

# **Brandschutztechnische Bekleidung – statische Wirksamkeit im Brandfall**

Prof. Ulrich Grimminger  
Technische Hochschule Rosenheim  
Rosenheim, Deutschland





# Brandschutztechnische Bekleidung – statische Wirksamkeit im Brandfall



Abbildung 1: Max-Planck-Institut für komplexe Fluidodynamik, Göttingen (konbau GmbH)

## Einleitung

In Zeiten steigender Mietpreise und einer immensen Nachfrage an Wohnraum in Ballungszentren gewinnt die städtebauliche Nachverdichtung immer mehr an Bedeutung. Dabei geht es primär darum, die verfügbaren Flächen nachhaltig und schonend zu nutzen, um neue Wohnmöglichkeiten zu schaffen. Aufstockungen, Anbauten sowie Neubauten von mehrgeschossigen Wohngebäuden prägen die derzeitige Bausituation in Großstädten.

Traditionell ist der mehrgeschossige Wohnungsbau sehr durch den Massivbau geprägt, wobei der Werkstoff Holz zurzeit noch eher selten eingesetzt wird.

Doch in Zeiten des Klimawandels und der Energiewende gewinnt das ökologische Bewusstsein in der Bevölkerung immer mehr an Bedeutung. Die hohen Erwartungen an das Wohnklima und an eine nachhaltige Bauweise können durch den nachwachsenden Rohstoff Holz vorbildlich umgesetzt werden. Außerdem gewinnt der Holzbau durch seinen hohen Vorfertigungsgrad, sowie die damit verbundenen kurzen Bauzeiten gerade im urbanen Bereich immer mehr an Attraktivität.

Welches Potential im modernen Holzbau steckt, lässt sich anschaulich an realisierten Großprojekten in der DACH-Region zeigen. Die Anzahl der errichteten mehrgeschossigen Holzgebäude ist erfreulicherweise jedes Jahr gestiegen und weiterhin steigend.



Abbildung 2: Wohnanlage Taunusstein (konbau GmbH)

So werden in der Schweiz zurzeit 15% aller Mehrfamilienhäuser mit mehr als zwei Geschossen in Holzbauweise errichtet und in Österreich soll demnächst das höchste Holzhochhaus der Welt mit einer Höhe von 84 m bezugsfertig sein. Auch in Deutschland ist der Einzug des Holzbaus in den urbanen Wohnungsbau deutlich erkennbar und so rechnen, laut einer Studie zur Marktforschung des Holzbaus der Zukunft, die Experten mit einem Anstieg des Marktanteils bis 2030 auf bis zu 20%.

## 1. Bauteilanforderung Brandschutz

Vor allem der Brandschutz stellte den mehrgeschossigen Holzbau lange vor große Herausforderungen. Erst mit Einführung der neuen Musterbaubaurichtlinie seit 2002 ist die Errichtung von mehrgeschossigen Bauten mit vier bis fünf Geschossen in Holzbauweise möglich. Zur Ermittlung der jeweiligen Anforderung an den baulichen Brandschutz muss zunächst das Objekt einer Gebäudeklasse zugeordnet werden. Die Zuordnung erfolgt gemäß der Abbildung 3 der MBO von 2002. Dabei ist vor allem die Höhe der Fußbodenoberkante des obersten genutzten Stockwerks, gemessen vom Mittel der Geländehöhe, sowie die Anzahl und Größe der Nutzungseinheiten im Gebäude von entscheidender Bedeutung.

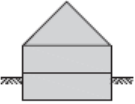
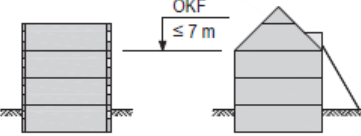
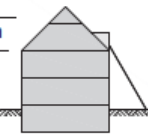
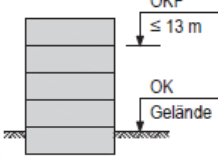
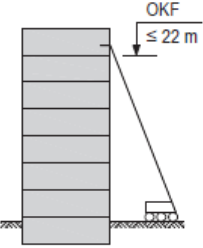
1	2	3	4	5	
freistehend land- oder forstwirtschaftlich genutzt	freistehend und OKF $\leq 7$ m und $\leq 2$ NE und $\leq 400$ m <sup>2</sup> gesamt *)	nicht freistehend  OKF $\leq 7$ m und $\leq 2$ NE und $\leq 400$ m <sup>2</sup> gesamt *)	sonstige Gebäude  OKF $\leq 7$ m	OKF $\leq 13$ m  und $\leq 400$ m <sup>2</sup> *) je NE	13 m < OKF $\leq 22$ m  oder $> 400$ m <sup>2</sup> *) je NE
					
<b>Bauaufsichtliche Anforderungen nach MBO 2002</b> (tragende und aussteifende Wände, Stützen, Trennwände, Decken zwischen NE)					
keine Forderungen	feuerhemmend		hochfeuerhemmend	feuerbeständig	
Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich			Drehleiter nötig		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NE = Nutzungseinheit</li> <li>■ OKF = Oberkante des Fußbodens des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsraum, ab OK Gelände</li> <li>■ *) = Brutto-Grundfläche der Nutzungseinheiten ohne Kellergeschoss</li> </ul>					

Abbildung 3: Gebäudeklassen nach MBO 2002 (Knauf Gips KG)

Tragende und aussteifende Bauteile in der Gebäudeklasse 4 müssen in hochfeuerhemmender Bauweise (REI 60) und gemäß dem Kapselkriterium K<sub>2</sub>60 nach DIN EN 13501-2 ausgeführt werden. Die Kapselwirkung einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung soll die tragende Holzkonstruktion vor Entzündung, Verkohlung und anderen Schäden schützen. Dadurch wird eine Brandausbreitung in den Hohlräumen einer Holztafelbaukonstruktion verhindert. Zur richtigen konstruktiven Ausführung müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Bauteilfugen müssen brandschutztechnisch verspachtelt werden
- Eine Verkohlung durch einen Hitzeeintrag über die Verbindungsmittel muss verhindert werden
- Installationen sollten in vorgesetzten Installationsebenen geführt werden
- Beplankungslagen sind versetzt anzuordnen

Um diese Anforderung zu erfüllen, sind die betroffenen Bauteile entsprechend auszuführen. Dabei ist zu beachten, dass die ausgewählte Konstruktion über ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) verfügt. Entsprechende Konstruktionsaufbauten werden von Systemherstellern von brandschutztechnischen wirksamen Bekleidungen in der Regel zur Verfügung gestellt.

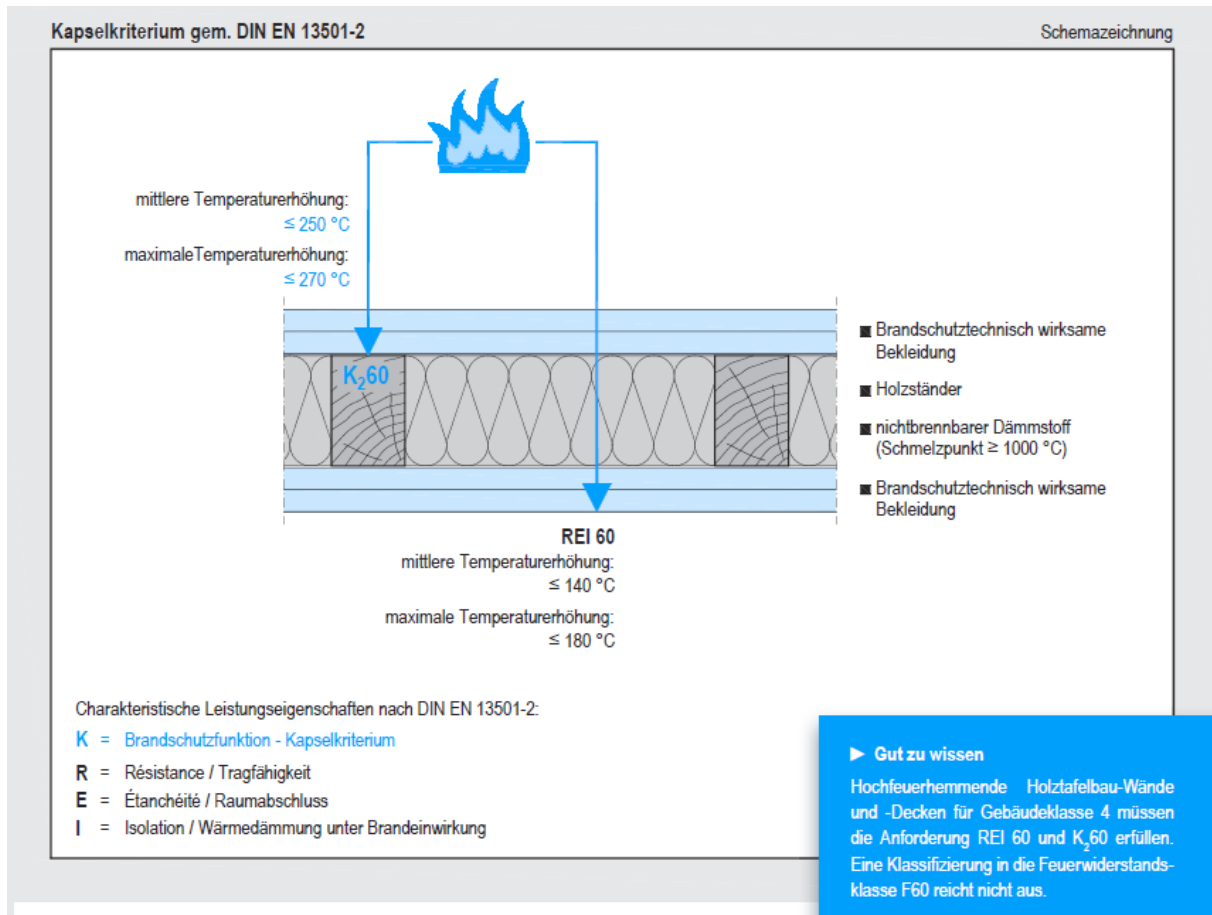


Abbildung 4: Leistungskriterien bei hochfeuerhemmenden, raumabschließenden Bauteilen in Holzbauweise (Knauf Gips KG)

Die Erfüllung der Anforderung einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung mit der Kapselklasse K<sub>2</sub>60 ist kostenintensiv und wird daher von der Praxis hinterfragt.

Die in der Praxis umgesetzten Projekte in der Gebäudeklasse 4 sind daher im Regelfall auch nicht in der Kapselklasse K<sub>2</sub>60, sondern abweichend von der M-HFHolzR in der Kapselklasse K<sub>2</sub>30 umgesetzt worden [6].

«In einem Projekt der Hochschule Rosenheim wurden systematisch feuerwiderstandsfähige Holzbaukonstruktionen erfasst. Für insgesamt 194 Holzrahmenbauwände wurden die Konstruktionsparameter strukturiert in Tabellenform zusammengestellt. Angesichts dieser Datenbank entstand die Idee, Rechenverfahren für den Raumabschluss von Holzbauwänden auf diese Daten anzuwenden, und die Ergebnisse sowohl der unterschiedlichen Verfahren zur Klassifizierung als auch der Verfahren untereinander zu vergleichen. In einer Bachelorarbeit wurden die Rechenverfahren nach Eurocode 5 Brandschutzteil Anhang E [7], welches auch in Deutschland als technische Baubestimmung eingeführt und damit anwendbar ist, nach Schleifer [10] und nach Österreichischem Nationalen Anhang zu EN 1995-1-2, auf die Daten angewendet.

...Die Frage zur Sicherheit dieser Verfahren lässt sich durch die Bachelorarbeit noch nicht abschließend beantworten. Einzig die Ergebnisse, die unterhalb der Klassifizierung liegen, können eindeutig als «sicher» eingeschätzt werden.

Eine bessere Validierung der Verfahren ist derzeit daher nicht möglich. Im Zuge einer weiteren Bachelorarbeit ist aber die Implementierung des Standsicherheitsnachweises geplant, was die Bewertungsgrundlage verbessern wird. Eine noch bessere Beurteilung wäre aber nur möglich, wenn tatsächliche Prüfergebnisse bekannt sind.» [9]



## 2. Bauteilanforderung Tragwerksplanung

Mit zunehmender Anzahl der Geschosse steigen auch die Anforderungen an die Standsicherheit sowie an die Gebrauchstauglichkeit eines Gebäudes. Die statischen Anforderungen an ein Wohngebäude können prinzipiell in eine vertikale und eine horizontale Lastabtragung differenziert werden. Dabei werden die vertikalen Lasten in der Regel über senkrechte Bauteile, wie Stützen und Wände, und horizontale Lasten über Diagonalverbände oder flächige Bauteile wie Wandscheiben abgetragen.

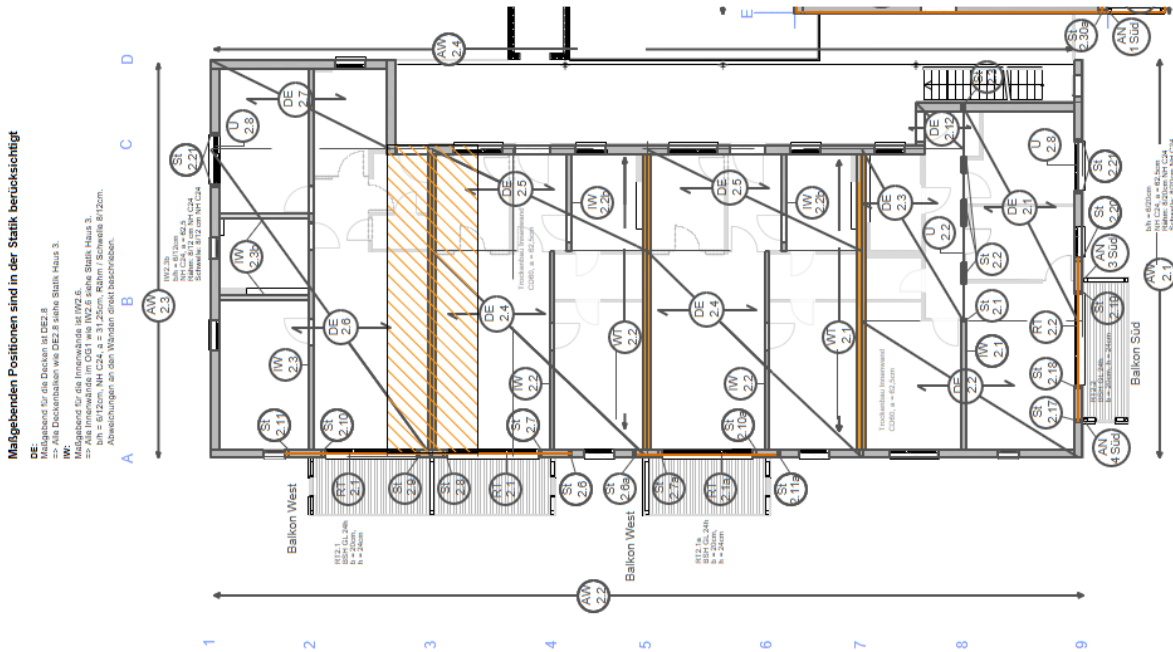


Abbildung 6: Referenzgebäude Mehrfamilienhaus Taunusstein [konbau GmbH

Im Falle des Referenzgebäudes übernimmt die dargestellte Außenwand sowohl eine tragende als auch eine aussteifende Funktion. Für eine überschlägige Betrachtung der Einwirkung auf die Referenzwand gelten die aufgeführten Lastannahmen:

**DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 (NA.17)** Für die Auswirkung von Imperfektionen einer vertikal beanspruchten Wand in Form einer Schrägstellung darf die folgende horizontale Ersatzlast angewendet werden:

$$F_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l}{70} \quad (\text{NA.139})$$

Dabei ist  $l$  die Länge der Wand, die durch die Linienlast  $q_{Ed}$  vertikal beansprucht wird.  $F_{Ed}$  wirkt als Kräftepaar am oberen und unteren Rand der Wand auf die aussteifenden Bauteile ein.

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

$$q_{Ed} = g_{Decke} + g_{Wand} + q_{Nutzlast} = (1,35 \cdot 5,0 \frac{kN}{m^2} + 1,35 \cdot 0,5 \frac{kN}{m^2} \cdot h + 1,5 \cdot 1,5 \frac{kN}{m^2}) \cdot 5,00 \text{ m} = 55,13 \frac{kN}{m}$$

$$F_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l}{70} = \frac{55,13 \frac{kN}{m^2} \cdot 5,10 \text{ m}}{70} = 4,02 \text{ kN}$$

$$F_{Wd} = ((c_{pe,D} + c_{pe,E}) \cdot q_d \cdot \gamma_{Q,1} \cdot A_w) / n =$$

$$F_{Wd} = (1,3 \cdot 0,65 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,0 \text{ m} \cdot 5,10 \text{ m} \cdot 1,5) / 10 = 1,93 \text{ kN}$$

n : Anzahl der Wandscheiben in der Achse der Außenwand  
A<sub>w</sub> : Windeinzugsfläche Giebel

Man erkennt, dass die Lasten aus Imperfektion (4,02kN) im Referenzhaus bereits größer sind als die Lasten aus Wind (1,93 kN). Da diese Lasten mit der Geschoßanzahl steigen, werden hochleistungsfähige Konstruktionen benötigt, um diese Beanspruchung aufnehmen zu können. Die vorhandene zweite Beplankungslage der K<sub>260</sub>-Konstruktionen darf normativ noch nicht für die Tragfähigkeit mit angesetzt werden. Die Ergebnisse an der TH Rosenheim durchgeführten Wandscheibenversuche haben eine deutliche Erhöhung der Tragfähigkeit sowie der Steifigkeitseigenschaften durch die Anordnung einer zweiten Beplankungslage erkennen lassen. Der Ansatz dieser Traglastreserven stellt ein immenses Potential für den Einsatz von tragenden und aussteifenden Innenwänden in Holztafelbau dar. Vor allem im mehrgeschossigen Wohnungsbau der Gebäudeklasse 4, wo eine zweilagige Beplankung über das Kaspelkriterium K<sub>260</sub> zwingend vorschrieben ist, kann dadurch die Leistungsfähigkeit solcher Konstruktionen besser ausgenutzt werden.

Die im Zuge einer Bachelorarbeit [4] entwickelten Bemessungsvorschläge zur Ermittlung der Scheibentragfähigkeit mehrlagig beplankter Wandscheiben erwiesen sich beim Vergleich mit den Versuchsergebnissen der tatsächlichen Tragfähigkeit durchaus als sinnvoll und können als Grundlage für weitere Überlungen dienen.

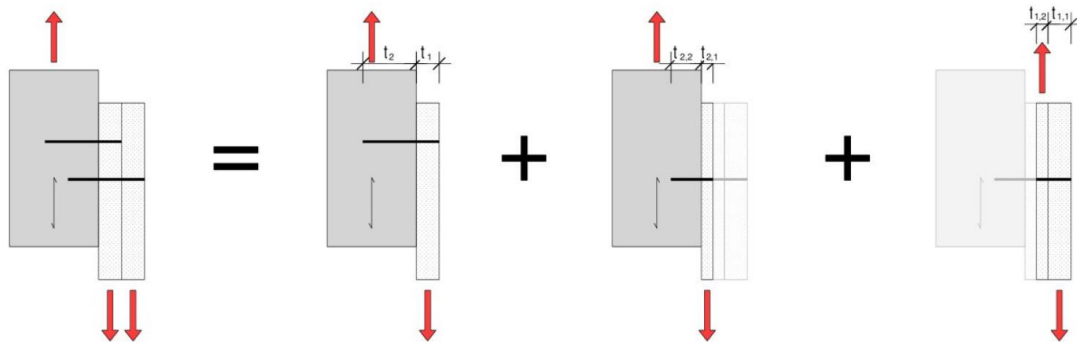


Abbildung 7: Konservativer Bemessungsansatz: Getrennter Nachweis der Scherfugen mit reduzierter Bauteildicke (Knauf Gips KG)

Beim Nachweis unter Brandbeanspruchung dürfen die weiter oben ermittelten Lasten reduziert werden:

**DIN EN 1991-1-2: «Brandeinwirkung auf Tragwerke»** sowie

**DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12**

**NDP zu «4.3.1 (2) Kombinationsregeln für Einwirkungen Allgemeine Regel»**

In der Regel darf die quasi-ständige Größe  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  verwendet werden. Dies gilt nicht für Bauteile, deren Leiteinwirkung der Wind ist. In diesem Fall ist für die Einwirkung aus Wind die häufige Größe  $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  zu verwenden



$$E_{dA} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

$$q_{Ed} = g_{Decke} + g_{Wand} + q_{Nutzlast} = (1,0 \cdot 5,0 \frac{kN}{m^2} + 1,0 \cdot 0,5 \frac{kN}{m^2} \cdot h + 0,0 \cdot 1,5 \frac{kN}{m^2}) \cdot 5,10 m = 33,15 \frac{kN}{m}$$

$$F_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l}{70} = \frac{33,15 \frac{kN}{m} \cdot 5,10 m}{70} = 2,36 kN$$

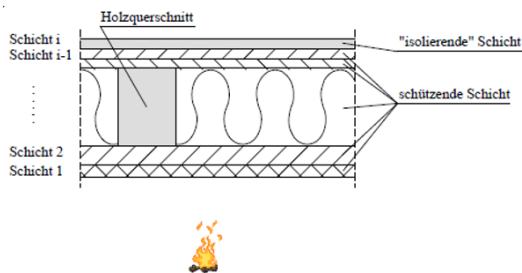
$$F_{Wd} = ((c_{pe,D} + c_{pe,E}) \cdot q_d \cdot A_w \cdot \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,i}) / n =$$

$$F_{Wd} = (1,3 \cdot 0,65 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,0 m \cdot 5,10 m \cdot 1,5 \cdot 0,2) / 10 = 0,39 kN$$

$$F_{Vd} = F_{Ed} + F_{Wd} = 2,76 kN \text{ pro Geschoß}$$

Man erkennt, dass die Lasten aus Imperfektion (2,36 kN) im Referenzhaus wiederum erheblich größer sind als die über den Kombinationsbeiwert abgeminderten Lasten aus Wind (0,39 kN). Diese Lasten müssen nun über den vorhandenen Restquerschnitt der Beplankung abgetragen werden können. Mit einer K230-Konstruktion ist dies im Referenzhaus nicht mehr möglich, da die innere Beplankung bereits nach ca. 33 min und damit deutlich vor dem geforderten Schutzziel von 60 Minuten versagt.

Aufbau einer mehrschichtigen Holzkonstruktion mit der Unterscheidung zwischen schützender und isolierender Schicht sowie Berechnung der Versagenszeiten nach Schleifer



	1. Lage		2. Lage		Versagenszeit	
					1.Lage	2.Lage
1	GKB	12,5	GKB	12,5	24,10	8,80
2	GKF	12,5	GKF	12,5	24,10	16,39
3	GKB	15	GKB	15	30,00	11,26
4	GKF	15	GKF	15	30,00	19,56
5	GKB	18	GKB	18	37,34	14,40
6	GKF	18	GKF	18	37,34	23,58

Vorgehen zur Ermittlung der Schutzzeiten  $t_{prot,i}$  der einzelnen Schichten nach Schleifer

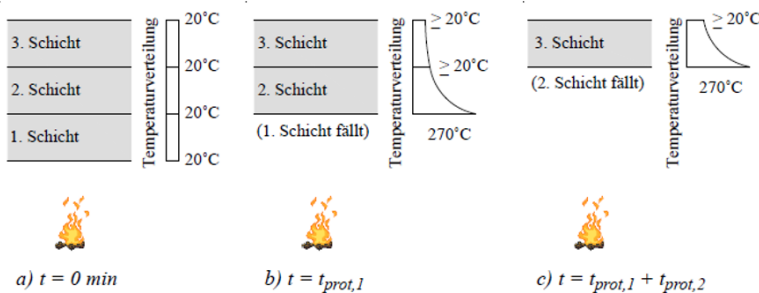


Abbildung 8: Aufbau einer mehrschichtigen Holzkonstruktion mit der Unterscheidung zwischen schützender und isolierender Schicht sowie Berechnung der Versagenszeiten nach Schleifer [5, Reinhardt] (Knauf Gips KG)

### 3. Fazit

Die Bauordnungen in Deutschland fordern ein hohes brandschutztechnisches Sicherheitsniveau für Gebäude in Holzbauweise. Damit einher gehen kostenintensive Konstruktionen, welche teilweise die Forderungen mangels Erfahrungen überkompensieren. Andererseits ist der mehrgeschossige Holzbau ein beachtlicher Wachstumssektor der Bauwirtschaft. Die realisierten Projekte werden immer größer und höher («The race is on», Michael Greene). Abweichungen von der Regel sind die Regel. Bei Abweichungen vom Baurecht werden zur Erfüllung bauordnungsrechtlicher Anforderungen häufig Kompensation geplant. Dabei ist eine umfassende Zusammenarbeit von Architekt, Tragwerksplaner, Fachplaner «Brand-schutz», Bauaufsichtsbehörden und ggfls. Materialprüfanstalten wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Projektbearbeitung.

### 4. Literatur

- [1] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holz-bauweise (M-HFHHolzR). Fassung 2004
- [2] Musterbauordnung (MBO) Fassung November 2002, Zuletzt geändert durch Beschluss der Bauminister-konferenz vom 13.05.2016
- [3] Bayerische Bauordnung (BayBO), Fassung 14. August 2007, zuletzt geändert 10. Juli 2018
- [4] Ringenberger, Matthias, Tragverhalten von mehrlagig beplankten Wandscheiben in Holzrahmenbau-weise, Bachelorarbeit FH Rosenheim, 2016
- [5] Reinhardt, Jonas, Vergleichende Betrachtung von Rechenverfahren zur Bemessung des Feuerwiderstandes von raumabschließenden Wandkonstruktionen Bachelorarbeit FH Rosenheim, 2016
- [6] Brandschutzkonzepte Einführung holzbau handbuch I REIHE 3 I TEIL 5 I FOLGE 1
- [7] DIN EN 1995-1-2, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2:Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-1- 2:2004 + AC:2009
- [8] DIN 4102-4, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Fassung Mai 2016
- [9] Reinhardt, J.; Werning, H.: Kriterium EI im Holzbau rechnerisch nachweisen – Metaanalyse, feuertrutz Magazin
- [10] Schleifer V.: Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbautteilen im Brandfall, Dissertation Nr. 18156, ETH Zürich, 2009