

Ermittlung von Kriterien zur Beurteilung
des Brandverhaltens von Decken und
Wänden im Holzbau

T 2612

T 2612

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

MPA Braunschweig
Kersken + Partner

SCHLUSSBERICHT

FORSCHUNGSVORHABEN (F 90/20)

Ermittlung von Kriterien zur Beurteilung des Brandverhaltens von Decken und Wänden im Holzbau

Forschungsvorhaben der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung
mit finanzieller Förderung durch das Deutsche Institut für Bautechnik

Bearbeiter

J. Wesche, Braunschweig
M. Kersken-Bradley, München

November 1993

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde ein Verfahren zur Bewertung des Brandverhaltens von Decken und Wänden im Holzbau, insbesondere hinsichtlich ihres Raumabschlusses, erarbeitet. Das Verfahren beruht auf einer Bewertung des Beitrags von Einzelkomponenten eines Bauteils zur Feuerwiderstandsdauer und auf dem Nachweis bestimmter Kriterien. Zusätzlich werden Konstruktionsregeln gegeben.

Der Geltungsbereich ist beschränkt auf Wände und Decken mit einer Holzrahmen-Konstruktion und einer Beplankung aus Holz, Holzwerkstoffen oder Gipskarton. Es können Bauteile bis zu 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer bewertet werden. Das Verfahren wurde im brandschutztechnischen Teil von Eurocode 5 aufgenommen.

Summary

Within this research project a procedure for the appraisal of the performance of timber floors and walls in fire exposure was developed. Main emphasis is on members with separating function. The procedure is based on an assessment of the individual components of a members and the verification of certain criteria; in addition, detailing rules are given.

The scope is confined to walls and floors with a timber frame and panels of timber, wood based material or gypsum board. Members up to 60 minutes fire resistance may be assessed. The procedure is included in the structural fire design part of Eurocode 5.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1 Ausgangssituation.....	4
1.2 Aufgabenstellung	4
1.3 Vorgehensweise.....	4
1.4 Eurocode 5.....	5
1.5 Zu diesem Bericht	5
2. Grundzüge des Verfahrens.....	5
2.1 Geltungsbereich	5
2.2 Versagenszeiten	6
2.2.1 Definitionen.....	6
2.2.2 Rechenannahmen.....	6
2.2.3 Durchbrand an Fugen.....	7
2.3 Mindest-Abmessungen, konstruktive Regeln	8
2.3.1 Mindest-Abmessungen	8
2.3.2 Plattenstöße.....	9
2.3.3 Anschlüsse	9
2.4 Nachweise.....	10
2.4.1 Nachweis der Tragfähigkeit	10
2.4.2 Nachweis des Raumabschlusses	11
3. Grundlagen und Erläuterung des Vorschlags.....	13
3.1 Vorbemerkung.....	13
3.2 Tragende, nicht-raumabschließende Bauteile	13
3.2.1 Bewertung von Einzelkomponenten	13
3.2.2 Tragwirkung von Beplankungen / Bekleidungen	14
3.2.3 Versagenszeiten von Beplankungen/Bekleidungen	14
3.2.4 Plattenstöße und Randanschlüsse.....	17
3.3 Raumabschließende Bauteile	18
3.3.1 Vergleich mit nicht-raumabschließenden Bauteilen	18
3.3.2 Versagenszeiten von Beplankungen	19
3.3.3 Versagenszeiten von Dämmschichten.....	20
3.3.4 Versagungskriterien E und I für die Konstruktion	21
3.3.5 Konstruktionsregeln.....	23
3.4 Folgerungen.....	24
4. Verweise	24
Anlage 1	ENV 1995, Teil 1.2 Annex C
Anlage 2	Vergleichrechnungen
X Anlage 3	Auswertung Prüfberichte ! Siehe Hinweis in eigener Sache ! (IRB)
Anlage 4	Auszug aus Diplomarbeit

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Bauteile mit Anforderungen an den Raumabschluß können hinsichtlich des Kriteriums Raumabschluß nicht wie tragende Holzbauteile rechnerisch nachgewiesen werden. Somit war bislang nur ein experimenteller Nachweis möglich und die Versuchserfahrung wurde in genormte Lösungsbeispielen in DIN 4102 Teil 4 [1] umgesetzt. Wollte man hiervon abweichen, sind/wären neuerliche Versuche oder Gutachten erforderlich.

Damit wäre auch im Rahmen der europäischen Normung weiterhin nur ein experimenteller Nachweis raumabschließender Wände und Decken möglich gewesen. Ob eine europäische Einigung auf genormte Lösungsbeispiele Aussicht auf Erfolg gehabt hätte, wurde schon früher bezweifelt und kann aufgrund der zwischenzeitlich vorliegenden Erfahrung verneint werden.

1.2 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollte ein Verfahren entwickelt werden, das eine brandschutztechnische Bewertung tragender und/oder raumabschließender Wände und Decken im Holzbau erlaubt. Es sollte, ähnlich dem Bewertungsverfahren bei den Verbindungsmitteln, eine komponentenweise Beurteilung von Bauteilen ermöglichen.

Es versteht sich, das ein solches Verfahren in etwa die bisherigen Lösungsbeispiele der DIN 4102 Teil 4 abdecken sollte. Ziel war es, in erster Linie ein solches Verfahren in die europäische Normung einzubringen. Für die nationale Normung, d.h. für die Überarbeitung von DIN 4102 Teil 4, wurde ein solches Verfahren nicht als so dringlich angesehen, da es sinnvoller in der überarbeiteten Fassung des Holz-Brandschutz-Handbuches aufgenommen werden kann.

1.3 Vorgehensweise

Ausgangspunkt war die schon von C. Meyer-Ottens [2] entwickelte Nachweisidee:

$$\text{Feuerwiderstandsdauer} = \Sigma \text{Versagenszeiten der Einzelkomponenten}$$

Dabei ging es zunächst die Eingrenzung eines Geltungsbereichs, für den ein solches Bewertungsverfahren hinreichend zuverlässige aber auch wirtschaftliche Ergebnisse bringen kann. Ferner galt es, Kriterien als praktischen Ersatz für die experimentellen Raumabschluß-Kriterien zu finden. Dann erfolgte eine genauere Eingrenzung und Verallgemeinerung der Versagenszeiten für verschiedene Werkstoffe. Schließlich mußten

Konstruktionsregeln entwickelt bzw. überprüft werden, um möglichst "robuste" Konstruktionen zu erhalten.

Als Bezug dienten die bisherigen genormten Lösungen [1], die Ausführungen in [2], die in der MPA Braunschweig vorliegenden Prüfberichte, aber auch - zumindest als Hintergrundinformation - auch die Regelungen in den europäischen Nachbarländern, z.B. [4] und [5].

1.4 Eurocode 5

Das Verfahren wurde in Eurocode 5, Teil 1.2 [3] eingebracht und ist als normativer Anhang C zwischenzeitlich verabschiedet (ENV). Die entsprechende Fassung des Anhang C ist hier als Anhang 1 beigelegt.

1.5 Zu diesem Bericht

In dem nachfolgenden Kapitel 2 sind die wesentlichen Elemente des Verfahrens im Sinne entsprechender Regeln dargestellt. Im Kapitel 3 werden Grundlagen und Erläuterungen zum Verfahren gegeben.

Anlage 1 enthält den vorgenannten Anhang C aus [3] als eigentliches Hauptergebnis des Auftrags. Anlage 2 enthält einige Vergleichsrechnungen. In Anlage 3 sind die Ergebnisse der Auswertung von Bauteilprüfungen zusammengestellt. Als Anlage 4 sind schließlich Auszüge aus einer Diplomarbeit, die an der Universität Stuttgart angefertigt wurde, angefügt.

2. Grundzüge des Verfahrens

2.1 Geltungsbereich

Die folgenden Regeln gelten für Wände und Decken (und Dächer) mit Holzrippen und Beplankungen, Schalungen oder Bekleidungen. Die Rippen können innenliegend sein (Holztafelbauart) oder außenliegend (z.B. Holzbalkendecken). Es können Bauteile bis zu 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer bewertet werden.

Es ist zu unterscheiden zwischen

- tragenden, nicht raumabschließenden (R)¹
- tragenden und raumabschließenden (REI)
- nicht-tragenden, raumabschließenden (EI)

Wänden und Decken. Wände, die auch im Brandfall aussteifende Funktionen erfüllen müssen, gelten als tragende Wände.

Beplankungen und Schalungen können

- als Brandschutzbekleidung tragender Wände und Decken wirken
- tragende oder aussteifende Funktion haben

¹ wegen klarerer Unterscheidung werden hier die europäische Bezeichnungen verwendet.

- den Raumabschluß herstellen
- Im folgenden wird als Oberbegriff nur von Beplankungen gesprochen.

Die Regeln gelten für Beplankungen:

- Holz und Holzwerkstoffen
 - Gipskarton-Bauplatten
- mit Normenbezug wie in [1].

2.2 Versagenszeiten

2.2.1 Definitionen

Die Versagenszeit der Holzrippen-Konstruktion ist gleichbedeutend mit der Feuerwiderstandsdauer hinsichtlich Tragfähigkeit.

Die Versagenszeit von Holz- und Holzwerkstoffplatten ist die Durchbrandzeit, d.h. die Zeit bei der unter Normbrandbedingungen auf der brandabgewandten Seite die ersten Verkohlungserscheinungen auftreten.

Die Versagenszeit nicht-brennbarer Werkstoffe ist jene Zeitdauer, bei der auf der brandabgewandten Seite im Mittel eine Temperatur von $[500]^\circ\text{C}$ überschritten wird.

Die Versagenszeiten gemäß Abschnitt 2.2.2 decken nur eine geringfügige mechanische Beanspruchung von Beplankungen ab. Die Versagenszeiten gemäß Abschnitt 2.2.2 berücksichtigen nicht einen erhöhten Abbrand an Fugen (siehe hierzu Abschnitt 2.2.3)

2.2.2 Rechenannahmen

Für Holz und Holzwerkstoffe sind Versagenszeiten rechnerisch wie folgt zu bestimmen

$$t_f = \frac{h - dh}{\beta_0} \quad [\text{min}] \quad (2.1)$$

wobei h Schichtdicke in mm
 β_0 Abbrandrate in mm/min
 dh erforderliche Restdicke (bei mehrschichtigem Aufbau nur einmal anzusetzen). In [3] wurde $dh = 4$ mm gesetzt.

Für Gipskarton-Platten GKF gelten folgende Versagenszeiten

$$t_f = 1.9 h \quad [\text{min}] \quad \text{für } h \leq 15 \text{ mm} \quad (2.2)$$

$$t_f = (2.5 h - 9) \quad [\text{min}] \quad \text{für } h > 15 \text{ mm} \quad (2.3)$$

Für Gipskarton-Platten GKB ist anzusetzen

$$t_f = 1.7 h \quad (2.4)$$

Für nicht-brennbare Dämmstoffe die bis 1000°C temperaturbeständig sind, und so befestigt sind, daß sie gegen Herausfallen oder Verrutschen gesichert sind, darf näherungsweise angesetzt werden

$$t_f = 0.07 (h - 20) \sqrt{\rho} \quad [\text{min}] \quad \text{für } h \geq 20 \text{ mm} \quad (2.5)$$

wobei h Dicke der Dämmschicht [mm]
 ρ die Rohdichte in [kg/m³].

Für die Brandbeanspruchung raumabschließender Decken von oben, dürfen vorgenannte Versagenszeiten um 20 % erhöht werden.

Für andere Werkstoffe, die hinsichtlich ihres Brandverhaltens vergleichbar sind mit Holzwerkstoffen (zumindest B2 nach DIN 4102), können bei Ansatz einer rohddichte-abhängigen Abbrandgeschwindigkeit gemäß [3], Versagenszeiten gemäß Gl. (2.1) bestimmt werden.

Alternativ gelten näherungsweise folgende Äquivalenzen in Bezug auf die Angaben zu Holzwerkstoffen ($t_{f,hw}$) bzw. Gipskarton GKF ($t_{f,g}$)

- Holzwoleleichtbauplatten zwischen Beplankungen: $t_f = 0.3 t_{f,hw}$
- Dämmschichten (B2) zwischen Beplankungen: $t_f = 0.3 t_{f,hw}$
- Putze: $t_f = t_{f,g}$

Die Äquivalenzen gelten analog, d.h. reziprok, für Abmessungen.

Anm.: Die Äquivalenzen wurden nicht in [3] aufgenommen

2.2.3 Durchbrand an Fugen

Für raumabschließende Decken (Brandbeanspruchung von unten), bei denen Plattenränder nicht auf Rippen nach Abschnitt 2.3.2 gestoßen sind, sind die Versagenszeiten mit dem Faktor ξ zu multiplizieren, wobei ξ gemäß nachfolgender Tabelle anzusetzen ist.

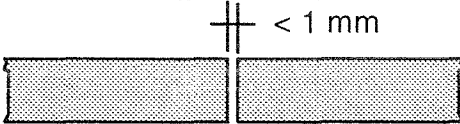
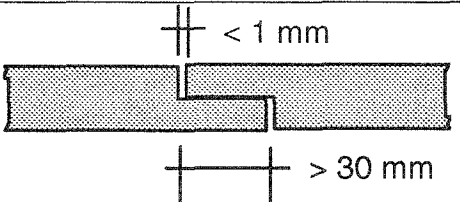
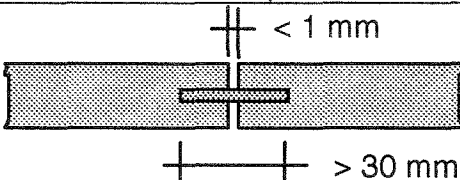
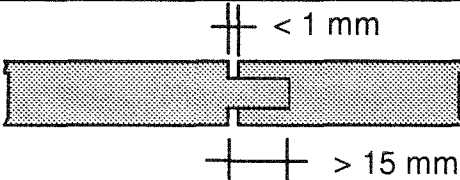
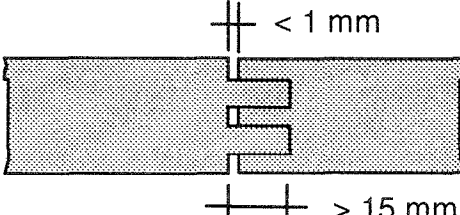
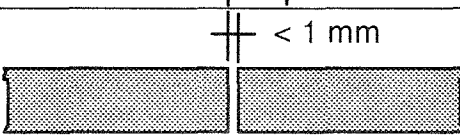
Werkstoff	Stoßausbildung	$\xi =$
Holz, Holzwerkstoffe	 $< 1 \text{ mm}$	0.2
	 $< 1 \text{ mm}$ $> 30 \text{ mm}$	0.3
	 $< 1 \text{ mm}$ $> 30 \text{ mm}$	0.4
	 $< 1 \text{ mm}$ $> 15 \text{ mm}$	0.4
	 $< 1 \text{ mm}$ $> 15 \text{ mm}$	0.6
Gipskarton	 $< 1 \text{ mm}$	0.8

Tabelle 2.1 Faktor zur Berücksichtigung erhöhten Abbrands an Fugen bei Decken

2.3 Mindest-Abmessungen, konstruktive Regeln

2.3.1 Mindest-Abmessungen

Holzrippen, die nicht während der gesamten Einwirkungsdauer durch Beplankungen/Bekleidungen geschützt sind, müssen mindestens 38 mm breit sein.

Die Mindestdicke einzelner Beplankungen aus Holzwerkstoffen muß mindestens 8 mm betragen und ist entsprechend der Spannweite l wie folgt zu vergrößern

$$\min h = \frac{l}{62.5} \geq 8 \text{ mm} \quad (2.6)$$

Desweiteren wird bei einzelnen Beplankungen eine Mindest-Rohdichte von 350 kg/m^3 ² vorausgesetzt.

2.3.2 Plattenstöße

Platten und Bretter sind auf Holzrippen gemäß Bild 2.1 dicht zu stoßen. Für Längsränder, die nicht auf Holzrippen gestoßen sind, sind bei Decken die Versagenszeiten gemäß 2.2.3 abzumindern.

Für Holzwerkstoffe gilt: Der Abstand von Befestigungsmitteln untereinander soll höchstens 150 mm, bei Verwendung von Schrauben 250 mm betragen. Randabstände sollen mindestens $c_f = 10 \text{ mm}$ bei F 30 und 30 mm bei F 60 betragen. Die Eindringtiefe soll $8 d_n$ bei tragenden und $6 d_n$ bei nichttragenden Bekleidungen betragen. Bei mehrlagigen Ausführungen sollen Plattenstöße um 60 mm versetzt sein, wobei die Platten einzeln befestigt werden müssen (vgl. Bild 2.1, DIN 4102 Teil 4 und Anlage 1 hier).

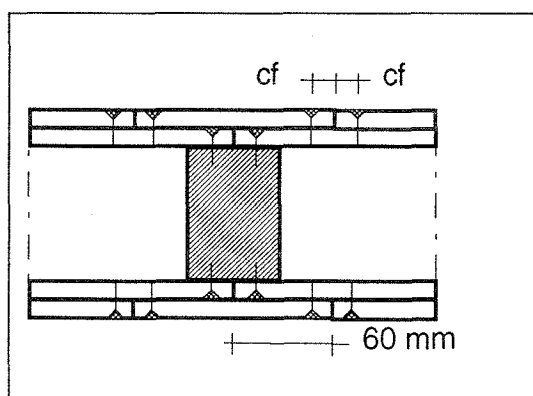


Bild 2.1 Plattenstöße, vgl. auch DIN 4102 Teil 4 und Anlage 1 hier

Für Gipskarton-Platten genügt es, die konstruktiven Regeln für Normaltemperatur einzuhalten.

2.3.3 Anschlüsse

Anschlüsse an angrenzende Decken und Wände sind so auszuführen, daß

- Plattenversagen nicht den Anschluß gefährdet
- ein Brandeintrag in Hohlräume über Anschlußfugen behindert wird
- Plattenversagen bei einem Bauteil nicht zum Brandeintrag in Hohlräume eines angrenzenden Bauteils führt.

² gemäß CEN Rohdichteklassen

Diese Anforderungen sind i.d.R. erfüllt, wenn der Anschluß jeweils über den Holzrahmen der Wände und Decken erfolgt, vgl. Bild 2.2 bzw. DIN 4102 Teil 4, 14.12.6 und Anlage 1 hier.

Ist mit unterschiedlichem Verformungsverhalten angrenzender Bauteile zu rechnen, so beim Anschluß an massive Bauteile, ist eine nicht-brennbare Fugenabdichtung vorzusehen.

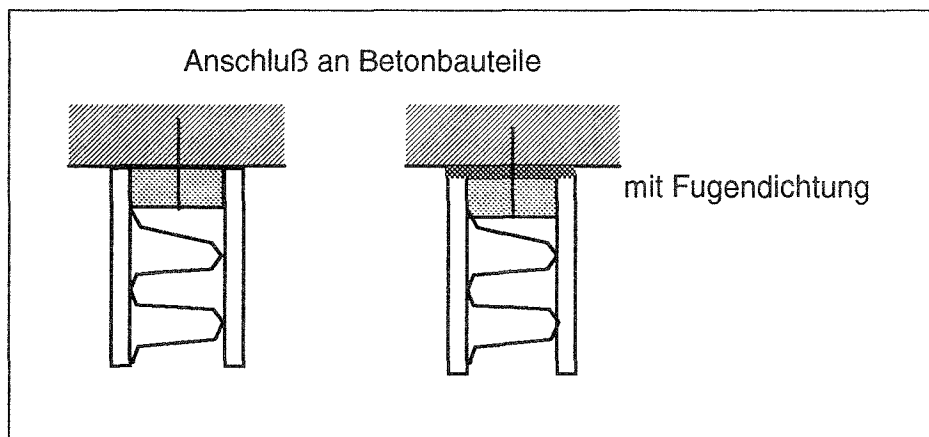


Bild 2.2 Anschlüsse (weitere Beispiele vgl. DIN 4102 Teil 4 bzw. Anlage 1 hier)

2.4 Nachweise

2.4.1 Nachweis der Tragfähigkeit

Bei nicht-raumabschließenden Bauteilen ist 2-seitige Brandbeanspruchung anzusetzen. Bei raumabschließenden Bauteilen ist Brandbeanspruchung jeweils von einer Seite anzusetzen.

Unter Bezug auf die Versagenszeiten nach Abschnitt 2.2.2 werden - ausgehend von der oder den brandbeanspruchten Oberflächen der Wände/Decken - nacheinander die einzelnen Schichten entfernt, bis zur erforderlichen Feuerwiderstandsdauer.

Sind alle Oberflächen zum Zeitpunkt t_F geschützt, entfällt der Nachweis der Tragfähigkeit.

Für Oberflächen, die bis zum Zeitpunkt t_F geschützt sind, braucht kein Abbrand angesetzt werden. Für Oberflächen, die vor t_F ihren Schutz verlieren, beginnt der Abbrand beim Versagen der letzten (angrenzenden) Schicht. Dies gilt auch für Holzrippen, die seitlich durch temperaturbeständige Mineralwolle geschützt sind.

Für tragende Bepankungen kann ein Nachweis entfallen, wenn sie noch 60 % der Dicke aufweisen, die bei der normalen Bemessung erforderlich ist.

Für die Knick- bzw. Kippaussteifung dürfen Beplankungen angerechnet werden, wenn sie noch 60 % der Dicke aufweisen, die bei der normalen Bemessung erforderlich ist. Andernfalls ist der Rahmen ohne Aussteifungen nachzuweisen.

Ein Nachweis der Tragfähigkeit der Holzkonstruktion wäre auch für nicht-tragende (raumabschließende) Bauteile erforderlich, sofern die Holzkonstruktion vor dem Zeitpunkt t_F brandbeansprucht ist. Der Nachweis kann entfallen, wenn die maßgebenden Abmessungen noch 60 % derjenigen Abmessungen betragen, die üblicherweise für nicht-tragende Konstruktionen vorgesehen werden.

2.4.2 Nachweis des Raumabschlusses

Bei raumabschließenden Bauteilen ist Brandbeanspruchung jeweils von einer Seite anzusetzen.

Es ist nachzuweisen, daß bis zum Zeitpunkt t_F die Tragfähigkeit gem. Abschnitt 2.4.1 erhalten bleibt und ferner, daß (vgl. Bild 2.3)

- I. die verbleibenden Schichten noch Versagenszeiten von mindestens 15 Minuten aufweisen
- II. Fugen und Stöße mit einer verbleibenden Versagenszeit von 5 Minuten vor unmittelbarer Brandbeanspruchung geschützt sind.
- III. Für Wände ist - wegen Hausinstallationen - zusätzlich nachzuweisen, daß nach rechnerischem Entfernen von 45 mm Materialdicke, die verbleibende Versagenszeit noch 5 Min. beträgt. Die Fehlfläche ist einmal brandraumseitig und einmal auf der brandabgewandten Seite anzuordnen ist. Bei verformbaren Dämmstoffen müssen Fehlflächen nicht berücksichtigt werden.

Unter Bezug auf die Versagenszeiten nach Abschnitt 2.2.2 werden - ausgehend von der brandbeanspruchten Oberfläche - nacheinander die einzelnen Schichten entfernt, bis zur erforderlichen Feuerwiderstandsdauer.

Dabei ist bei Decken im Bereich von Fugen/Stößen, die nicht geschützt sind, die reduzierte Versagenszeit (erhöhte Durchbrandgeschwindigkeit) nach 2.2.3 anzusetzen. Für versetzte Fugen ist der Nachweis an mehreren Stellen zu führen. Dabei ist bei versetzten Fugen die erhöhte Durchbrandgeschwindigkeit nur jeweils in einer Schicht anzunehmen. Bei Hohlräumen jedoch, die nicht mit temperaturbeständigen Dämmstoffen dicht verfüllt sind, sind jedoch beide an den Hohlraum angrenzenden Schichten mit der erhöhten Abbrandgeschwindigkeit an Fugen anzusetzen

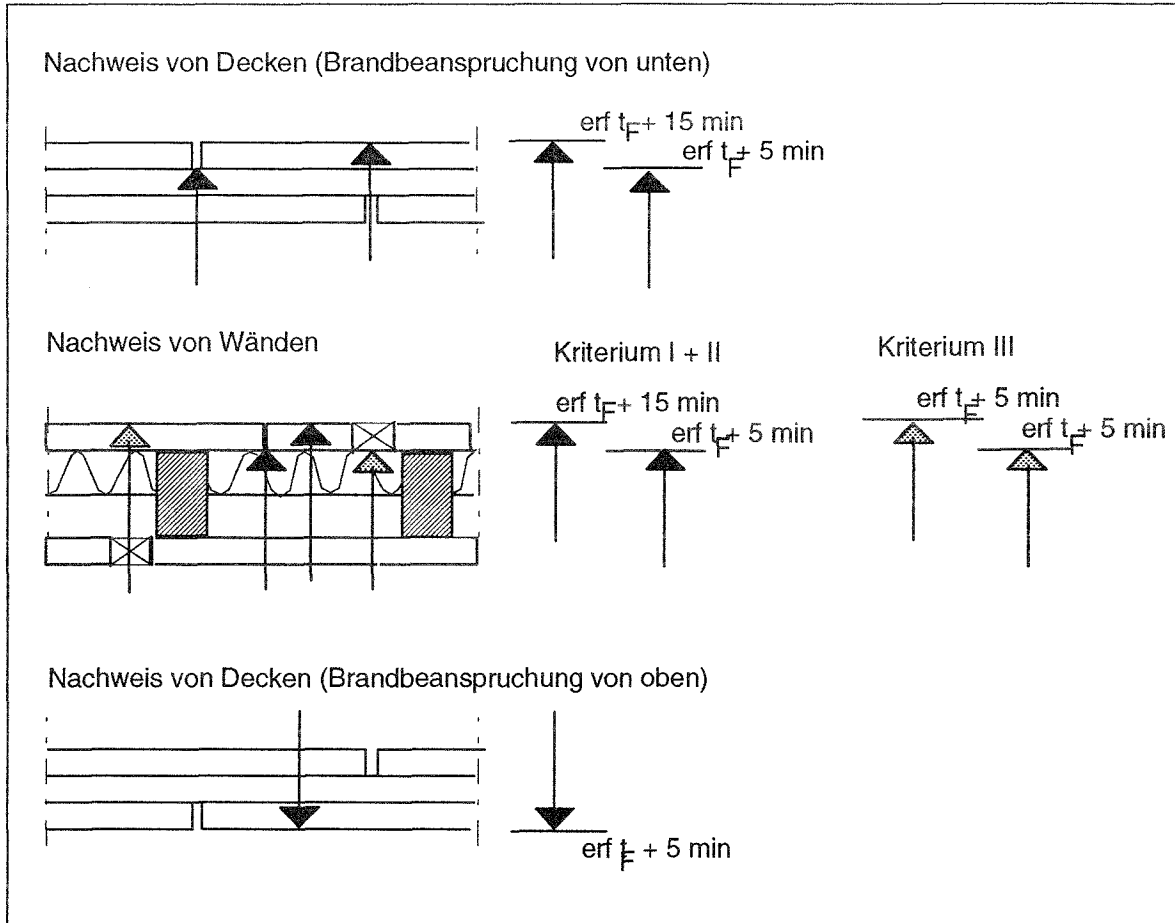


Bild 2.3 Kriterien für Nachweis Raumabschluss

3. Grundlagen und Erläuterung des Vorschlags

3.1 Vorbemerkung

Zunächst wurden die genormten Lösungsbeispiele für Decken und Wände nach DIN 4102 Teil 4 [1] sowie Lösungen des Holz-Brandschutz-Handbuchs [2] hinsichtlich ihrer Systematik untersucht.

Aufbauend auf der in [2] vorgeschlagenen Vorgehensweise war sehr bald klar, daß sich das Verfahren nicht nur auf Wände sondern auch auf Decken in Holztafelbauweise, d.h. Bauteile mit etwa nachfolgend skizzierten Querschnitt anwenden läßt.

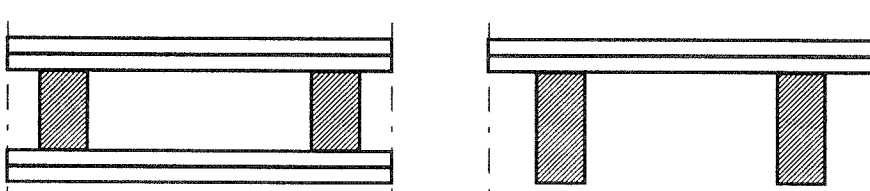


Bild 3.1 Geltungsbereich Wände und Decken (Schemaskizze)

Es war auch klar, daß Ergänzungen des Verfahrens erforderlich sein würden, um insbesondere eine Brandübertragung bei Hausinstallationen und Fugendurchbrand zu behindern und um auch ausreichend robuste Konstruktionen zu erzeugen.

Zusätzlich zu den genormten Lösungsbeispielen wurden die Prüfberichte der MPA Braunschweig gesichtet. In Anlage 3 sind die wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt. Hieraus ist zu erkennen, daß das Versagensverhalten beliebiger Sonderkonstruktionen sich wohl einer allgemeinen Bewertung entzieht.

Daher erfolgte eine Beschränkung der systematischen Untersuchungen auf jene Lösungen, die in [1] und [2] als genormte Beispiele aufgenommen sind - und das sind eben in erster Linie Decken und Wände mit Holzrippen und Beplankungen. Insofern ist auch der Geltungsbereich des Verfahrens auf solche Wände und Decken beschränkt.

3.2 Tragende, nicht-raumabschließende Bauteile

3.2.1 Bewertung von Einzelkomponenten

Für tragende, nicht raumabschließende Wände ist in [2] ein Bewertungsverfahren wie es hier angestrebt wird, schon nahezu realisiert (vgl. [2] S. 66ff).

Die Feuerwiderstandsdauer der Wandkonstruktion ergibt sich aus

- den Versagenszeiten der Beplankungen/Bekleidungen ($t_{f,i}$)
 - und der Feuerwiderstandsdauer der Unterkonstruktion ($t_{f,o}$) nach Versagen der Beplankungen/Bekleidungen
- sodaß

$$t_{f,wand} = t_{f,1} + t_{f,2} + \dots + t_{f,o}$$

3.2.2 Tragwirkung von Beplankungen / Bekleidungen

Beim kalten Nachweis ist üblicherweise zu unterscheiden zwischen Beplankungen,

- die nur der Knickaussteifung der Unterkonstruktion (Holzrippen) dienen und solchen,
- denen gemäß Holztafelbau-Richtlinie [6] auch eine tragende Funktion zugeordnet wird
- und Beplankungen, die auch nicht zur Knickaussteifung herangezogen werden. Dann ist die Beplankung gleichbedeutend mit einer Bekleidung

D.h. Beplankungen können

- ohne statische Funktion
- tragend und knickaussteifend
- nur knickaussteifend

sein. Bei einer aussteifenden Wand, bei der die Beplankung anteilig horizontale Kräfte überträgt, soll die Beplankung hier als tragend gelten.

Sofern die Versagenszeit der Beplankung (ggf. in Verbindung mit einer Bekleidung) kleiner ist als die erforderliche Feuerwiderstandsdauer, spielt eine etwaige statische Funktion der Beplankung für den Nachweis der Unterkonstruktion im Brandfall keine Rolle: Zu irgendeinem Zeitpunkt muß die Unterkonstruktion die Lasten alleine - ohne Beplankung abtragen.

Ist die Versagenszeit der Beplankung (ggf. in Verbindung mit einer Bekleidung) (gleich oder) größer als die erforderliche Feuerwiderstandsdauer entfällt der Nachweis der Unterkonstruktion im Brandfall. Allerdings muß die Beplankung eine Mindest-Steifigkeit aufweisen, damit sie noch knickaussteifend wirkt. Eine tragende Beplankung muß eine Mindest-Festigkeit aufweisen, damit sie noch lastabtragend wirkt.

3.2.3 Versagenszeiten von Beplankungen/Bekleidungen

Für die Anwendung ist es am einfachsten, wenn Versagenszeiten so definiert sind, daß sie einfach wie in 3.2.1 zitiert, addiert werden können. Für die einfache Anwendung sollten sie ferner unabhängig von den speziellen Einbaubedingungen sein.

a) *Beplankungen ohne statische Funktion - "Thermische" Versagenszeit*

Für Beplankungen ohne statische Funktion (= Bekleidung) ist die Versagenszeit nur abhängig vom Material und der Materialdicke. Vorausgesetzt werden dabei entsprechende Konstruktionsregeln, die ein vorzeitiges Ablösen der Beplankung/ Bekleidung und einen Durchbrand an Fugen verhindern.

Für eine Addition von Versagenszeiten muß die Versagenszeit der Beplankung so festgelegt sein, daß die Unterkonstruktion vor dem Versagenszeitpunkt der Beplankung nicht beeinträchtigt wird. D.h. bis zu diesem Zeitpunkt darf keine nennenswerte Temperaturerhöhung im Randbereich der Holzrippen auftreten, so daß die Abbrandrate durch Vorwärmung nicht beschleunigt wird.

Entsprechend [2] wurde auch hier für Holz und Holzwerkstoffe als Beplankung die Versagenszeit der Durchbrandzeit gleichgesetzt. Gemäß Bild E 52 in [2] wird dort implizit eine - mit der Branddauer geringfügig - abnehmende Abbrandrate angesetzt. Etwa die gleiche Durchbrandzeit erhält man, wenn man mit einer mittleren Abbrandrate von 0.7 mm/min rechnet und 4...5 mm Restdicke der letzten Schicht fordert.

Da der Bezug auf Abbrandraten besser ins Konzept von [3] paßt, wurde daher im Rahmen von [3] die Versagenszeit über die Abbrandrate bestimmt, mit vorgenannter Restdicke $dh = 4$ mm, die bei mehrschichtigem Aufbau nur einmal anzusetzen ist:

$$t_f = \frac{h - dh}{\beta_0} \quad [\text{min}]$$

wobei h Schichtdicke in mm
 β_0 Abbrandrate in mm/min
 dh erforderliche Restdicke

Die Restdicke ist konzeptionell auch aus folgenden Gründen gerechtfertigt bzw. erforderlich: Beim Durchbrand einer Bekleidung erfolgt eine Vorwärmung der darunterliegenden Bauteile, mit entsprechend schnellerem nachfolgendem Abbrand. Dies gilt auch für direkt bekleidete Stützen und Träger nach Bild 2a. Bei Beplankungen nach Bild 2b ist über Fugen und lokale Schwachstellen mit einem Brandeintrag in den Hohlraum - vor vollflächigem Durchbrand - zu rechnen. Mit Ansatz einer Restdicke können diese Erscheinungen als abgedeckt gelten.

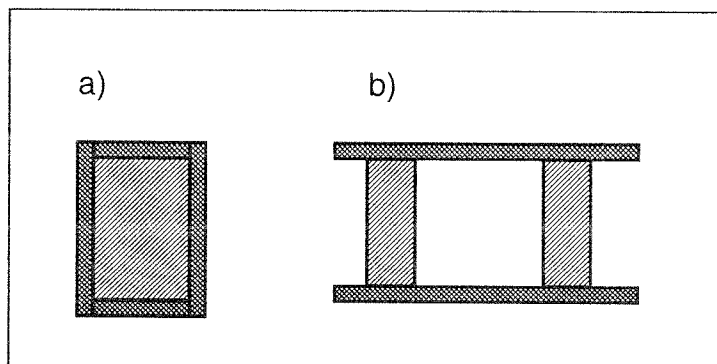


Bild 3.2 Erläuterung zu Bekleidungen/Beplankungen

Für Gipskarton wird in [2] folgendes Versagenskriterium genannt: Rückseiten-Temperatur 500°C . Dieses Kriterium ist wohl auf die Versuchserfahrung bei Bekleidungen für Stahlbauten zurückzuführen. Im Hinblick auf ein einheitliches Kriterium für Versagenszeiten für beliebige Beplankungs/Bekleidungsmaterialien müßte entweder

- eine einheitliche Rückseiten-Temperatur
- oder der Verkohlungsbeginn einer anliegenden Holzrippe

als Kriterium festgelegt werden, auch wenn hinsichtlich der praktischen Auswirkung der Unterschied wohl gering sein wird.

Gesonderte Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit des Materials sind nicht erforderlich: Bei einem Material, das nicht temperaturbeständig ist, wird das Temperatur- oder Verkohlungs-Kriterium entsprechend frühzeitig erreicht. Davon unabhängig wäre ggf. eine Begrenzung des Schwindmaßes erforderlich, um einen Durchbrand an Fugen zu begrenzen, oder aber Fugenfaktoren ξ wären ebenfalls experimentell zu bestimmen.

Da es im Rahmen der verfügbaren Zeit nicht möglich war ein Prüfverfahren zu entwickeln und mit diesem Verfahren die entsprechenden Materialdaten zu bestimmen, wurden im Grundsatz die Versagenszeiten von [2] übernommen. Dabei wurde jedoch die in [4] gewählte formelmäßige Darstellung mit der Unterscheidung zwischen GKF und GKB gewählt, wobei die Darstellung letztenendes auf [2] und somit auf das dort verwendete 500°C - Kriterium zurückgeht.

b) Beplankungen mit tragender Funktion - "Mechanische" Versagenszeit

Hier geht es nur um Beplankungen aus Holz oder Holzwerkstoffen. Im Extremfall ist die Beplankung das Haupttragelement und die Holzrippen dienen nur zur Aussteifung. Dann ist klar, daß vorgenannte Versagenskriterien nicht genügen: Die Versagenszeit wird durch die Tragfähigkeit der Beplankung bestimmt ("mechanische" Versagenszeit).

Je geringer der Auslastungsgrad der Beplankung, desto geringer der Unterschied zwischen "mechanischer" und "thermischer" Versagenszeit. Bei anteilig tragenden Beplankungen führt ein mechanisches Versagen der Beplankung zwar zur Umlagerung der Lasten, aber nicht zwangsläufig zu einer vollflächigen Brandbeanspruchung der Unterkonstruktion. D.h. die Brandbeanspruchung der Unterkonstruktion beginnt irgendwann zwischen dem mechanischen und thermischen Versagen der Beplankung.

Im Prinzip gibt es folgende Möglichkeiten:

- Die Beplankung wird tatsächlich rechnerisch nachwiesen, oder
- ein Nachweis kann entfallen, wenn die Beplankung bestimmte Restdicken aufweist.

Um den rechnerischen Aufwand bei der Bewertung zu begrenzen, wurde der zweite Weg gewählt: Mit Bezug auf die Regelung in [3], daß im Brandfall [60]% des Bemessungswertes der Beanspruchung der normalen Bemessung anzusetzen sind

$$E_{d,f} = [0.6] E_d$$

wird vorgeschlagen, daß Beplankungen nicht gesondert nachzuweisen sind, wenn sie nach Brandbeanspruchung 60 % der - aufgrund der normalen Bemessung - erforderlichen Dicke aufweisen.

c) Knick-aussteifende Beplankungen

Bei knick-aussteifenden Beplankungen kann man davon ausgehen, daß aufgrund Art und Größe der Abtriebslasten die Belastung der Beplankung weit geringer ist als im Fall b). Dennoch müssen die Beplankungen eine Mindest-StEIFigkeit aufweisen.

Daher wurde analog zum Fall b) die Regelung aufgenommen, daß bei Beplankungen aus Holz oder Holzwerkstoffen nach Brandbeanspruchung 60 % der Steifigkeit vorhanden sein muß, die bei normaler Bemessung erforderlich wäre.

Wird diese Bedingung nicht erfüllt, ist der Holzrahmen als "nicht-aussteift" zu betrachten und (mit verringerten Sicherheitsbeiwerten) nachzuweisen. Davon unabhängig ist die noch mögliche Schutzwirkung der Beplankung als reine Bekleidung.

3.2.4 Plattenstöße und Randanschlüsse

Da diese Aspekte bei den raumabschließenden Bauteilen von größerer Bedeutung sind als bei den tragenden Bauteilen, wird auf die Ausführungen in Abschnitt 3.3 verwiesen.

Es ist auch im Rahmen des Bewertungsverfahrens hinsichtlich der konstruktiven Regeln kein Unterschied zwischen nur tragenden und

raumabschließenden Bauteilen gemacht worden. Diese globale Behandlung erfolgte insbesondere deswegen, da unterschiedliche konstruktive Regeln für die Ausführung auf der Baustelle nicht für praktikabel gehalten werden: Die Montagetruppe wäre mit einer solchen Unterscheidung überfordert. Theoretisch wäre aber eine Unterscheidung möglich, die der Fachmann bei der Abnahme bzw. Mängelverfolgung im Hinterkopf haben mag.

3.3 Raumabschließende Bauteile

3.3.1 Vergleich mit nicht-raumabschließenden Bauteilen

Hinsichtlich der Tragfähigkeit gelten die Überlegungen von Abschnitt 3.2, wobei hier nur jeweils einseitige Brandbeanspruchung untersucht werden muß.

Im Gegensatz zu den nicht-raumabschließenden Wänden, bei denen Versagen der Beplankungen/Bekleidungen bei entsprechender Tragfähigkeit der Holzrippen-Unterkonstruktion zulässig ist, gilt bei den raumabschließenden Bauteilen folgendes:

- Die dem Brand zugewandten Beplankungen dürfen versagen.
- Zwischen den Rippen angeordnetes Dämm-Material darf ebenfalls "versagen"
- Unzulässig ist aber ein "Versagen" der Beplankung der dem Brand abgewandten Seite

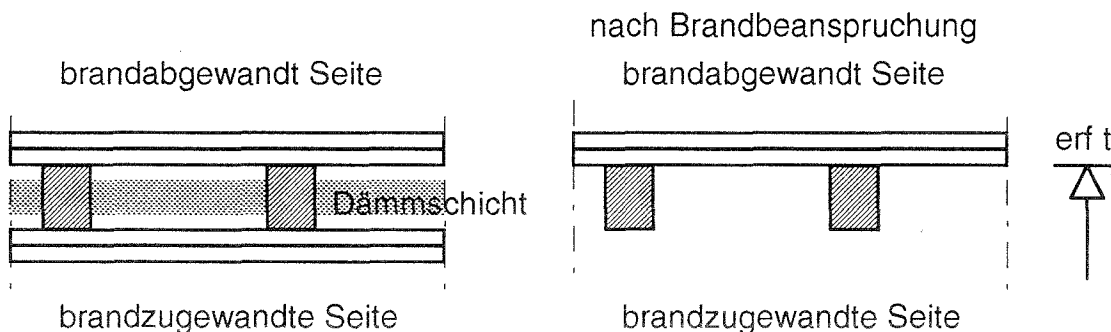


Bild 3.3 Erforderlicher Restquerschnitt nach Brandbeanspruchung ($erf t_F$)

Hinsichtlich des 3. Punktes muß man präzisieren: Damit die Befestigung der Beplankungen auf der abgewandten Seite gewährleistet ist und Fugen gesichert sind, muß die innerste Beplankung und der Riegel im Bereich der Beplankung weitgehend unversehrt bleiben.

Das bedeutet: Die Versagenszeit der Wand ergibt sich zunächst aus der Summe der Versagenszeiten der - dem Brand zugewandten - Beplankungen plus der "Versagenszeit" eines etwaigen Dämm-Materials.

Wird kein Dämm-Material angeordnet oder bleibt es bei der Bewertung unberücksichtigt, muß die Feuerwiderstandsdauer der Wand im wesentlichen

über die Versagenszeiten der brandraumseitigen Beplankungen erbracht werden. Dann ist ein Tragfähigkeitsnachweis der (tragenden) Unterkonstruktion - die dann bis erf t_F noch geschützt ist - nicht erforderlich.

Wird das Dämm-Material hingegen in Rechnung gestellt, ist die Unterkonstruktion nachzuweisen. Bei nicht-brennbarem (temperaturbeständigem) Dämm-Material, z.B. Mineralwolle gemäß [1], braucht ein Abbrand der geschützten Holzrippenoberflächen nicht berücksichtigt werden.

Bei nichttragenden Bauteilen wäre normalerweise ein Nachweis der Unterkonstruktion nicht erforderlich. Allerdings muß eine Unterkonstruktion, die vor erf t_F brandbeansprucht wird, zumindest insoweit noch intakt sein, daß sie die dem Brand abewandten Beplankungen sicher in Position hält. Ingenieurmäßig wurde mit Bezug auf die tragenden Bauteile daher festgelegt, daß die Unterkonstruktion noch 60 % derjenigen Abmessungen aufweisen muß, die beim Konstruieren für Normaltemperatur erforderlich sind. In Verbindung mit den Mindestabmessungen von 38 mm für Bauteile der Unterkonstruktion sind dies nurmehr 23 mm, wobei dieser Fall aufgrund der anderen Kriterien wohl selten vorkommen wird.

3.3.2 Versagenszeiten von Beplankungen

Da die brandzugewandten Beplankungen - wie die Bekleidungen nach Abschnitt 3.2 - in erster Linie einen Brandeintrag in den Hohlraum bzw. Abbrand innerhalb des Hohlraums verzögern sollen, gelten zunächst die Ausführungen von Abschnitt 3.2 hinsichtlich der "thermischen" Versagenszeiten.

Zumindest bei Decken kann jedoch das Fugenproblem, d.h. ein erhöhter Abbrand oder Durchbrand an nicht perfekt gestoßenen Platten (bei Plattenrändern, die nicht auf den Riegeln gestoßen und dort befestigt sind) nicht außer Acht gelassen werden.

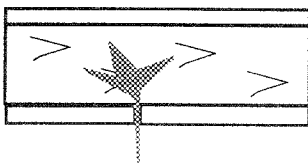


Bild 3.4 Veranschaulichung des Problems "Fugendurchbrand"

Hierfür wurde zunächst nur eine globale Halbierung der Versagenszeit vorgesehen. Mit Bezug auf [4] erfolgte dann eine genauere Unterscheidung, je nach Ausführung der Fuge, mittels des sog. Fugenfaktors ξ . Vielleicht können längerfristig Konstruktionsregeln angegeben werden, so daß global nur eine Abminderung auf 80 % genügt.

Strenggenommen könnte eine Abminderung bei Fugen auf der druckbeanspruchten Oberseite von Decken entfallen oder zumindest geringer angesetzt werden. Auf eine weitere Differenzierung wurde der einfacheren Anwendung zuliebe verzichtet. Bei Brandbeanspruchung von oben müssen Fugen aber nicht berücksichtigt werden.

Bei Wänden würde ein zu berücksichtigender erhöhter Abbrand an Fugen zu einer wesentlichen Verschärfung gegenüber den jetzigen genormten Lösungen führen. Daher wurde auf eine Abminderung bei den Wänden verzichtet. Dies erscheint wegen der Art der Brandbeanspruchung (seitlich statt von unten) und der Art der mechanischen Beanspruchung auch vertretbar.

Eigentlich wäre auch bei nicht-raumabschließenden Decken ein erhöhter Abbrand/Durchbrand an Fugen zu berücksichtigen. Im Rahmen der Arbeiten zu [3] wurde jedoch die in Abschnitt 3.2 erwähnte Restdicke dh bei nicht-raumabschließenden Bauteilen generell für ausreichend erachtet. Diese Betrachtungsweise erlaubt jedoch folgenden Umkehrschluß: Werden Fugen gesondert berücksichtigt, kann der Ansatz der Restdicke dh entfallen. Die praktische Bedeutung ist aber gering, so daß dieser Aspekt nicht gesondert hervorgehoben werden muß.

3.3.3 Versagenszeiten von Dämmschichten

Dämmschichten können nur angerechnet werden, wenn sie so befestigt sind, daß sie gegen Herausfallen gesichert sind.

Solange noch kein Prüfverfahren zur Bestimmung von Versagenszeiten vorliegt, kann man nur analog zu Holzwerkstoffen und Gipskarton folgende Versagenskriterien betrachten; bei

- brennbaren Werkstoffen gilt der Zeitpunkt des Durchbrands
- nicht-brennbaren Werkstoffen ein Temperaturkriterium

Im Rahmen eines festzulegenden Prüfverfahrens könnte bei Dämmstoffen auf Mindest-Festigkeiten verzichtet werden.

Die Festlegungen in [3] sind nicht ganz zufriedenstellend:

Mineralwolle wird relativ schlecht bewertet; hier konnten die aufgrund von Vergleichsrechnungen ermittelten Versagenszeiten nicht durchgesetzt werden, da mangels weiterer Informationen auf holländische Versuche Bezug genommen werden mußte.

Für Holzwolle-Leichtbau-Platten ergibt die Abbrandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Rohdichte ebenfalls eine weit schlechtere Bewertung als über Vergleichsrechnungen festgestellt.

Die Bewertung anderer brennbarer Dämmstoffe blieb hingegen, wohl zu Recht, mehr oder minder ungeregt.

3.3.4 Versagenskriterien E und I für die Konstruktion

Versagenskriterien bei Normprüfungen sind bekanntlich

- Temperaturerhöhung auf der brandabgewandten Seite $\Delta T \leq 140 \text{ K}$
- Temperaturerhöhung an keiner Stelle mehr als 180 K und kein Durchtritt von Feuer und Rauch (einschl. Wattebauschtest)

Dabei wurde bei obiger Auflistung bewußt die Unterscheidung nach E und I fallengelassen zugunsten einer Unterscheidung nach

- flächiger Temperaturerhöhung
- lokalen Schwachstellen

Temperaturerhöhungen können grundsätzlich mittels instationärer Wärmedurchgangsberechnungen nachgewiesen werden. Dies bedingt Kenntnis der (temperaturabhängigen) Wärmeleitfähigkeit und ggf. Wärmekapazität u.B. des Abbrands bei B-Werkstoffen.

Für die Herstellung von Bemessungshilfen mag dieses Verfahren noch anwendbar sein, nicht aber für einen praktischen Einzelkomponenten-Nachweis. Ferner zeigt die Versuchspraxis, daß eine flächenhafte Überschreitung von Oberflächentemperaturen selten für die Klassifizierung bestimmend ist.

Geht man bei Holzwerkstoffen davon aus, daß im Prinzip die gleichen Temperaturprofile in Restquerschnitten auftreten wie bei Holzquerschnitten, die als Grundlage für [3] wie folgt angesetzt wurden:

$$\begin{aligned} \Theta(x-5) &= 20 + 180 (1-x/x_0)^2 && \text{für } x \leq x_0 \\ &= 20 && \text{für } x > x_0 \end{aligned} \quad \text{mit } x_0 = 25 \text{ mm}$$

stellt man fest, daß grob 10 mm unter der Verkohlungsfront, d.h. bei $(x = 5 \text{ mm})$ die Temperatur bei etwa 140°C liegt.

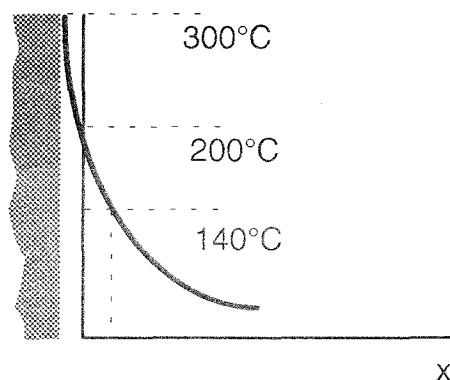


Bild 3.5 Temperaturprofil das in [3] unterstellt wird

Somit wäre bei einer "Restzeit" von nur 10 Minuten (das sind ca. 10 mm bei Holzwerkstoffen) das flächige Temperaturkriterium gerade erreicht - wobei

dieser kleine Wert durch vorgenannte Versuchserfahrung bestätigt wird. Mit einem Sicherheitszuschlag von weiteren 5 Minuten wurde somit das Kriterium I abgeleitet: Die verbleibenden Schichten sollen noch eine verbleibende Versagenszeit von 15 Minuten haben, oder gleichbedeutend, die Summe der Versagenszeiten soll sein (vgl. Bild 3.6):

Kriterium I: $\sum t_{f,i} \geq \text{erf } t_F + 15 \text{ min.}$

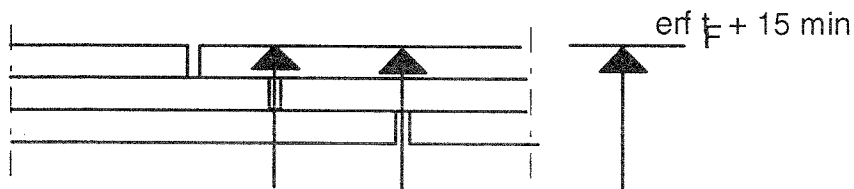


Bild 3.6 EI-Kriterium I

Für das lokale Kriterium sind zunächst die Plattenstöße in der äußersten brandabgewandten Beplankung zu betrachten. Sofern der Abbrand nicht unmittelbar an einer solchen Fuge ansteht, ist Durchtritt von Feuer an dieser Stelle nicht zu erwarten. Sofern die vorletzte Schicht noch eine Restdicke aufweist, wird auch bei klaffender Fuge das Temperaturkriterium eingehalten sein. Somit lautet das 2. Kriterium, daß Fugen in der äußersten Beplankung nicht unmittelbar dem Abbrand ausgesetzt sein dürfen und zwar mit einer verbleibenden Zeit von 5 Minuten.

Kriterium II: $\sum t_{f,i} \geq \text{erf } t_F + 5 \text{ min.}$ ($i = 1 \dots (n-1)$)

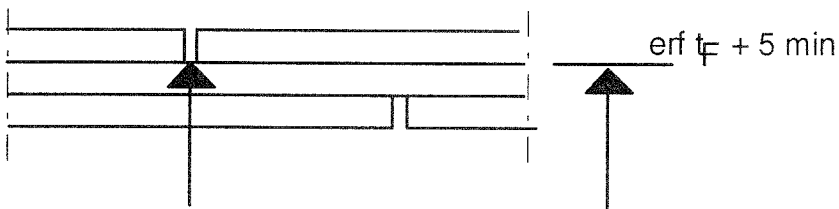


Bild 3.7 EI-Kriterium II

Gemäß [1] und [2] wird bei raumabschließenden Wänden grundsätzlich die Anordnung von Dämmschichten vorgeschrieben. Dies ist zunächst nicht ganz einsichtig, da bei entsprechender Dämmfähigkeit und Dicke der Beplankung auch Raumabschlußkriterien eingehalten werden könnten (bei entsprechender Fugen- und Randabschluß-Ausführung).

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß Wände im allgemeinen mit Installationen versehen werden; insofern dient die "notwendige" Dämmschicht als Schutz gegen Durchbrand in Bereich von Installationen.

In Verbindung mit Kriterium II ist muß eine Dämmschicht nicht zwingend angeordnet werden, wenn die Wirkung einer Aussparung für Installationen gesondert nachgewiesen wird. Hieraus ergab sich Kriterium III, das besagt,

daß bei raumabschließenden Wänden jeweils auf jeder Seite eine Schichtdicke von 45 mm rechnerisch zu entfernen ist; für diesen reduzierten Querschnitt muß dann noch eine verbleibende Zeit von 5 Minuten gegeben sein

Nachweis von Wänden

Kriterium III

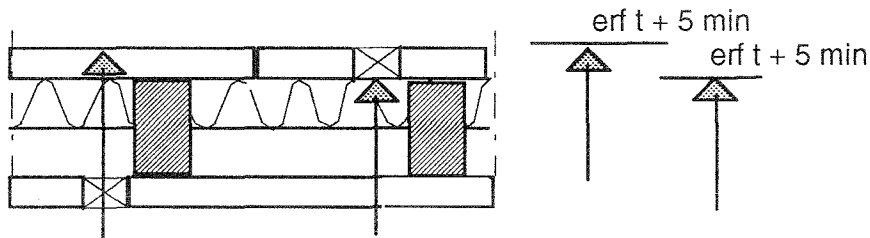


Bild 3.8 EI-Kriterium III

Mit Bezug auf Abschnitt 3.3.1 gilt aber in jedem Fall, daß die innere Beplankung auf der brandabgewandte Seite nicht soweit dezimiert werden darf, daß die Lagesicherung der Beplankung gefährdet ist. In den meisten praktischen Fällen ist dies durch die beiden Kriterien I und II abgedeckt.

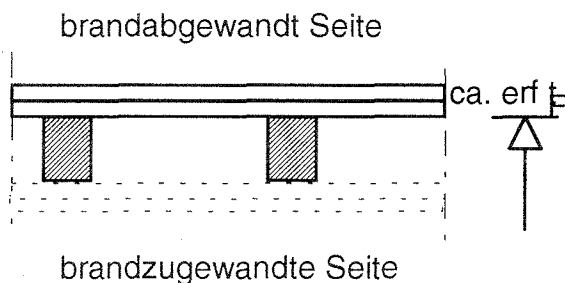


Bild 3.9 Lagesicherung der äußeren Beplankung darf nicht gefährdet sein

3.3.5 Konstruktionsregeln

Es wurden Konstruktionsregeln für

- die Befestigung von Beplankungen
- die Ausführung von Beplankungen (Mindestanforderungen)
- die Ausführung von Anschlüssen

erarbeitet.

Die Konstruktionsregeln für die Befestigung von Beplankungen wurden durch Untersuchung gängiger Wand- und Deckensysteme ermittelt und u. B. der Regeln für die brandschutztechnische Bemessung von Verbindungsmitteln. Eine generelle Beschränkung der Befestigungsarten auch bei nicht-genormten Systemen wäre im Hinblick auf die baupraktische Ausführung und Abnahmen wünschenswert.

Ebenso wurden die Mindestanforderungen an die Rohdichte von Beplankungen und Plattenstärke (bzw. Spannweite) durch Sichtung gängiger Systeme bestimmt. Im Hinblick auf robuste Systeme wäre es wünschenswert,

grundsätzlich, d.h. auch bei nicht-genormten Systemen, 2-lagige Beplankungen dann zu verlangen, wenn keine Dämmschicht vorgesehen wird. Im Rahmen von [3] konnte dies nicht durchgesetzt werden.

Hinsichtlich der Anschlüsse wurden die Regelungen in DIN 4102 Teil 4 für Holztafel-Elemente vollständig übernommen. Die wesentliche Anforderung, die sich aus den Lösungsbeispielen der Norm herausarbeiten ließ, lautet: Der Anschluß muß jeweils über die Holzrahmen erfolgen und zwar kontinuierlich über die ganze Anschluß-Linie. Bei Beachtung dieses Grundsatzes ergeben sich automatisch die aus DIN 4102 Teil 4 in [3] übernommenen Lösungsbeispiele (vgl. Anlage 1).

3.4 Folgerungen

Eine Bewertung tragender und aussteifender Wände und Decken in Holztafelbauart ist möglich.

Hinsichtlich der Beplankungen erfolgt eine Beschränkung auf Holz/Holzwerkstoffe und Gipskarton. Längerfristig ist ein Prüfverfahren mit einheitlichen Kriterien zur Bestimmung der Versagenszeiten für beliebige Werkstoffe erforderlich. In Anbetracht beliebiger Produkt-Entwicklungen sind ggf. auch "Mindest-Festigkeitsprüfungen" angebracht.

Grundsätzlich wären hinsichtlich Tragfähigkeit Konstruktionen bis F90-B (R 90) möglich. Zunächst sollte aber mehr Erfahrung mit dem Bewertungsverfahren gesammelt werden bis eine solche Extrapolation - ggf. mit experimenteller Absicherung - vorgenommen wird.

Die derzeitigen Festlegungen, insbesondere für raumabschließende Decken, wurden auf der sicheren Seite liegend gewählt. Die probeweise Anwendung im Rahmen von [3] wird zeigen, ob ggf. etwas günstigere Annahmen, z.B. hinsichtlich der Bewertung von Fugen und Dämmschichten möglich sein werden.

Der derzeitige Geltungsbereich wurde auch hinsichtlich Raumabschluß bis einschließlich EI 60 festgelegt. Dies ist zu vertreten. Im Gegensatz zu den nur tragenden Bauteilen wird eine Extrapolation auf EI 90 nicht - oder zumindest nicht ohne systematische Versuche zur Überprüfung - für gerechtfertigt erachtet.

4. Verweise

- /1/ DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Teil 4
- /2/ Kordina, K., Meyer-Ottens, C., Holz-Brandschutz-Handbuch, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung

-
- /3/ ENV 1995 Eurocode 5, Design of timber structures, Part 1.2
Supplementary rules for fire design, 1993
 - /4/ NEN 6073 Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van
bouwdelen Houtconstructies
 - /5/ DTU P 92-703 Règles bois feu 88, Methode de justification par le calcul
de las resistance au feu des structures en bois

ÖNORM B 3800 Teil 4, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen,
Einreihung in die Brandwiderstandsklassen
 - /6/ Richtlinie fü die Bemessung und Ausführung von Holzhäusern in
Tafelbauart (2/1979)

Annex C (Normative)

Walls and floors

C.1 Scope

(1) The assessment rules in this annex apply to load-carrying (R), separating (EI), load-carrying and separating (REI) constructions. For the separating function the rules apply up to 60 minutes of standard fire resistance.

(2) Panels dealt with herein may

- perform as fire protection claddings of load-carrying constructions, see 3.2, or
- be part of the load-carrying construction, including panels used for diaphragm action and bracing and/or
- be used as sheet linings to provide for the separating function.

Note: The rules given in this annex are partially considerably conservative. Design by testing will give more economic results.

C.2 Design procedure

C.2.1 General

(1) Detailing should be in accordance with C.4.

(2) Failure times of panels should be determined in accordance with C.3.

C.2.2 Load-carrying constructions

(1) The load-carrying capacity should be verified according to chapter 4.

(2) Load-carrying panels need not be analysed, if their residual thickness is at least 60 % of the thickness required for normal temperature design.

(3) Where panels are used for stiffening or bracing the load-carrying timber frame, they should have a residual thickness of at least 60 % of the thickness required for normal temperature design; else the frame has to be analysed as an unbraced frame, cf. 4.4.5.

C.2.3 Separating constructions

(1) For non load-carrying constructions where the timber frame is exposed to fire prior to the required fire resistance it should be verified, that the residual cross sectional areas of the timber frame members are at least 60 % of the sections required for normal temperature detailing.

(2) It should also be ensured, that panels remain fixed to the timber frame on the unexposed side. This requirement is fulfilled when criterion II of paragraph (3) is observed.

(3) For separating constructions in general, it should be verified, that (see figure C.1)

I The increase of temperature on the unexposed side is limited to 140 K.

This criterion is satisfied if the residual layers have a remaining failure time of [15] minutes beyond the required fire resistance time, see figures C.1 and C.2.

II The maximum temperature rise at any point is limited to 180 K, and that no fire penetration

through panel joints occurs

This criterion is satisfied if the panel joints in the outer layer of the non-exposed side are not directly exposed to fire, with a safety margin of [5] minutes, see figures C.1 and C.2.

III To account for building services in walls it should be verified that - after removing 45 mm of the layers on one side at a time - the reduced construction has a residual failure time of [5] minutes beyond the required fire resistance time. See figure C.3. Layers of compressible insulation need not be removed. See C.4 for detailing.

(4) An increased charring at panel joints should be considered for floors exposed to fire from below.

(5) Where the separating functions shall be verified for floors also exposed to fire from above, it is sufficient to verify only criterion I of paragraph (3) with a residual failure time of [5] minutes. For fire exposure from above, the failure time may be increased by 20 %.

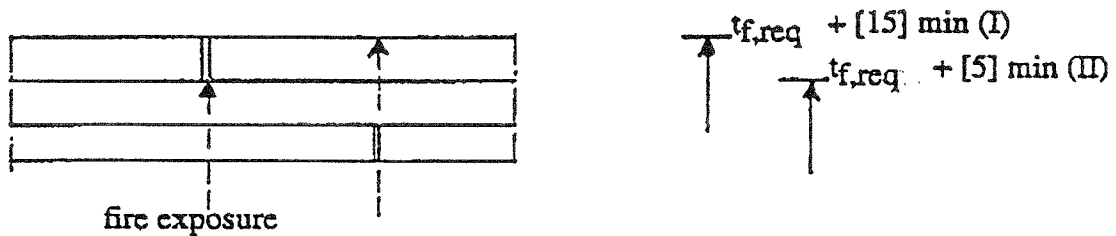


Figure C.1: Illustration of separating criteria for floors exposed to fire from below (Criteria I and II)

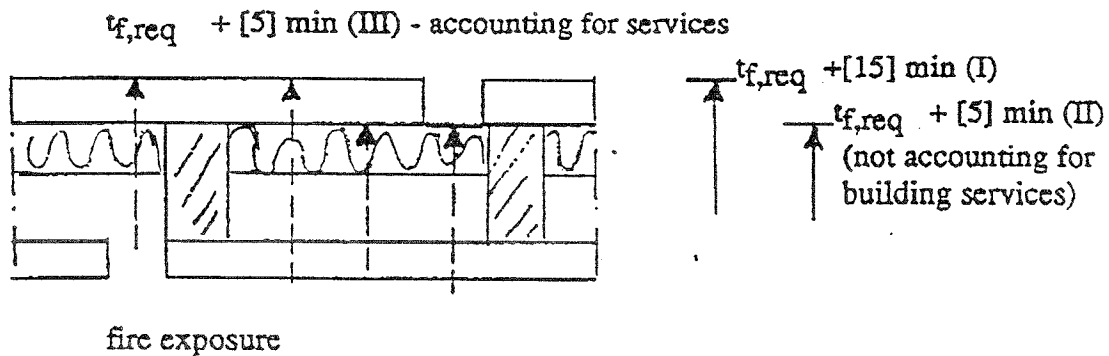


Figure C.2: Illustration of separating criteria for walls including building services (Criteria I-III)

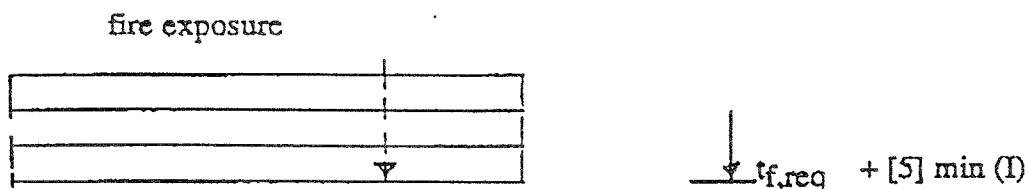


Figure C.3: Illustration of separating criteria for floors exposed to fire from above (Criterion I)

C.3 Failure times

C.3.1 Wood and wood-based panels

- (1) Failure times t_{pr} of wood and wood-based panels should be assumed according to equation (3.7).
- (2) For load-carrying panels the failure time t_{pr} is limited by the fire resistance time calculated according to chapter (4.1), or alternatively by C.2.2 (2).
- (3) For floors exposed to fire from below failure times in the vicinity of panel joints should be taken as

$$t_{pr} = \xi \frac{h_p}{\beta_0} \quad (C.1)$$

where ξ is a reduction coefficient accounting for increased charring at joints. For floors ξ should be adopted according to figure C.4.

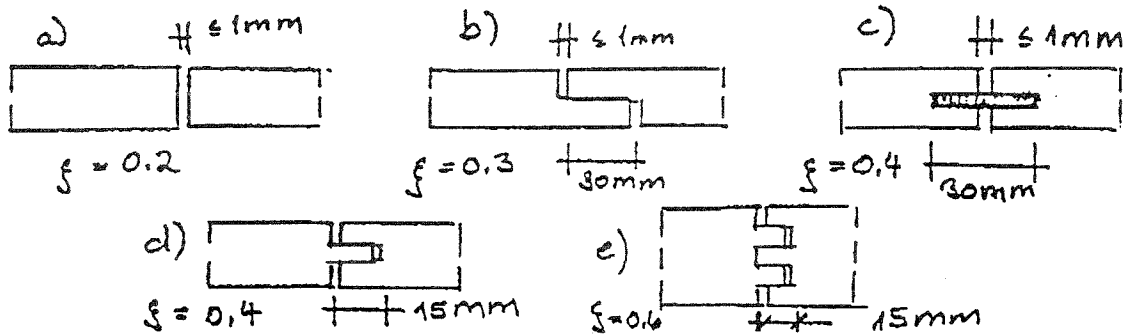


Figure C.4: Reduction coefficient for failure time at joints for floors exposed to fire from below

(5) The failure time of insulating layers or boards, ^{which} are comparable to wood-based panels concerning their combustion behaviour, may be assumed in accordance with 3.1 (3).

(6) Insulating layers or boards which are considered in the calculation should be fixed to the timber frame such that premature failure is prevented. See figure C.5.

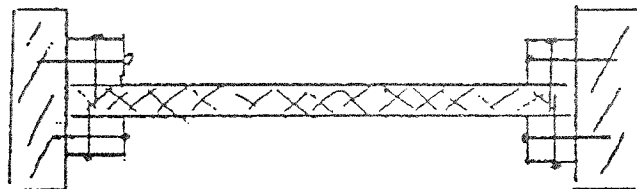


Figure C.5: Example of the fixing of insulating boards

C.3.2 Non-combustible panels and insulating layers

(1) The failure time of non-combustible linings and panels is the time until temperatures increase by more than 500 K on the unexposed side.

(2) The failure time of gypsum plasterboard (wallboard) with improved core cohesion at high temperature according to prEN 520 may be assumed as

$$t_{pr} = 1,9 \xi t_p \quad \text{for } t_p \leq 15 \text{ mm} \quad (\text{C.2})$$

$$t_{pr} = \xi (2,5 t_p - 9) \quad \text{for } t_p > 15 \text{ mm} \quad (\text{C.3})$$

where t_p is the thickness of the gypsum plasterboard including paper facings in millimetres.

In equations (C.2 and C.3) ξ should be taken as

$$\xi = 0,8$$

for joints in floors exposed to fire from below, where the panel joints are not fixed to the timber frame or battens, and for multiple layer joints only for the outer (fire exposed) layer joints, and

$$\xi = 1,0$$

in all other cases.

(3) For gypsum plasterboard (wallboard) according to prEN 520 failure times may be assumed as

$$t_{pr} = 1,7 \xi t_p \quad (\text{C.4})$$

where h_p and ξ are as defined in (2).

(4) For non-combustible insulating materials with a thickness of more than 20 mm and a density of more than 30 kg/m³ which remain coherent up to 1000 °C failure times may be taken as

$$t_{pr} = 0,07 (t_{ins} - 20) \sqrt{\rho_{ins}} \quad [\text{min.}] \quad (\text{C.5})$$

where

t_{ins} is the thickness of insulation material in millimetres
 ρ_{ins} is the density of the insulating material in kg/m³

Insulating layers or boards which are considered in the calculation should be fixed to the timber frame such that premature failure is prevented. See figure C.6

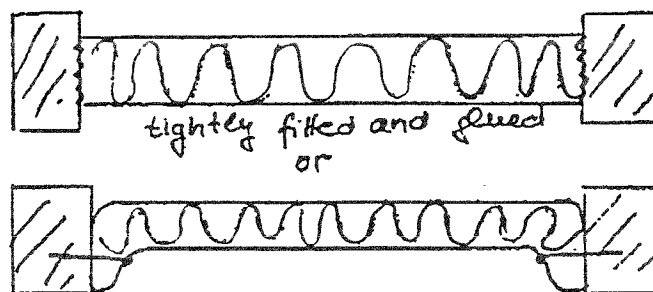


Figure C.6: Examples of fixing of insulating materials

C.4 Minimum dimensions and detailing

C.4.1 Minimum dimensions

- (1) Timber frame members which are not protected by claddings throughout the required fire resistance time should have minimum dimensions of 38 mm.
- (2) For walls individual panels and sheets should have a minimum thickness $t_{p,min}$ related to the span l_p of the panel (i.e. the spacing of wall studs or battens) given by

$$t_{p,min} = \frac{l_p}{62,5} \quad [mm] \quad (C.6)$$

$$t_{p,min} \geq 8 \text{ mm} \quad (C.7)$$

where l_p is in millimetres.

- (3) Wood-based panels in single-layer constructions should have a characteristic density of at least 350 kg/m³.

C.4.2 Detailing of panel connections

- (1) Panels should be fixed to the timber frame or battens.

For wood and wood-based panels fixed with nails, the maximum spacing should be 150 mm. The minimum penetration depth should be eight times the nail diameter for load-carrying panels according to C.1 (2), and six times the nail diameter for non load-carrying panels. When the panels are fixed with screws the maximum spacing should be 250 mm.

- (2) Panel edges should be tightly jointed with a maximum gap of 1 mm. They should be fixed to the timber frame or battens on at least two opposite edges with spacings according to (1). For multiple layers this applies to the inner layer. See figure C.7. For wood and wood-based panels the edge distances of fasteners should correspond at least to a_t according to equation 4.2).

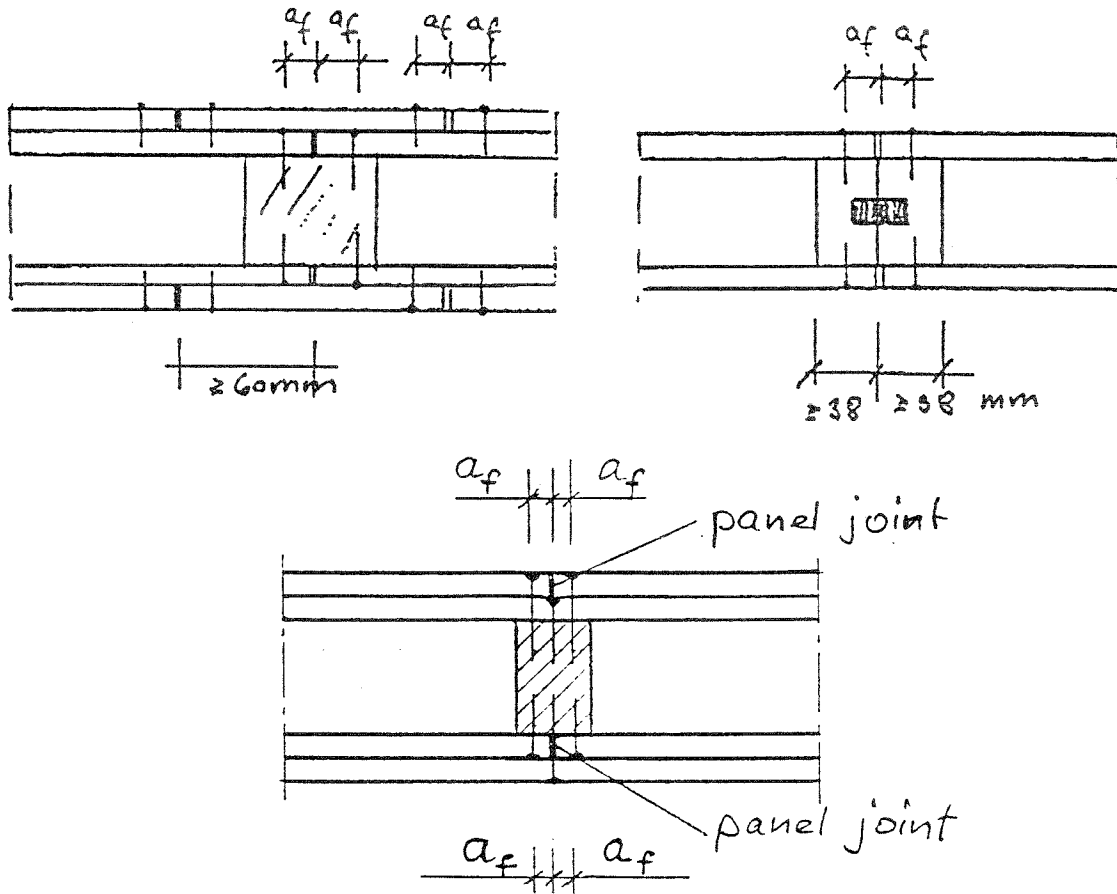


Figure C.7: Examples of fixings of panels to frame

(3) For multiple layers the panel joints should be staggered by at least 60 mm, see figure C.7. Each panel should be fixed individually. For wood and wood-based panels the spacings along the edges and edge distances should be taken according to (1) and (2). The spacing of fasteners at other locations may be doubled.

(4) For gypsum plasterboard it is sufficient to observe the rules for normal temperature design with respect to penetration depth, spacings and edge distances.

C.4.3 Connections to adjoining floors and walls

- (1) Connections to adjoining floors and walls should be detailed such that
 - the fixing is not affected by failure of panels
 - gaps at interfaces will not give way to fire penetration into the void between panels and frame
 - failure of panels of one construction will not give way to fire penetration into the void of an adjoining construction.
- (2) Paragraph (1) is observed if the timber frame provides the boundary to adjoining walls and floors and is fixed in accordance with figure C.8.
- (3) Where for separating constructions gaps at interfaces may occur, due to different deformations or expansions, the interfaces should be sealed with non-combustible material.

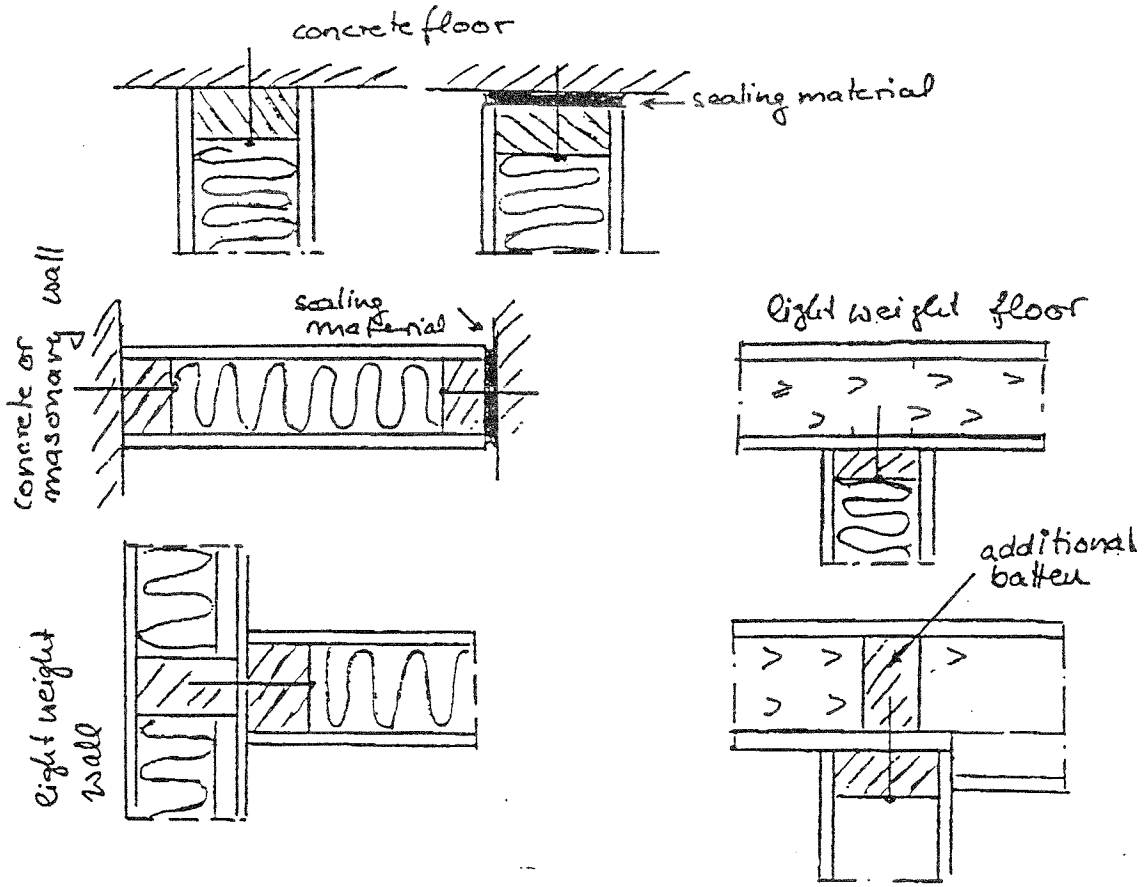


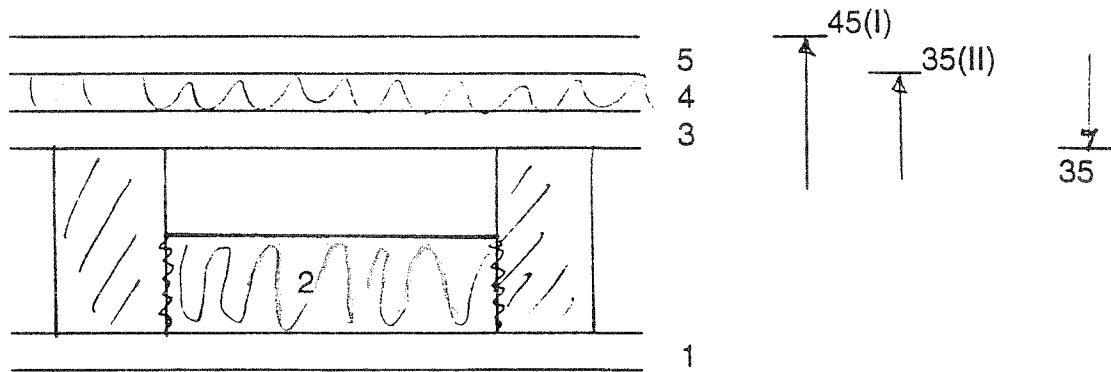
Figure C.8: Example of connections to adjoining floors and walls

Anhang 2

Example no. F1

Floor (R) EI 30

only separating function



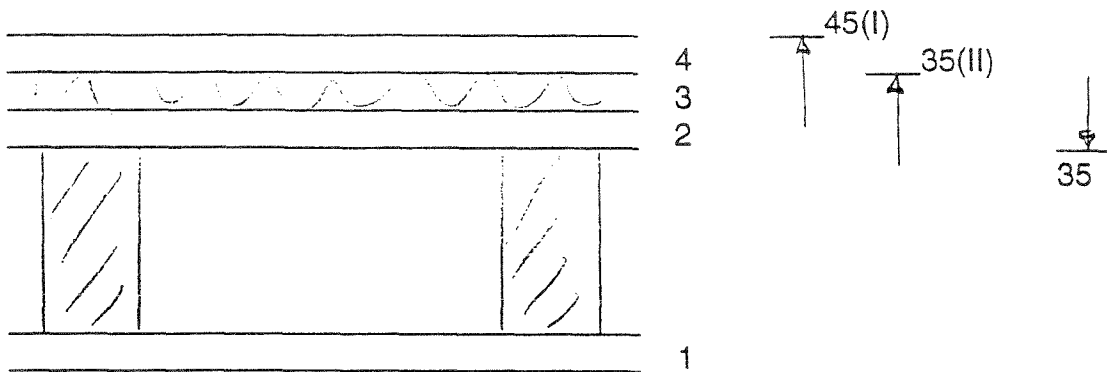
layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m^3 [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m [mm]	t_{po} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1	16				18 0.8	14,4		
2			60			15,3		
3	13					14		
4				15		3,6	47,3	>35
5	16					18	65,3	>45
for exposure from above (but limited by load bearing)					3-5	35,6 $\times 1,20$	42,7	>35

remark: t_p of layer 3 limited by load bearing

Example no. F2

Floor (R) EI < 30

only separating function



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m^3 [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m [mm]	t_{p0} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1	19				22 0.4	8,8		
2	16					18		
3				15		3,6	30,4	< 35
4	16					18	48,4	> 45
for exposure from above (but limited by load bearing)					2-4	39,6 $\times 1,20$	47,4	> 35

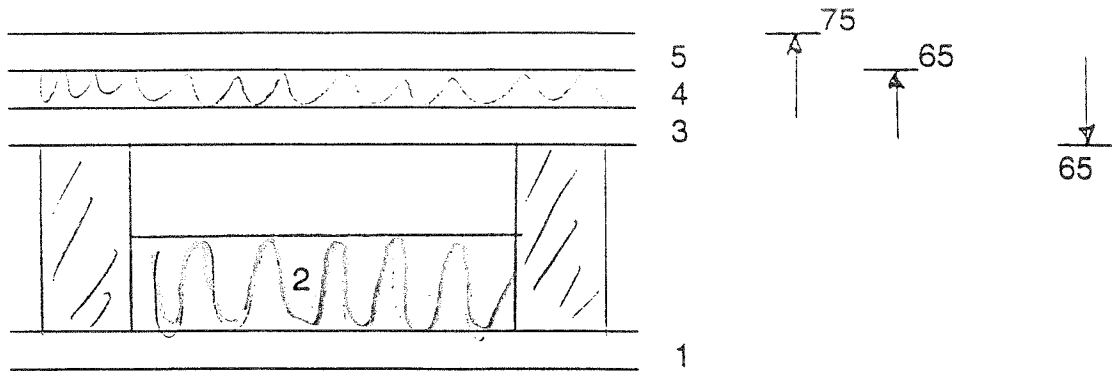
remark: t_p of layer 2 limited by load bearing

Not EI 30 because of panel joint ("C") in layer 1

Example no. F3

Floor (R) EI 60

only separating function



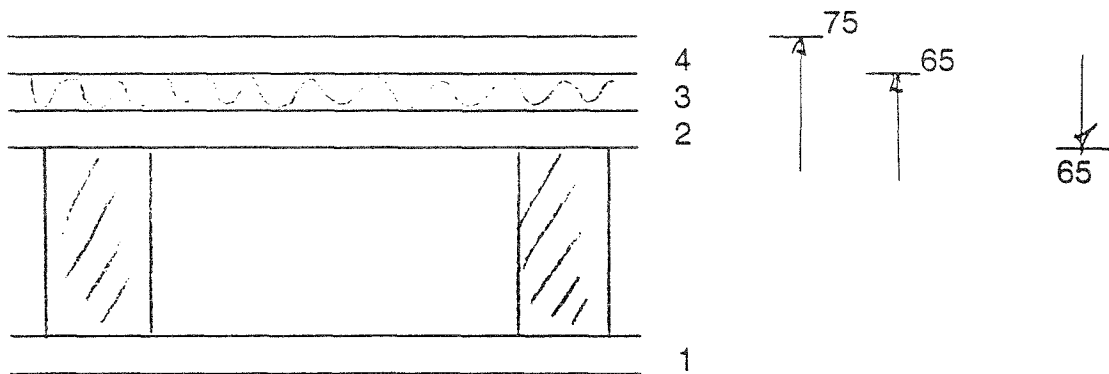
layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t_{p0} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II and III [min]	requ. for exposure from below
1		2 x 12.5			54 0.9	48,6		
2			60			15,3		
3	13					14		
4				30		7,2	85,1	> 65
5	25					32	117,1	> 75
for exposure from above (but limited by load bearing)					3-5	53,2 x 1,20	63,8	~65

remark: t_p of layer 2 limited by load bearing

Example no. F4

Floor (R) EI 60

only separating function



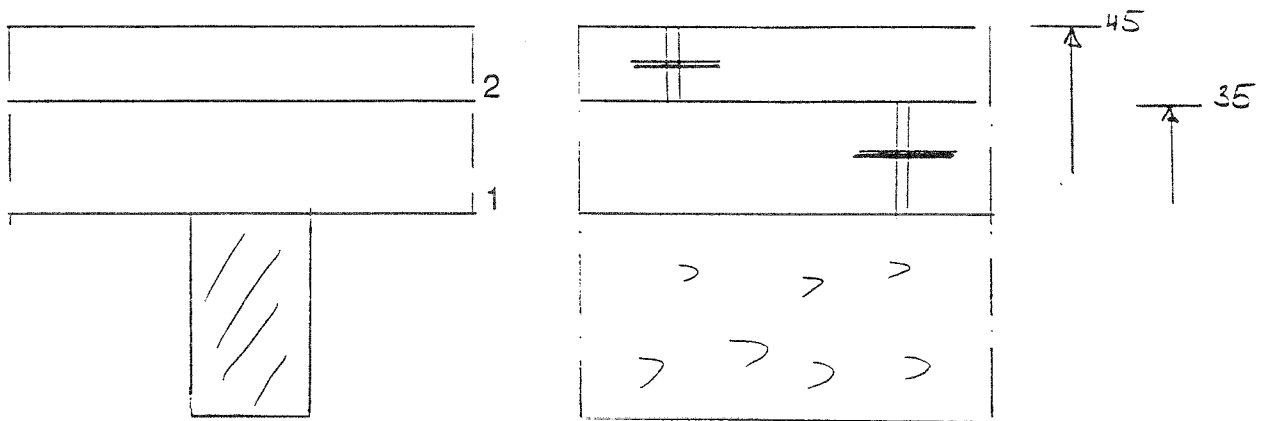
layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m^3 [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m [mm]	t_{p0} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1		2 x 12.5			54 0.9	48,6		
2	19					22		
3				30		7,2	77,8	> 65
4	25					32	109,8	> 75
for exposure from above (but limited by load bearing) layers 2 to 4						61,2 x 1,20	73,4	> 65

remark: t_p of layer 2 limited by load bearing

Example no. F5

Floor (R) EI 30

only separating function



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t_{po} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1	38				55 0,4	22 (55)	55 *	> 35
2	19					27	49	> 45
for exposure from above (but limited by load bearing) layers 1 to 2						82 x 1,20		>> 35

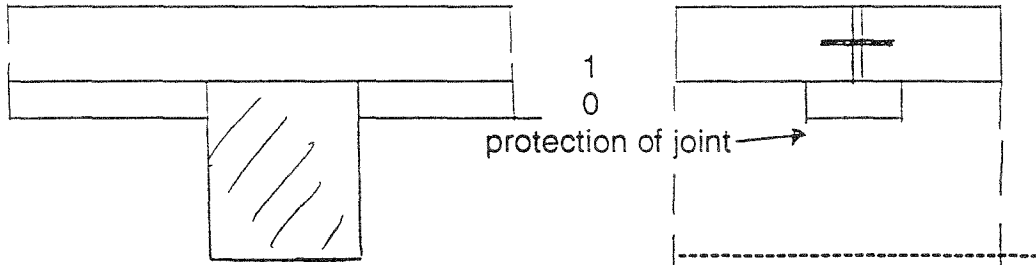
remark: t_{po} of layer 1 limited by load bearing

*) because of staggering of panel joints, joints in layer 1 need not be consider for II

Example no. F6

Floor (R) EI 30

only separating function

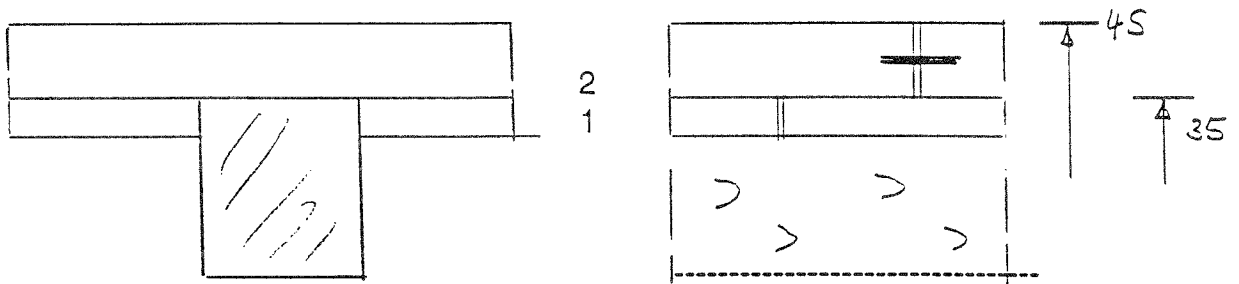


layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non-combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t_{p0} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
0	30					(40)	40	> 35
1	40				57	57	57	> 45
					1.0			
for exposure from above (but limited by load bearing) layer 1						57		>> 35
						x 1.20		

remark: t_p of layer 1 limited by load bearing

Example no. F7

Floor (R) EI 30



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t_{po} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1	30				40 0.2	8 (40)	40 *)	> 35
2	40				1.0	57	65	> 45
for exposure from above (but limited by load bearing) layer 1						97 x 1,20		>> 35

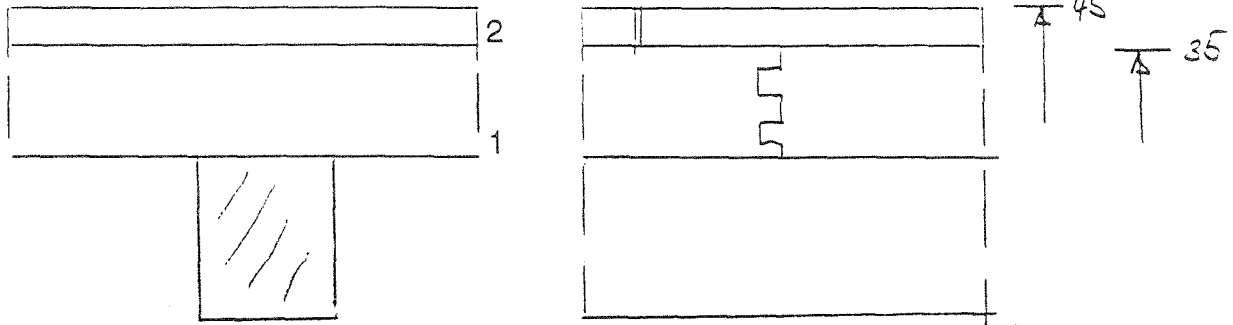
remark: t_p of layer 1 limited by load bearing

*) because of staggering of panel joints, joints need not be considered for III

Example no. F8

Floor (R) EI 30

only separating function



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t_{p0} and ξ for layer no. 1	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for exposure from below
1	40				58 0,6	35 (58)	58 *)	> 35
2	13					14	49	> 45
for exposure from above (but limited by load bearing) layers 1 to 2						72 x 1,20		>> 35

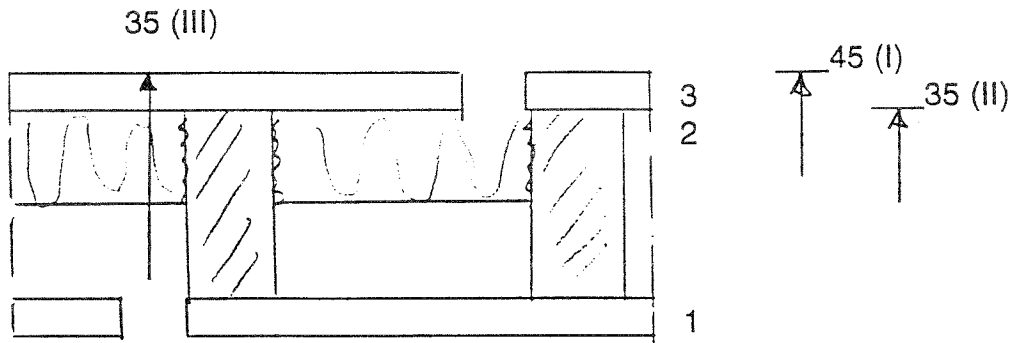
remark: t_p of layer 1 limited by load bearing

*) because of staggering of panel joints, joints in layer 1 need not be consider for II

Example no. W1

Wall (R) EI 30

only separating function



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m^3 [mm]	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σt_{pi} for III [min]	requ. for III [min]
1	13			16			rem.	
2			80	23	39	> 35		
3	13			16	55	> 45	39	> 35

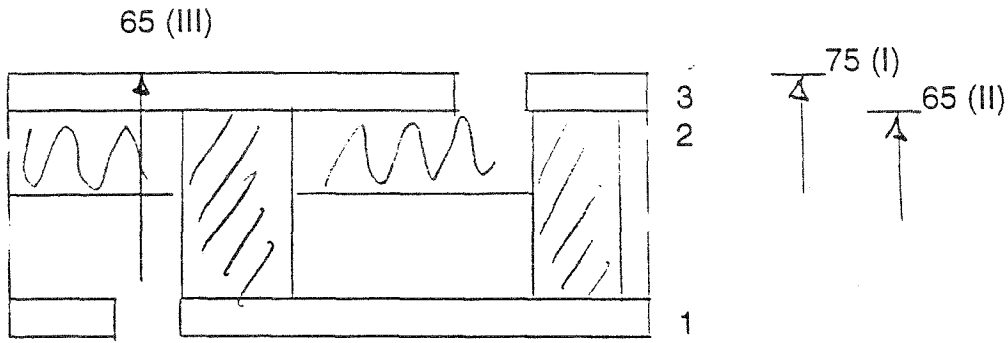
layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 50$ kg/m^3 [mm]	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σt_{pi} for III [min]	requ. for III [min]
1	13			16			rem.	
2			60	20	36	> 35		
3	13			16	52	> 45	36	> 35

layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 100$ kg/m^3 [mm]	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σt_{pi} for III [min]	requ. for III [min]
1	8			10			rem.	
2			60	28	38	> 35		
3	8			10	48	> 45	38	> 35

Example no. W2

Wall (R) EI ~ 60

only separating function

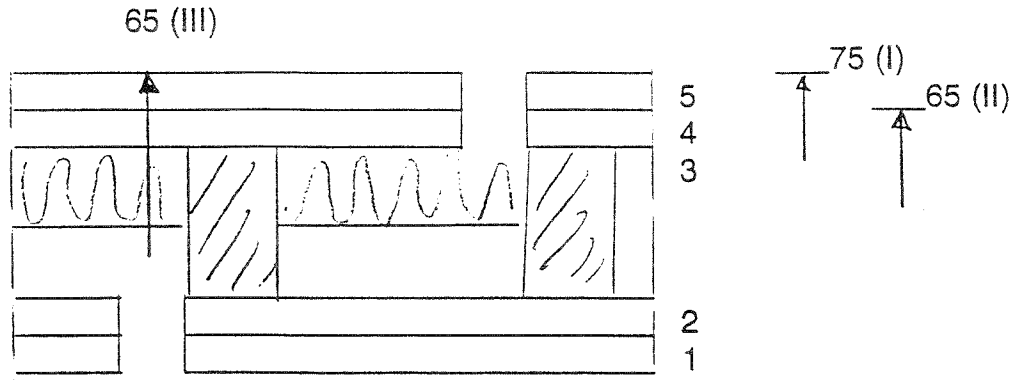


layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m^3 [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 100$ kg/m^3 [mm]	t_{pi} [min]	Σt_{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σt_{pi} for III [min]	requ. for III [min]
1	19			22			rem.	
2			80	42	64	~ 65		
3	19			22	86	> 75	64	65

Example no. W3

Wall (R) EI 60

only separating function



layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 30$ kg/m ³ [mm]	t _{pi} [min]	Σ t _{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σ t _{pi} for III [min]	requ. for IIII [min]
1	16			21			rem.	
2	16			21			rem.	
3			80	23				
4	16			21	86	> 65		
5	16			21	107	> 75	65	= 65

layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 50$ kg/m ³ [mm]	t _{pi} [min]	Σ t _{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σ t _{pi} for III [min]	requ. for IIII [min]
1	16			21			rem.	
2	16			21			rem.	
3			66	23				
4	16			21	86	> 65		
5	16			21	107	> 75	65	= 65

layer no	wood based panel $\rho=600$ kg/m ³ [mm]	gypsum board reinforced [mm]	non - combust. insulation $\rho = 100$ kg/m ³ [mm]	t _{pi} [min]	Σ t _{pi} for I and II [min]	requ. for I and II [min]	Σ t _{pi} for III [min]	requ. for IIII [min]
1	13			16			rem.	
2	13			16			rem.	
3			70	35				
4	13			16	83	> 65		
5	13			16	99	> 75	67	> 65

Anlage 3

FORSCHUNGSVORHABEN:

ERMITTLUNG VON KRITERIEN ZUR BEURTEILUNG DES BRANDVERHALTENS
VON DECKEN UND WÄNDEN IM HOLZBAU

ZIEL DES VORHABENS:

ERARBEITUNG PRAKTISCHER KRITERIEN FÜR DIE BEURTEILUNG DER
FEUERWIDERSTANDSDAUER VON TRAGENDEN UND/ODER RAUMABSCHLIE-
BENDEN HOLZDECKEN UND -WÄNDEN MIT ENTSPRECHENDEN NORMUNGS-
VORSCHLÄGEN

1 PUNKT 1:

Zusammenstellung und Sichtung der vorhandenen Prüfberichte und genormten Lösungen;
Einteilung in thermisch vergleichbare Wand- und Deckentypen; Entwicklung der Systematik
im Bereich der Prüferfahrung.

In diesem ersten Bericht werden zunächst ausschließlich Wandkonstruktionen aus Holz- und Holzwerkstoffen untersucht, um das zu bearbeitende Feld einzugrenzen und die voraussichtlichen Ergebnismöglichkeiten der oben genannten Zielsetzung zu erfassen. Es wird davon ausgegangen, daß sich die an Wandkonstruktionen ermittelten Aussagen auf Deckenkonstruktionen übertragen lassen. Als Grundlage dieser Untersuchung dienen die an der MPA - Braunschweig vorgenommenen Prüfungen an Wandkonstruktionen, die in ihren Ausführun-

Hinweis in eigener Sache (IRB):

Unserem Hause ist es trotz mehrmaliger Versuche nicht gelungen, vom Forscher eine korrekte Druckvorlage von Anlage 3 zu bekommen.

Falls Sie diese benötigen oder Fragen dazu haben, wenden Sie sich bitte direkt an:

TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
Tel. 0531/3915-431

Wir bitten um Ihr Verständnis.

Diplomarbeit

Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer
von Decken und Wänden

von

Jürgen Link

Angefertigt am

Lehrstuhl für Konstruktive Bauphysik

Leiter: o. Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. sc. techn. h.c. Dr.-Ing. E.h. Karl Gertis

Betreuung:

Dr.-Ing. Marita Kersken-Bradley

Lehrbeauftragte

Im WS 1992 - 93

5 Auswertung

5.1 Allgemeines

Bei der Auswertung werden die Ergebnisse graphisch dargestellt. Die Auswertung gliedert sich wie folgt:

- 1) Graphische Darstellung der Rechenergebnisse aus Anhang 4.
- 2) Darstellung der Differenzen zur DIN 4102 Teil 4.
- 3) Falls Abweichungen vorhanden sind, so gilt es Regelmäßigkeiten in den Abweichungen zu finden.

Hinweis: Die in den Diagrammen genannten Tabellen der DIN 4102 Teil 4 sind im Anhang 4 enthalten.

5.2 Decken

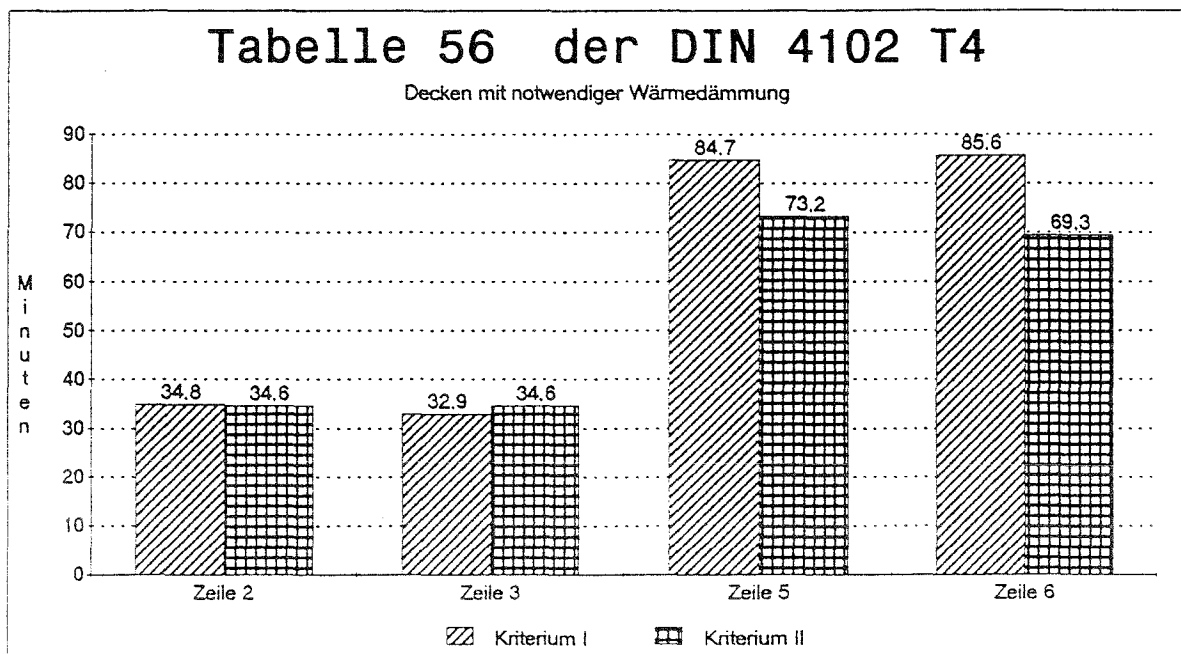


Abb. 5.1 Zeilen 2 und 3 sind F 30-B Konstruktionen
Zeilen 5 und 6 sind F 60-B Konstruktionen

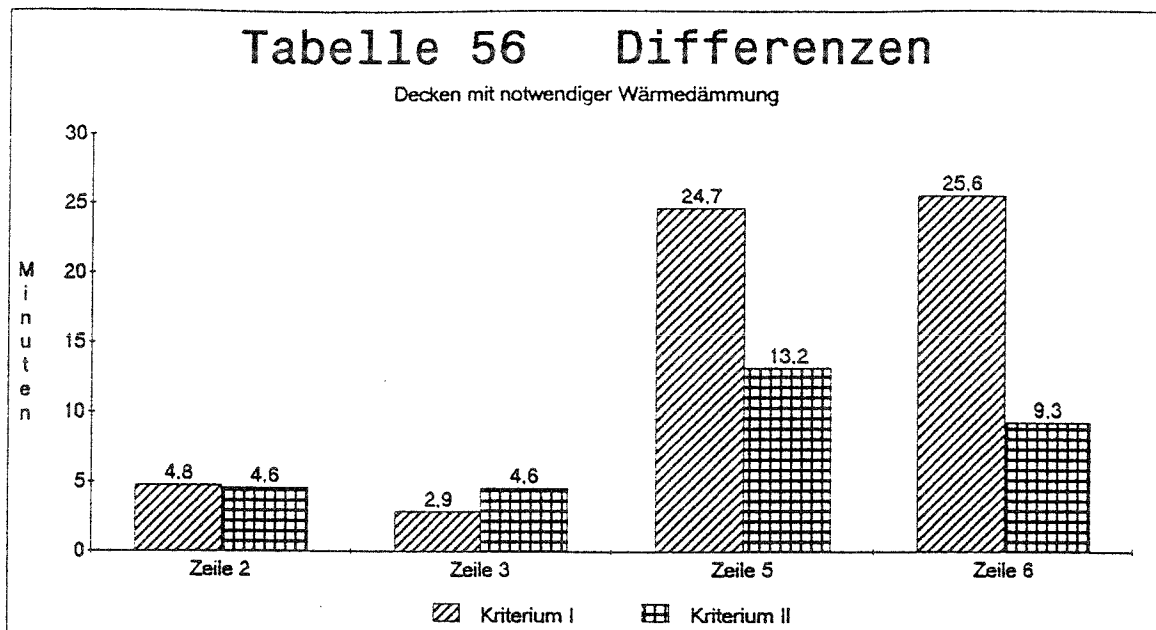


Abb. 5.2 Zeilen 2 und 3 sind F 30-B Konstruktionen
 Zeilen 5 und 6 sind F 60-B Konstruktionen

Bei den F 60-B Konstruktionen liegt die errechnete Feuerwiderstandsdauer eindeutig stärker über dem Sollwert als die F 30-B Konstruktionen.

Zeile 2+3 Untere Beplankung aus Holzwerkstoffplatten

Zeile 5+6 Untere Beplankung aus GKF-Platten

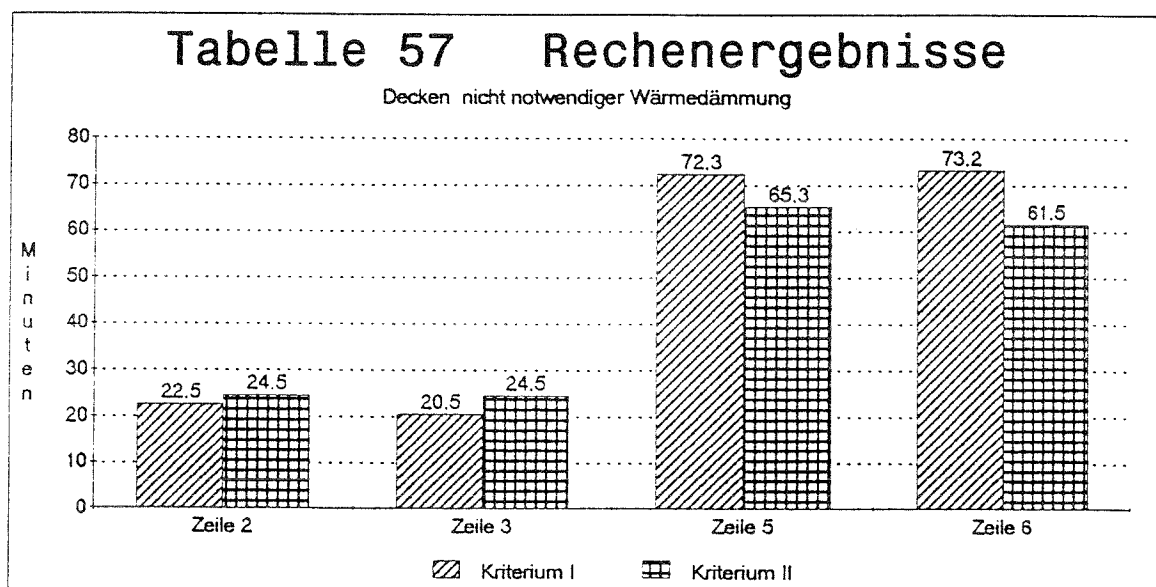


Abb. 5.3 Zeilen 2 und 3 sind F 30-B Konstruktionen
 Zeilen 5 und 6 sind F 60-B Konstruktionen

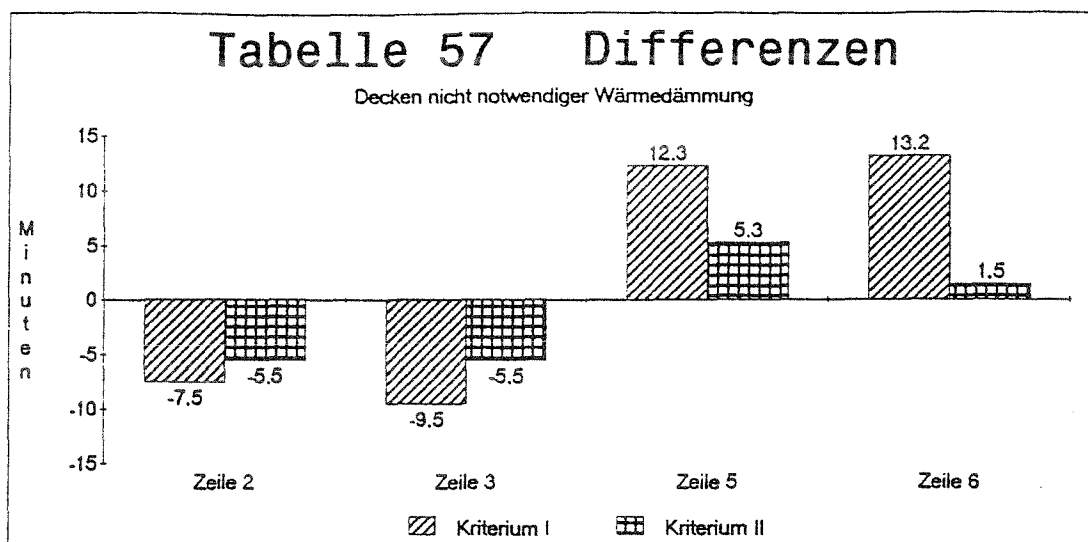


Abb. 5.4 Zeilen 2 und 3 sind F 30-B Konstruktionen
 Zeilen 5 und 6 sind F 60-B Konstruktionen

Bei den F 60-B Konstruktionen liegt die errechnete Feuerwiderstandsdauer über dem Sollwert, bei den F 30-B Konstruktionen hingegen einiges darunter.

Zeile 2+3 Untere Beplankung aus Holzwerkstoffplatten

Zeile 5+6 Untere Beplankung aus GKF-Platten

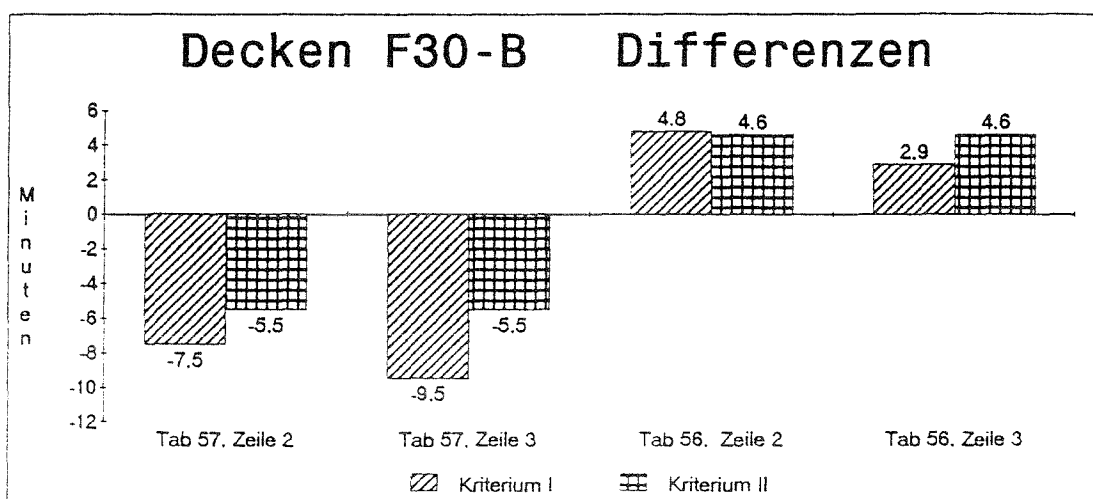


Abb. 5.5 Vergleich der F 30-B Konstruktionen von Tabelle 56 und 57 der DIN 4102

Die Rechenergebnisse der F 30-B Konstruktionen aus Tabelle 56 liegen über, die der Tabelle 57 unter dem Sollwert.

Tab.57 Zeile 2+3 Holzwerkstoffplatten sind dominant

Tab.56 Zeile 2+3 Holzwerkstoffplatten + Wärmedämmung

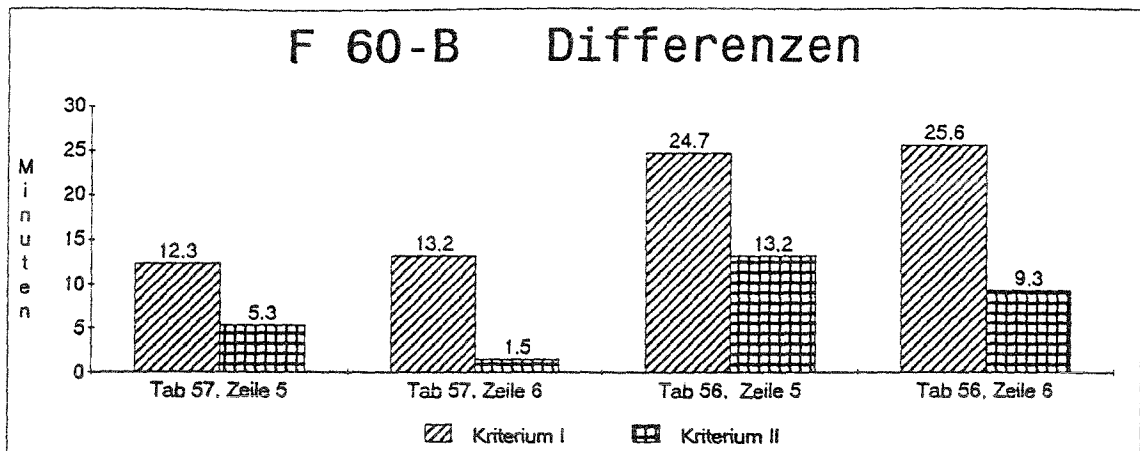


Abb. 5.6 Vergleich der F 60-B Konstruktionen von Tabelle 56 und 57 der DIN 4102
 Alle Ergebnisse liegen über dem Sollwert, wobei die Konstruktionen aus Tabelle 56 stärker darüber liegen als die von Tabelle 57.

Tab.57 Zeile 5+6 GKF + 19mm Holzwerkstoffplatten

Tab.56 Zeile 5+6 GKF + 13mm Holzwerkstoffplatten + Wärmedämmung

Regelmäßigkeiten bei den Abweichungen

Bei den Abbildungen 5.2, 5.4, 5.5 und 5.6 werden die Differenzen zu den Werten der DIN 4102 Teil 4 dargestellt. In allen vier Abbildungen zeigt sich, daß manche Konstruktionen besser bewertet werden als andere.

Folgende Regelmäßigkeiten sind erkennbar:

- Bei den hoch bewerteten Konstruktionen sind GKF-Platten die dominierenden Bauteile
- Bei den niedriger bewerteten Konstruktionen sind Platten aus Holzwerkstoffen dominant.
- Wird bei einer Konstruktion die Wärmedämmung durch eine größere Dicke der Holzwerkstoffplatten ersetzt (Abb.5.6 und Abb.5.5), so wird sie niedriger bewertet.

5.3 Wände

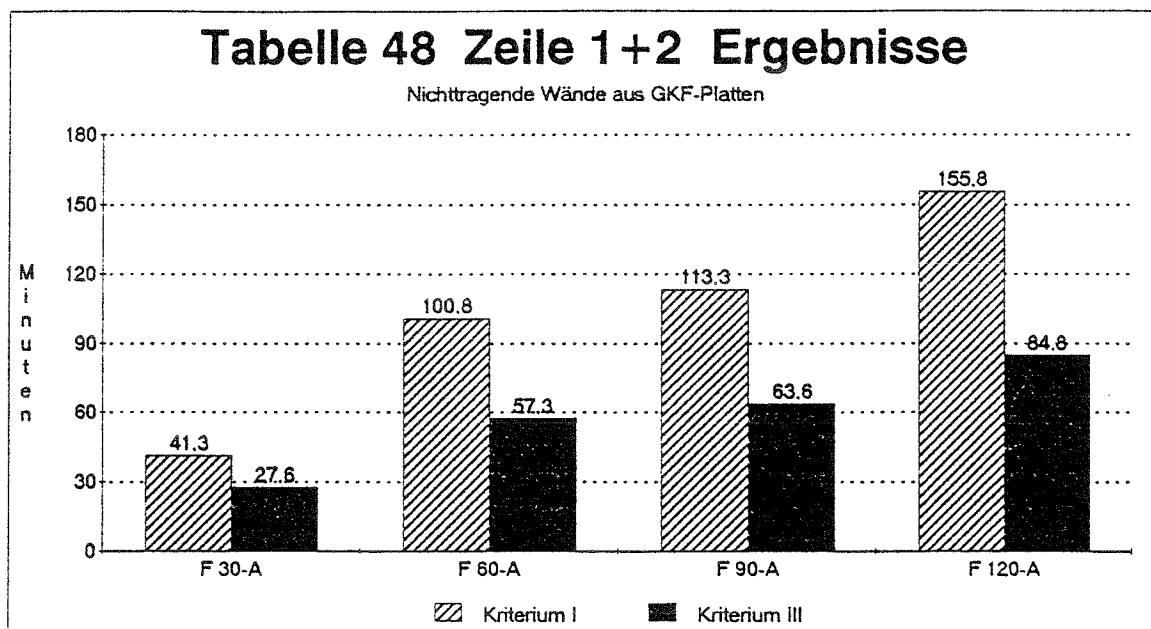


Abb. 5.7 Rechenergebnisse der Konstruktionen aus Tabelle 48, Zeilen 1+2 der DIN 4102 T4

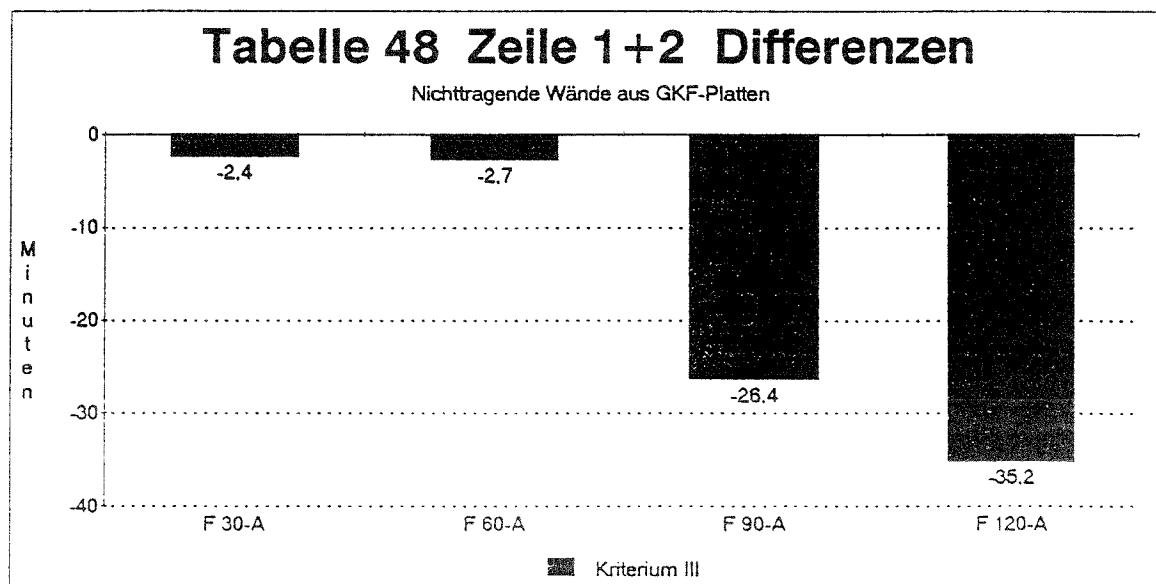


Abb. 5.8 Differenzen von den Ergebnissen aus Abb. 5.7 zu den Sollwerten.

Auffallend sind die großen Differenzen der F 90-A und F 120-A Konstruktionen. Betrachtet man den Aufbau der Wandkonstruktionen so stellt man fest, daß von F 30-A nach F 60-A die Stärke der Außenbeplankung um 12,5 mm vergrößert wurde. Hingegen von F 60-A nach F 90-A nur um 2,5 mm und von F 90-A auf F 120-A nur um 8,5 mm. Die Differenzen lassen sich somit durch die nichtlineare Stärkenzunahme erklären.

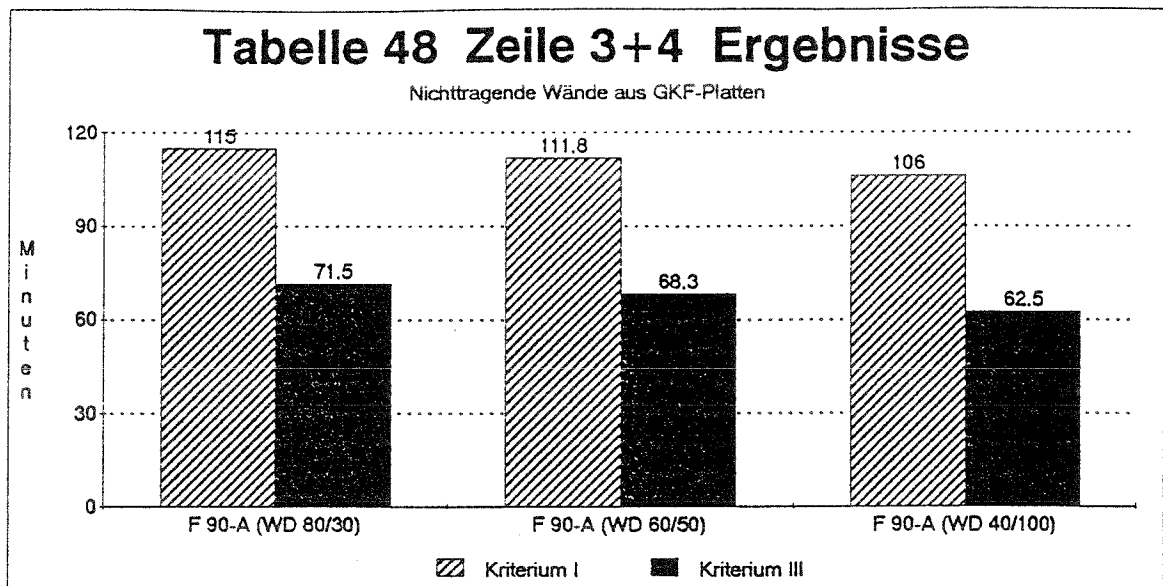


Abb. 5.9 Rechenergebnisse der Konstruktionen aus Tabelle 48, Zeilen 3+4 der DIN 4102 T4

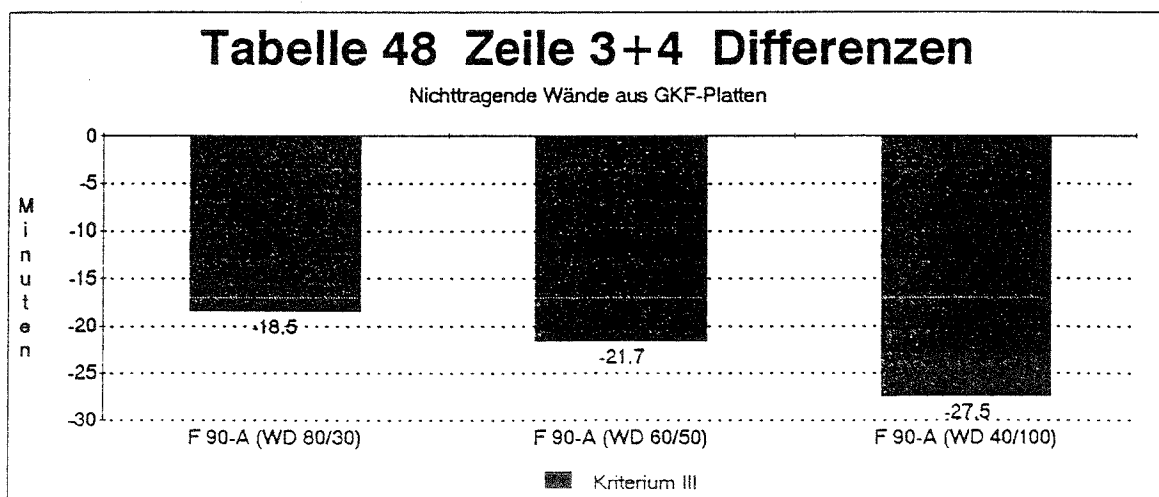


Abb. 5.10 Differenzen von den Ergebnissen aus Abb. 5.9 zu den Sollwerten.

Die Ergebnisse liegen alle stark unter den Sollwerten. Die untersuchten Konstruktionen sind gemäß DIN alle F 90-A. Sie unterscheiden sich in ihrer Konstruktion nur durch die Wärmedämmschicht, die in Stärke und Rohdichte variiert wird.

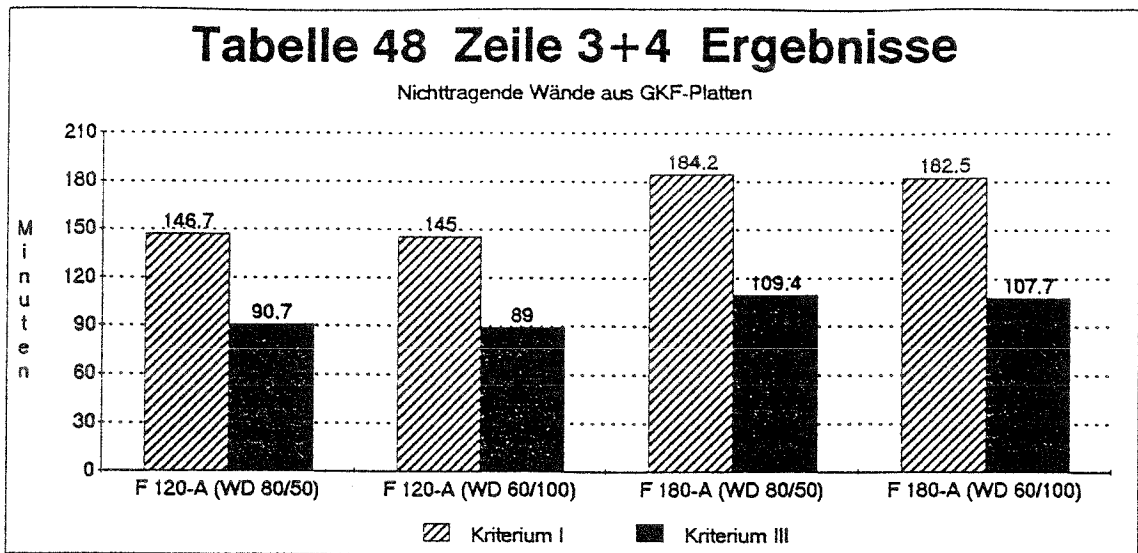


Abb. 5.11 Rechenergebnisse der Konstruktionen aus Tabelle 48, Zeilen 3+4 der DIN 4102 T4

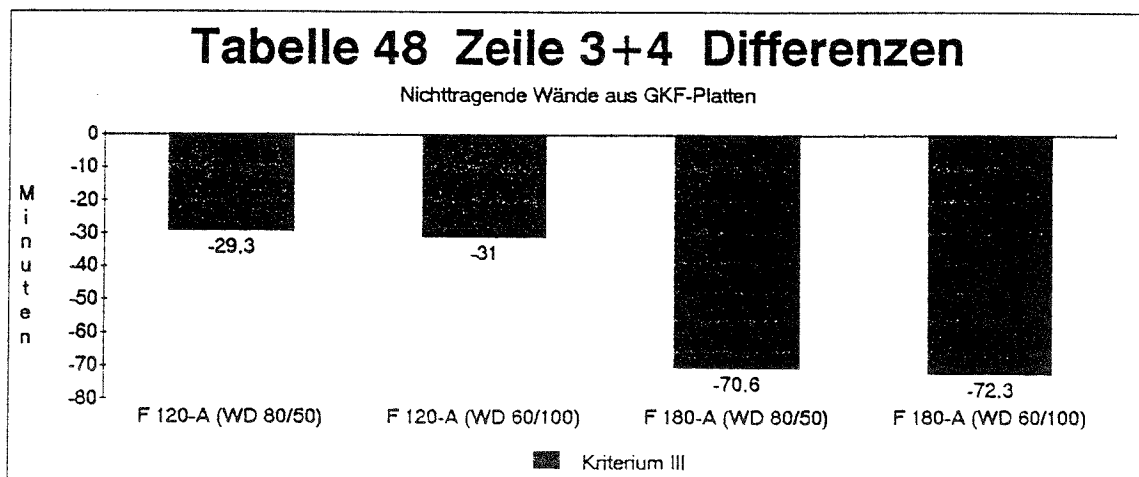


Abb. 5.12 Differenzen von den Ergebnissen aus Abb. 5.11 zu den Sollwerten.

Die Ergebnisse liegen alle sehr stark unter den Sollwerten.

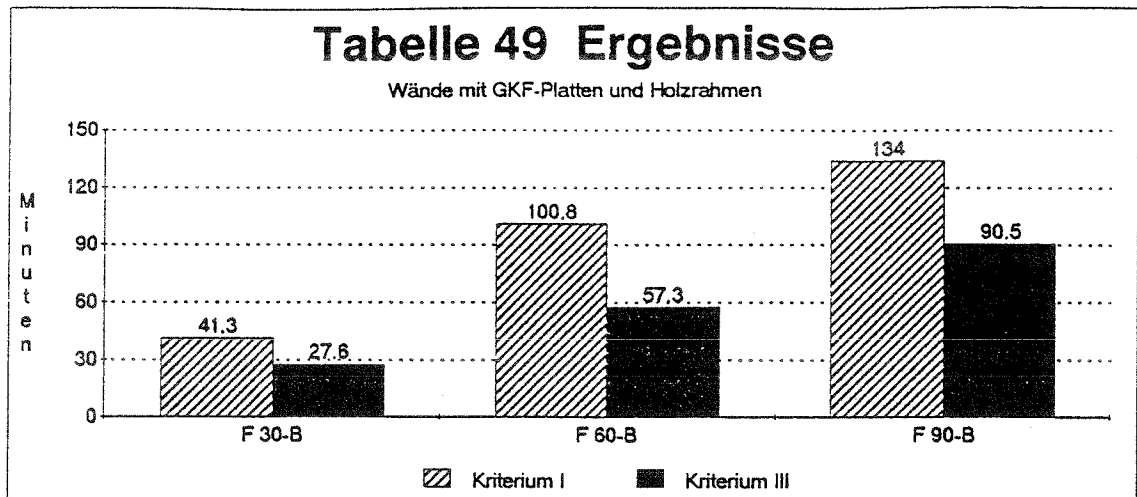


Abb. 5.13 Rechenergebnisse der Konstruktionen aus Tabelle 49 der DIN 4102 T4

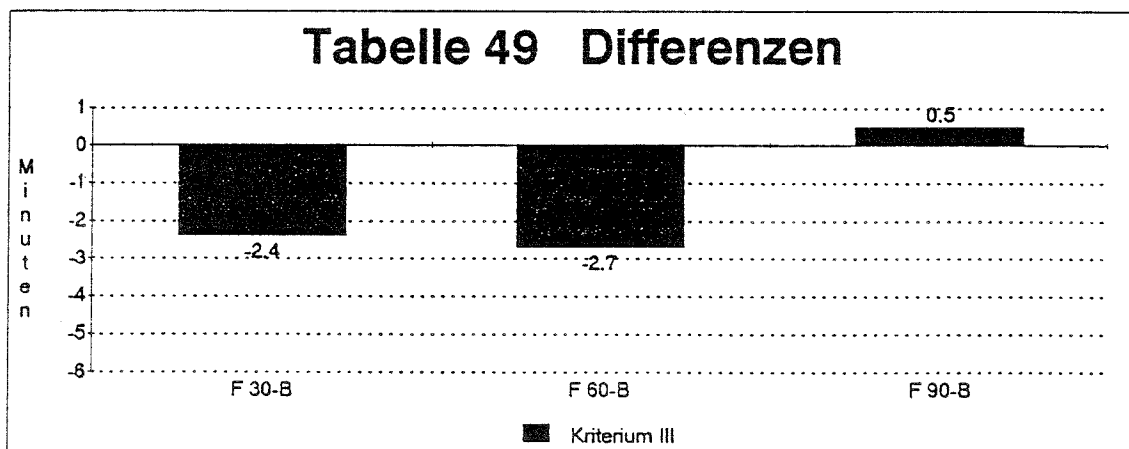


Abb. 5.14 Differenzen der Ergebnisse von Abb. 5.13

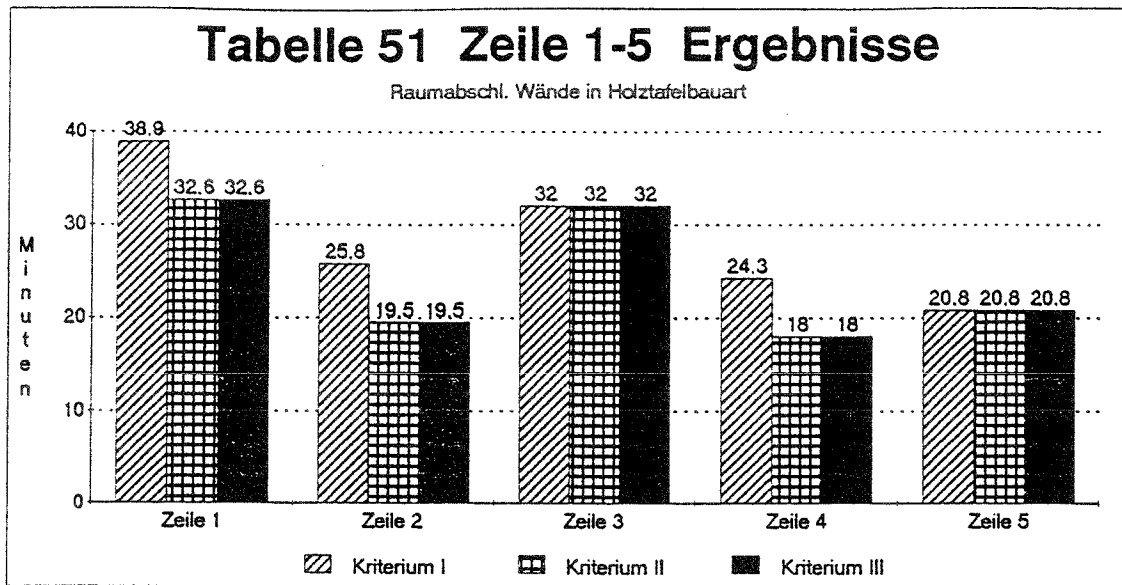


Abb. 5.15 Rechenergebnisse F 30-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

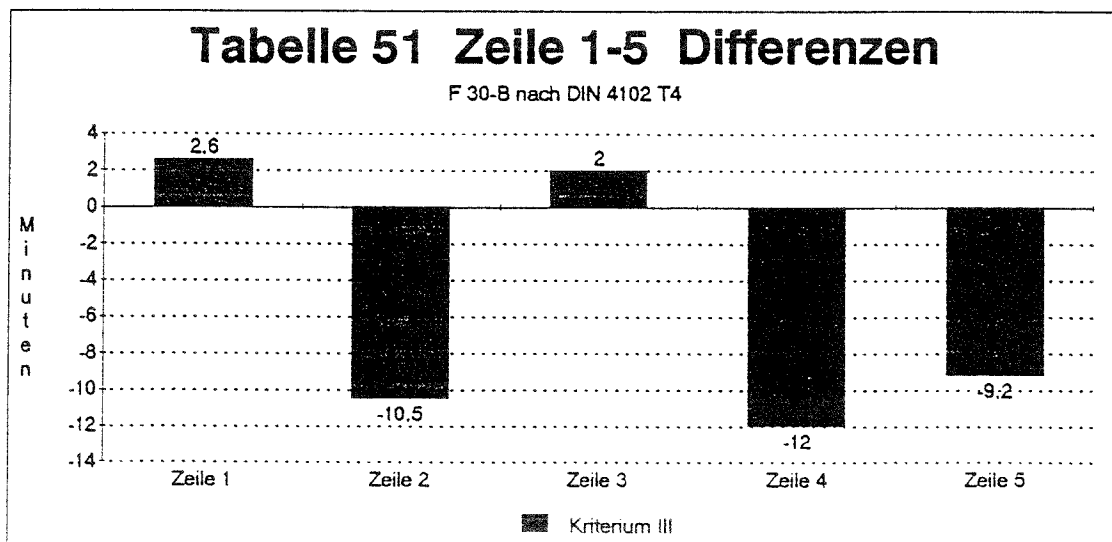


Abb. 5.16 Differenzen F 30-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

Besondere Merkmale der Konstruktionen mit großen Differenzen

Zeile 2 Wärmedämmung mit geringer Dicke

Zeile 4+5 Konstruktionen mit Holzwolleleichtbauplatten

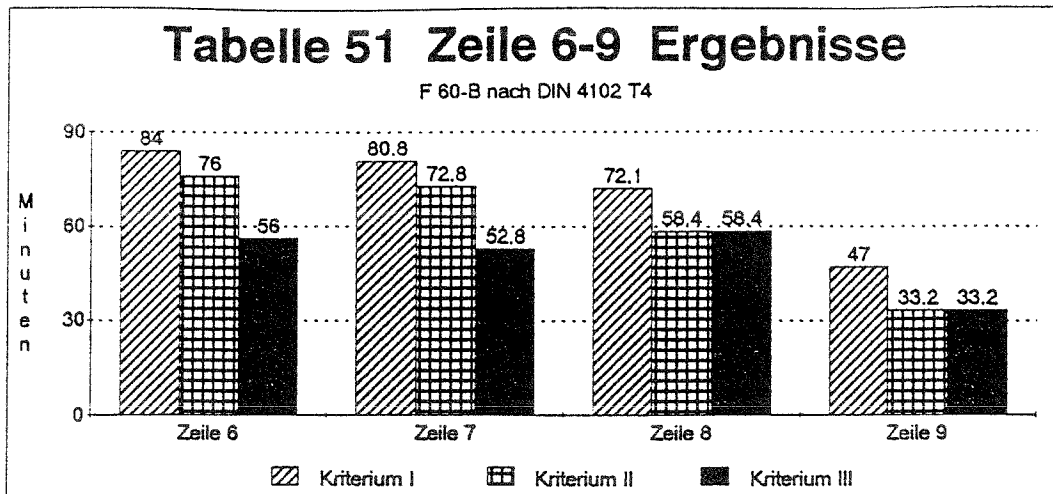


Abb. 5.17 Rechenergebnisse F 60-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

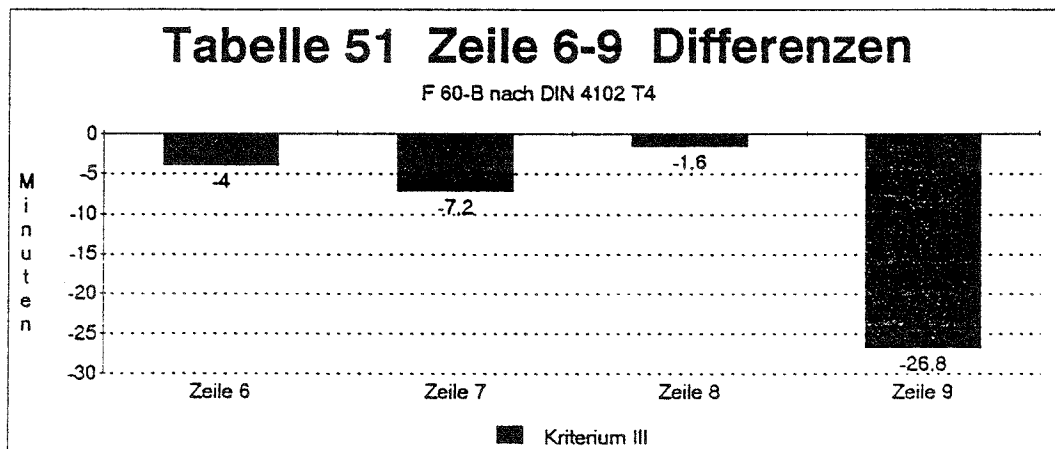


Abb. 5.18 Differenzen F 60-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

Besondere Merkmale der Konstruktionen mit großen Differenzen

Zeile 7 Wärmedämmung mit geringer Dicke

Zeile 9 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten

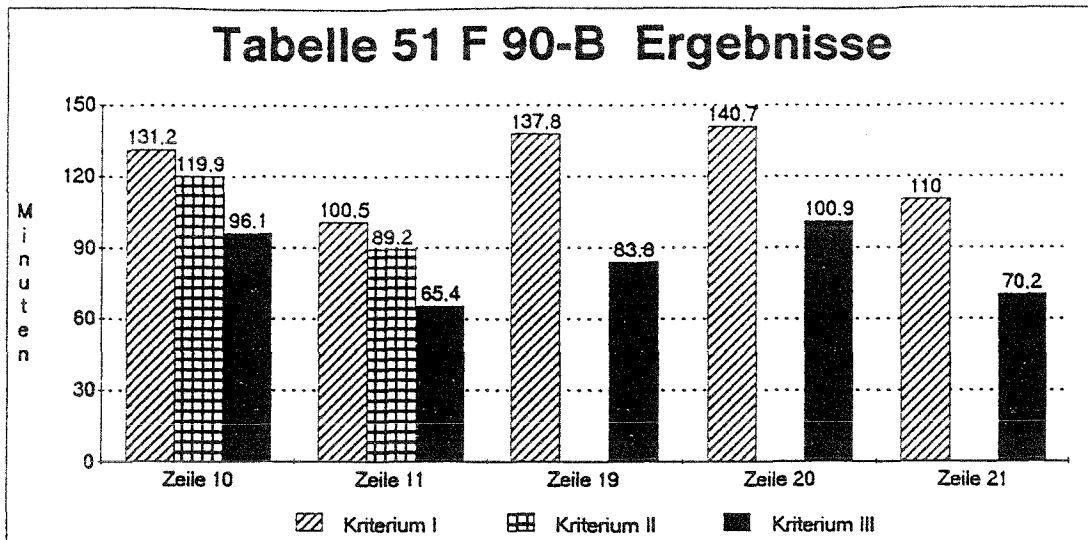


Abb. 5.19 Rechenergebnisse F 90-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

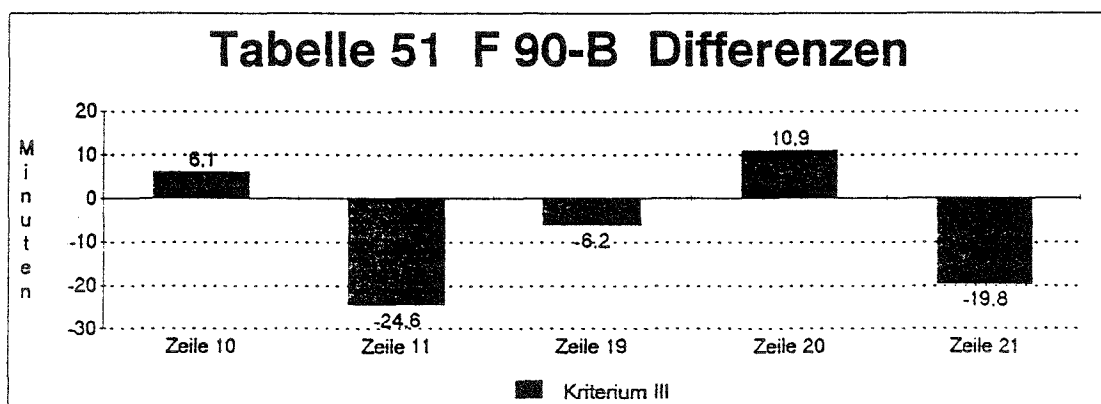


Abb. 5.20 Differenzen F 90-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

Besondere Merkmale der Konstruktionen mit großen Differenzen

Zeile 10 Wärmedämmung mit großer Dicke und hoher Rohdichte

Zeile 11 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten

Zeile 19 Wärmedämmung mit geringer Dicke

Zeile 20 Wärmedämmung mit großer Dicke und hoher Rohdichte

Zeile 21 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten

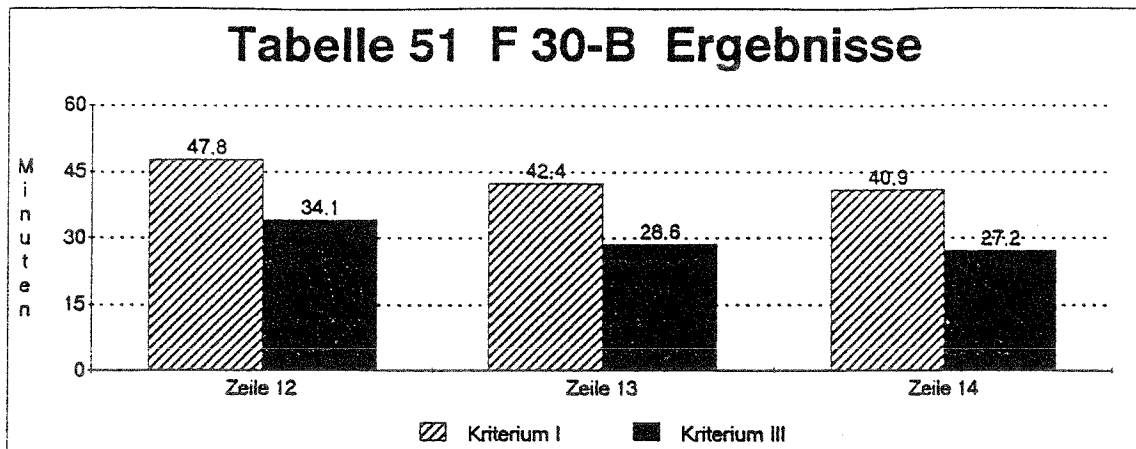


Abb. 5.21 Rechenergebnisse F 30-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

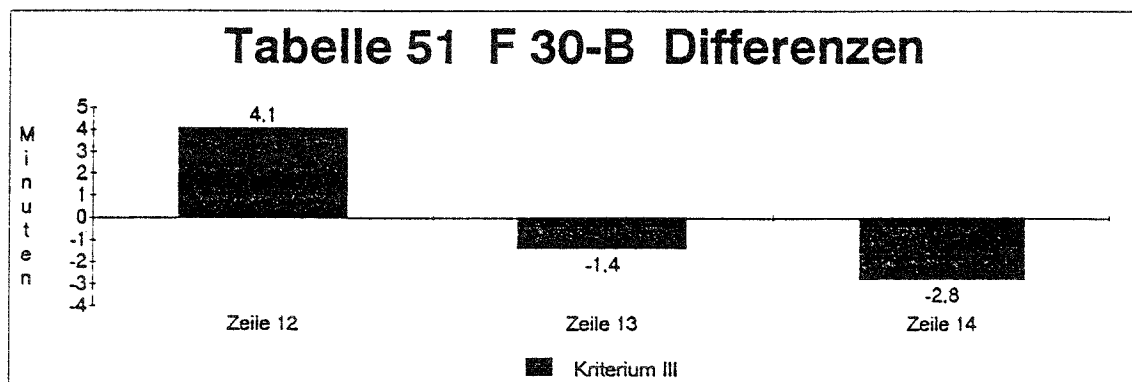


Abb. 5.22 Differenzen F 30-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

Besondere Merkmale der Konstruktionen mit großen Differenzen

Zeile 12 Wärmedämmung mit mittlerer Dicke

Zeile 13 Wärmedämmung mit geringer Dicke

Zeile 14 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten

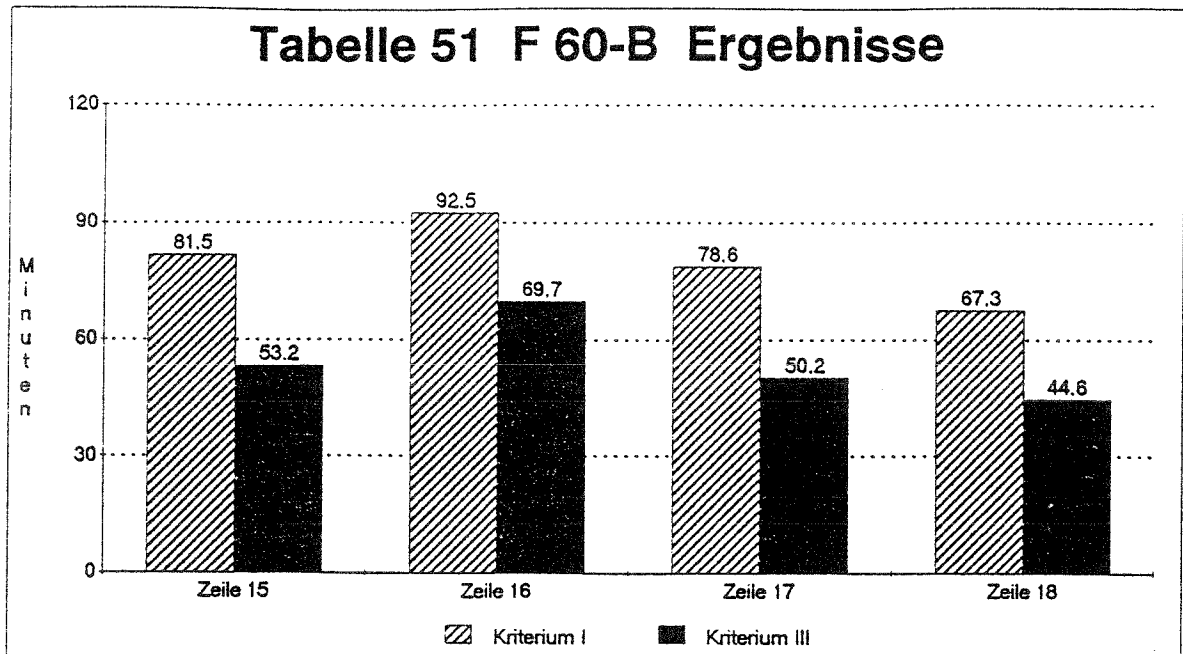


Abb. 5.23 Rechenergebnisse F 60-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

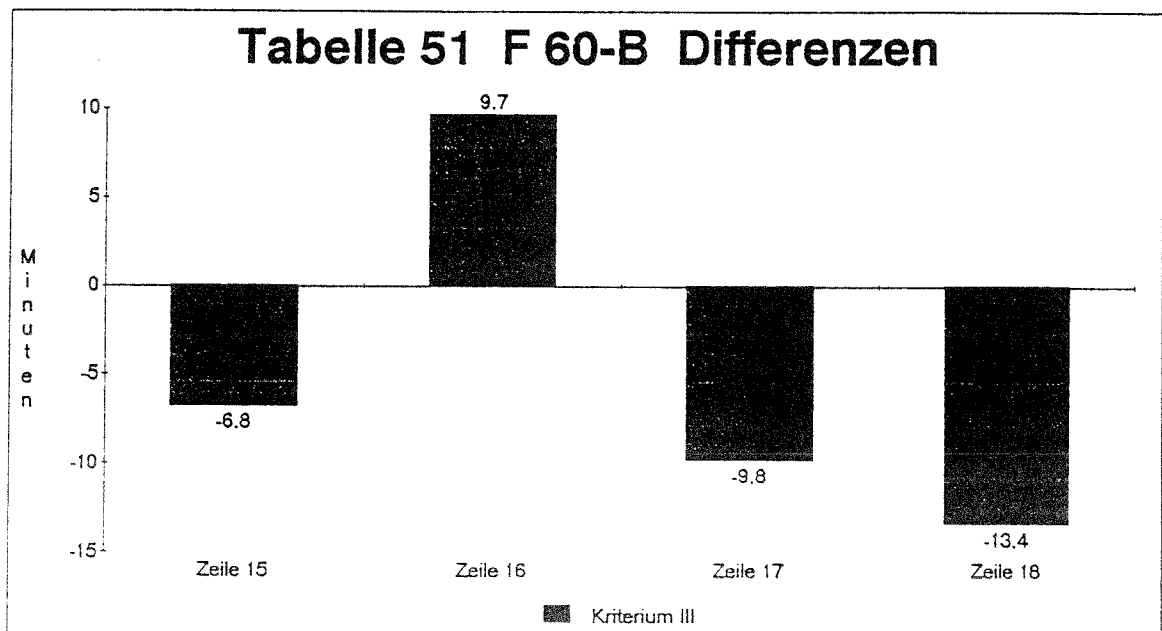


Abb. 5.24 Differenzen F 60-B Konstruktionen nach DIN 4102 T4

Besondere Merkmale der Konstruktionen mit großen Differenzen

- Zeile 15 Wärmedämmung mit mittlerer Dicke
- Zeile 16 Wärmedämmung mit großer Dicke und hoher Rohdichte
- Zeile 17 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten
- Zeile 18 Konstruktion mit Holzwolleleichtbauplatten

6 Schlußfolgerungen

6.1 Allgemeines

Es ist davon auszugehen, daß sich kein exakt lineares Verhalten der Rechenergebnisse einstellt. Dies muß so sein, da die Platten in ihrer Dicke von der einen Plattengröße zur anderen, Sprünge von mehreren Millimetern aufweisen.

So ist bei manchen Konstruktionen die rechnerische Überbewertung zu verstehen. Bei manchen Konstruktionen der DIN 4102 T4 hat wohl eine dünnere Platte gerade nicht mehr gereicht. Wenn dann mit der nächst dickeren Platte eine Feuerwiderstandsdauer von z.B. 40 oder 45 Minuten erzielt wurde so ist das gemäß DIN immer noch E 30. Ein solcher Fall dürften die in Abbildung 5.21 ausgewerteten Konstruktionen sein.

Eine Auswertung der Berechnungsergebnisse bei Wänden hat gezeigt, daß hier stets das Kriterium III maßgebend ist.

6.2 Bewertung der Wärmedämmung

Die rechnerische Bewertung der Wärmedämmung ist nicht zufriedenstellend.

Dünne Dämmschichten werden im Verhältnis zu dickeren Dämmschichten zu schlecht bewertet. Dies zeigt in anschaulicher Weise die Abbildung 5.10. Die hier ausgewerteten Konstruktionen sind alle F 90 und unterscheiden sich lediglich durch die Dicke und Rohdichte der Dämmschicht. Die zu schlechte Bewertung dünner Dämmschichten ist auch den Abbildungen 5.16 Zeile 2, 5.18 Zeile 7, 5.20 Zeile 19, und 5.23 Zeile 15 zu entnehmen.

Dicke Dämmschichten hingegen werden zu gut bewertet. Dies ist den Abbildungen 5.20 Zeile 10+20 und Abb.5.24 Zeile 16 eindeutig zu entnehmen.

Ziel müßte es nun sein, eine neue Berechnungsformel für die Wärmedämmung zu entwickeln, welche die dünnen Dämmschichten besser und die dicken Dämmschichten schlechter bewertet. Auch wäre die Wiedereinführung einer Obergrenze denkbar.

Beide Anforderungen wurden im Vorläufer des Annex F erfüllt. Die "alte" Gleichung ergab in Bezug auf die DIN 4102 Teil 4 sinnvollere Ergebnisse.

alte und gegenwärtige Bewertung der Wärmedämmung im Vergleich

"alte" Gleichung

$$t_p = 0,01 * s_{ins} * h_{ins} \quad <, = 30 \text{ min}$$

"gegenwärtige" Gleichung

$$t_p = 0,07 * (h_{ins} - 20) * \sqrt{s_{ins}}$$

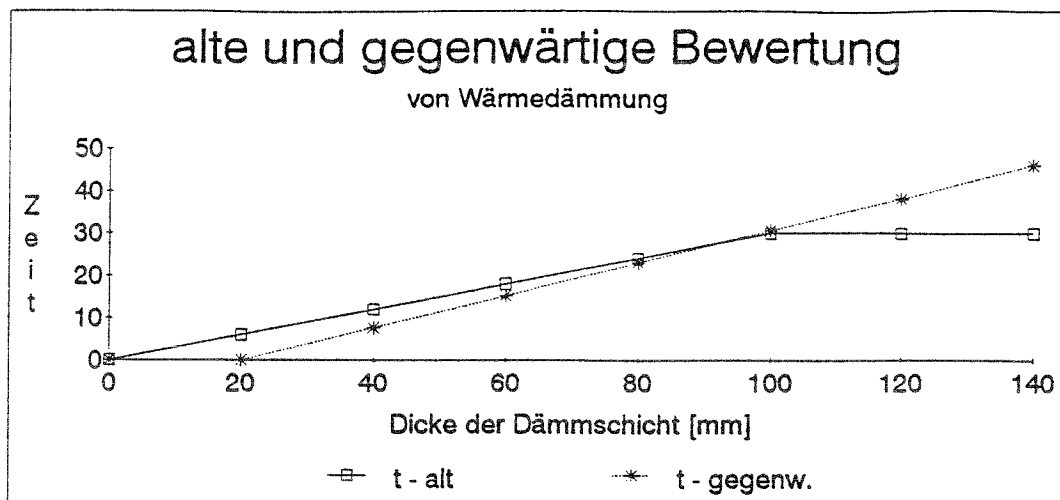


Abb. 6.1: Vergleich der alten mit der gegenwärtigen Bewertung von Wärmedämmung; Rohdichte = konst. = 30 kg/cbm, Dicke ist veränderlich

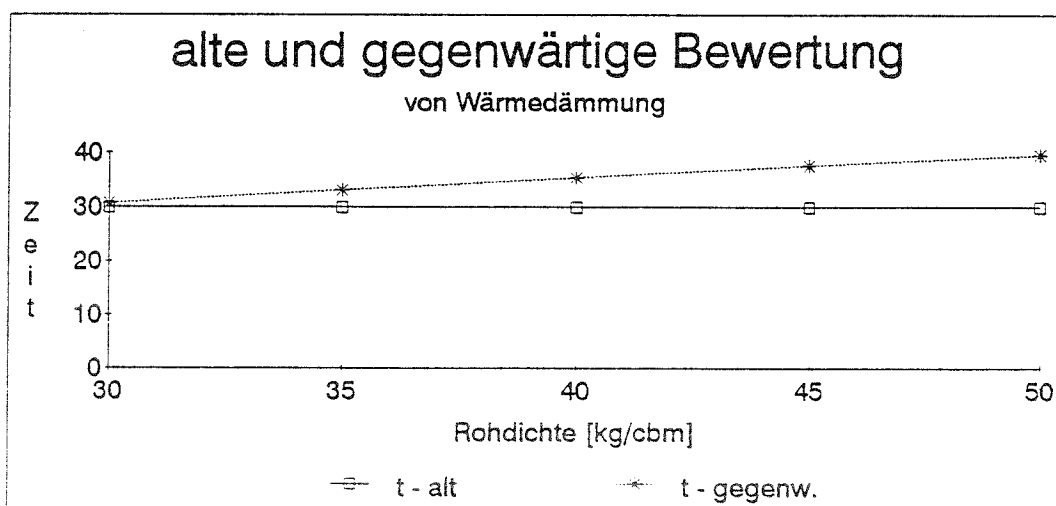


Abb. 6.2: Vergleich der alten mit der gegenwärtigen Bewertung von Wärmedämmung; Dicke = konst. = 100 mm, Rohdichte ist veränderlich

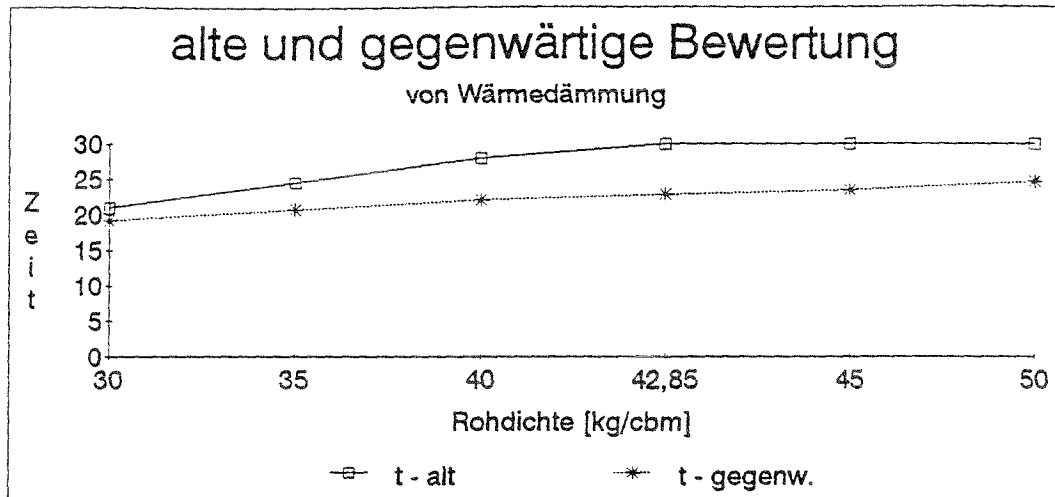


Abb. 6.3: Vergleich der alten mit der gegenwärtigen Bewertung von Wärmedämmung; Dicke = konst. = 70 mm, Rohdichte ist veränderlich

6.3 Bewertung von Holzwolle-Leichtbauplatten

Die rechnerische Bewertung dieser Platten ist unbefriedigend. Sämtliche berechneten Konstruktionen in denen HWL-Platten verwendet werden haben eine extrem schlechte Bewertung.

Dies ist folgenden Abbildungen zu entnehmen: Abb.5.16 Zeile 4+5, Abb.5.18 Zeile 9, Abb.5.20 Zeile 11+21, Abb.5.22 Zeile 14, Abb.5.24 Zeile 17+18.

Die Berechnungsformel könnte hier durch den Ansatz eines höheren Äquivalenzwertes verbessert werden.

Vorschlag:

Veränderung von $t_p = 0.3 * t_{p,hw}$ (gegenwärtig)

auf $t_p = 0.45 * t_{p,hw}$

6.4 Bewertung von GKF- und Holzwerkstoffplatten

Beim Vergleich von Konstruktionen in denen GKF-Platten dominieren mit solchen in denen Holzwerkstoffplatten dominieren zeigt sich, daß GKF-Platten bei Deckenkonstruktionen zu gut bewertet werden.

Dies ist den Abbildungen 5.2 und 5.4 zu entnehmen. Die Rechenergebnisse liegen über den DIN-Werten und sind somit auf der unsicheren Seite.

Die Berechnungsformel müßte somit bei in Deckenkonstruktionen eingesetzten GKF-Platten korrigiert werden.

$$\begin{aligned} t_p &= \xi * 1,9 * h_p && \text{für } h_p < 15 \text{ [mm] (gegenwärtig)} \\ t_p &= \xi * (2,5 * h_p - 9) && \text{für } h_p > 15 \text{ [mm] (gegenwärtig)} \end{aligned}$$

Vorschlag:

Abminderung auf

$$t_p \text{ (neu)} = 0.8 * t_p \text{ (gegenwärtig)}$$

6.5 Handlungsbedarf

Die meisten der gemachten Verbesserungsvorschläge zielen auf eine wirtschaftlichere Berechnung. Werden sie nicht umgesetzt so kostet es "nur Material".

Zwei Verbesserungsvorschläge hingegen wurden gemacht, weil die derzeitigen Formeln auf der unsicheren Seite liegen. Sie sollten Gehör finden, da sonst der Eurocode zu einer Verschlechterung der Sicherheitsstandards in Deutschland führen würde.

Im Verlauf dieser Diplomarbeit wurden mehrmals Änderungen im EC 5, P 10 vorgenommen. Mehrmals mußte so das Berechnungsprogramm abgeändert und neue Berechnungen durchgeführt werden. Die neuesten Änderungen konnten nur bedingt berücksichtigt werden, da die Arbeit beim Erscheinen dieser Änderungen bereits in einem stark fortgeschrittenem Stadium war.

Erfreulich war, daß durch diese Diplomarbeit bereits eine Änderung im EC 5, P 10 erreicht wurde.