 0$ mm 		+	±	-
$t_v = 30$ mm 		-	±	+

Tabelle 5: Einfluss von Stahlteilen auf den Abbrand

Aus den Ergebnissen konnten nachfolgende Regeln für Verbindungsmittel abgeleitet werden [10]:

- Regeln für Schlitzbleche
Die Abbrandgeschwindigkeit β ist um 10 % zu erhöhen, wenn nicht die in Tabelle 6 festgelegten Randbedingungen eingehalten werden oder keine geklebten Abdeckleisten aus Holz verwendet werden.
- Regeln für Stabdübel
Werden die Werte aus Tabelle 7 eingehalten, kann für die weitere Bemessung die Querschnittsabmessung des Restquerschnitts als Bettungslänge des Dübels gesetzt werden. Die Abminderung des Querschnittes aufgrund einer wärmebeeinflussten Zone ist in diesem Fall nicht zu berücksichtigen. Werden die Grenzwerte der Versenkttiefen nicht eingehalten muss die Bettungslänge des Stabdübels
- bei 60 min um 1 d
- bei 90 min um 3 d
je Brandseite verringert werden (d = Stabdübeldurchmesser).
Ein Abdecken der Stabdübelstirnflächen ist in keinem Fall erforderlich.

Branddauer (min)	Blechedicke (mm)	Versenkttiefe t_v (mm)	Einbindetiefe (mm)
30	$t \leq 20$	$0 \leq t_v < 20$	
60	$t \leq 15$	$20 \leq t_v < 40$	$t_E > 120$
90	$t \leq 10$	$40 \leq t_v < 60$	$t_E > 180$

Anmerkung: Die Einbindetiefe t_E bezieht sich auf die ursprüngliche Oberfläche.

Tabelle 6: Randbedingungen für den Einbau von Blechen

Branddauer (min)	Dübeldurchmesser d (mm)	Versenkttiefe t_v (mm)
30	---	0-20
60	---	10-40
90	$12 < d \leq 20\text{mm}$	30-60
	$d \leq 12\text{mm}$	10-60

Tabelle 7: Randbedingungen für den Einbau von Stabdübel

- Regeln für Schrauben- und Passbolzen
Holzproben mit Schraubenbolzen und Passbolzenverbindungen zeigen ein ähnliches Abbrandverhalten. Bei Schraubenbolzen muss jedoch - durch das größere Lochspiel bedingt - bei 90 min immer mit einem Durchbrand gerechnet werden.
Ein Wegfall der Klemmwirkung im Brandfall ist konstruktiv zu berücksichtigen.
Passbolzen mit Durchmessern kleiner gleich 12 mm können brandtechnisch wie Stabdübel gleichen Durchmessers behandelt werden.
- Regeln für außenliegende Bleche
Werden Holzoberflächen durch Bleche abgedeckt so ist mit dem gleichen Abbrand wie bei ungeschützten Holzoberflächen zu rechnen. Gibt es keinen Schutz durch Dämmschichtbildner, sind Feuerwiderstandsdauern größer 60 min zu vermeiden, da es unterhalb der Stahlplatte zu einem erhöhten Abbrand kommt.

5 Zusammenfassung

Während eines Brandes sind zwei Kriterien maßgebend, die das Brandgeschehen maßgeblich mit beeinflussen: die Brennbarkeit bzw. der Feuerwiderstand von Bauprodukten.

Von Seiten der Gesetze und Normen gibt es, um das nationale Sicherheitsniveau zu gewährleisten, Einschränkungen hinsichtlich der Verwendung von brennbaren Materialien. Es gilt jedoch zu beachten, dass Brennbarkeit nur ein (festgelegtes und messbares) Kriterium für die Brandsicherheit darstellt. Umfassendere Sicherheitsbetrachtungen sollten z.B. auch die Rauchausbreitung und vor allem die Toxizität der austretenden Gase berücksichtigen.

Der Nachweis des Feuerwiderstandes erfolgt zumeist mit dem Brandszenarium ETK. Versuche zeigten, dass alternative Szenarien einen geringeren Abbrand hervorrufen, und daher eine entsprechende Bemessung zu einer wettbewerbsfähigeren Holzkonstruktion führen könnte.

Die aktuellen Bemessungsrichtlinien für Holzkonstruktionen beinhalten nur wenige Regeln bzgl. Risse im Holz, Eckausrundung sowie Verwendung von Stahlteilen in Holzverbindungen. In diesem Vortrag wurden daher aus fundierten Forschungsergebnissen Vorschläge für Konstruktionsregeln abgeleitet. Bei entsprechender Fachkenntnis können daher Konstruktionen geplant werden, die ein hohes Maß an Brandsicherheit aufweisen, ohne den Baustoff Holz immer durch Beplankungen schützen zu müssen.

Verwendete Literatur

- [1] **ÖNORM EN 13501-1**, 2002: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
- [2] **ÖNORM EN 13823**, 2002: Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen
- [3] **Vornorm ÖNORM B 3806**, 2002: Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen)
- [4] **Bergmeister, K., Fornather, J.**, 2001: Test Report. Reaction to Fire Tests (RtF) Part 1 and 2
- [5] **TRVB B 109**, 1998: Brennbare Baustoffe im Bauwesen
- [6] **ÖNORM EN 1991-1-2**, 2003: Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- [7] **ÖNORM B 4100-2**, 2004: Holzbau - Holztragwerke - Teil 2: Berechnung und Ausführung
- [8] **ÖNORM B 3800-4**, 2000: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Bauteile: Einreihung in die Brandwiderstandsklassen
- [9] **Fornather, J.**, 2003: Dissertation, Brandverhalten von Holz und Holzverbindungen – Experimentelle und Numerische Untersuchungen
- [10] **Fornather, J., Hochreiner, G., Luggin, W.**, 2003: Brennbarkeit und Brandverhalten von Holz, Holzwerkstoffen und Holzkonstruktionen – Zusammenfassung und Erkenntnisse für die Bemessungspraxis, proHolz Arbeitsheft 2/03
- [11] **ÖNORM EN 1995-1-2**, 2004: Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Bemessung für den Brandfall