

Entwicklung von Konstruktionsdetails
für
Niedrigenergiehäuser in Holzbauweise

700 9/10

Abschlußbericht - Kurzfassung

Durchgeführt im Auftrag der
EGH - Arbeitskreis Entwicklungsgemeinschaft Holzbau
in der DGfH - Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.

mit Förderung durch den
Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen Städtebau
Förderzeichen B15 - 80 01 94 - 23

Bearbeitung

Ing. (grad.) Bauingenieurwesen H. Petrik

Dipl.-Ing. H. Müller-Balz

Zimmermeister C. Hubweber

M. Schefzik

Dipl.-Ing. J. Batzdorfer

Institut des Zimmerer- und Holzbaugewerbes
Friedrich-Ebert-Straße 5
34117 Kassel
Tel.: (05 61) 7 09 45-0 Fax: (05 61) 7 09 45 67

1 Ausgangslage und Ziele der Untersuchung

Der Baustoff Holz ist ein einheimischer, nachwachsender Rohstoff, der gegenüber den meisten anderen Baustoffen für den Hausbau Vorzüge aufzuweisen hat, die vor allem in der Ökologie und der Ressourcenschonung liegen. Der Primärenergiegehalt ist nur etwa halb so groß wie bei Kalksandsteinen; die einheimische Erzeugung erfolgt dezentral und ausschließlich nach dem Prinzip der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. [1] Mit den im Holzbau seit Jahrzehnten bewährten Konstruktionssystemen werden durch geringfügige Abwandlungen und Ergänzungen Niedrigenergiehäuser gebaut, die heutige und künftige Anforderungen erfüllen können.

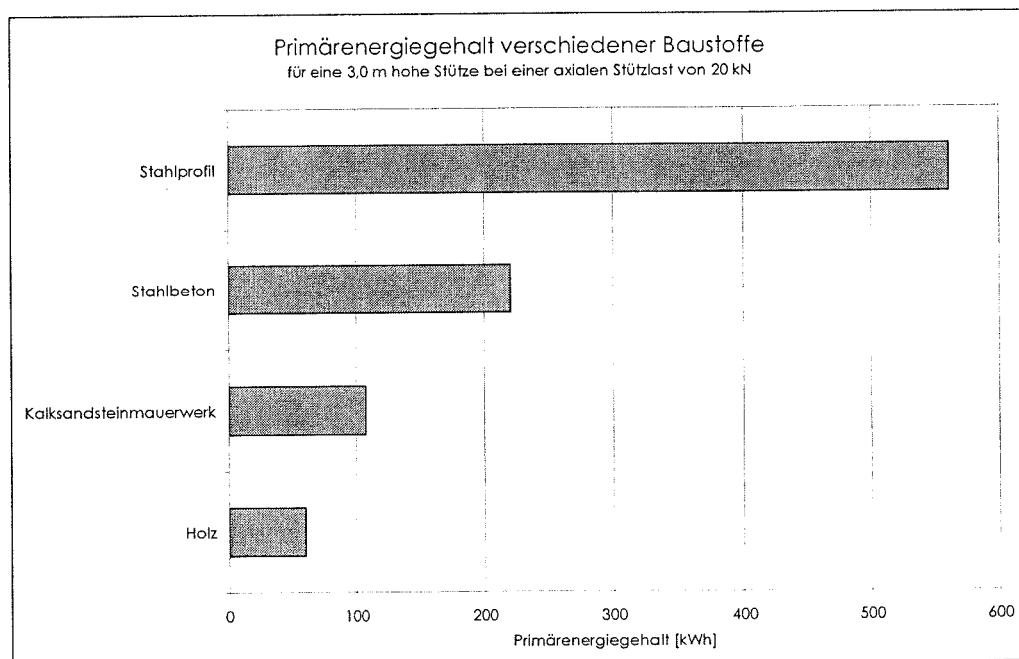


Abbildung 1: Primärenergiegehalt verschiedener Baustoffe im Vergleich. Verglichen wurden jeweils 3,0 m hohe und für eine axiale Stützlast von 20 kN bemessene Stützen. (nach [2])

Die Tatsache, daß vergleichsweise wenig Holzhäuser gebaut werden hat verschiedene Ursachen. Alle Konstruktionshölzer und Verbindungen der Konstruktionshölzer untereinander müssen immer wieder für jedes Bauwerk individuell rechnerisch nachgewiesen werden; eine Standardisierung - wie beispielsweise für Fertigstürze im Mauerwerksbau oder auch im Stahlbau - ist im individuellen Holzbau bisher noch nicht üblich. Daraus resultieren aufwendigere Planungsleistungen und höhere Fertigungskosten.

Bei konkreten Bauentscheidungen schlägt sich diese hohe Wertschätzung von Holz als Baustoff nicht im gleichen Maße in der Entscheidung für Holzbauweisen nieder. Neben allgemeinen Vorbehalten und Unsicherheiten bezüglich der Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit von Holzhäusern spielt dabei auch das Image von Holz als Baustoff nach wie vor eine wichtige Rolle. Negative Begriffe die in diesem Zusammenhang von Bauherren genannt werden sind z.B. traditionell, wenig modern, uneinheitliche Qualität und wenig preisgünstig. [3]

Von Architekten wird bemängelt, daß die statisch bedingten großen Querschnitte als zu schwer und architektonisch wenig ansprechend wirken. [4]

Übereinstimmend wird deshalb in den vergangenen Jahren immer wieder von maßgeblichen Experten die Forderung nach einer gezielten Weiterentwicklung von Bauholz und Holzkonstruktionen gestellt.

Trotz aller Vorzüge von Niedrigenergiehäuser in Holzbauweise und der großen Akzeptanz des umweltverträglichen Baustoffes Holz bei der potentiellen Bauherrschaft haben Häuser in Holzbauweise lediglich einen Anteil von 6 % am Gesamtbauvolumen bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Hindernisse bei der Umsetzung der überzeugenden Niedrigenergiekonzepte in Holzbauweise sind

- die HOAI, die den notwendigen höheren Planungsaufwand gegenüber der Massivbauweise nicht angemessen berücksichtigt,
- kalkulatorische Unsicherheiten sowohl bei den Planern als auch bei den Ausführenden in bezug auf die große Vielfalt der Konstruktionsvarianten (Unikatfertigung),
- technische Unsicherheiten auf Seiten der Planer und der Ausführenden insbesondere in bezug auf die Ausbildung von Konstruktionsdetails.

Der verstärkte Bau von Niedrigenergiehäusern in Holzbauweise ist eine umweltverträgliche, ressourcenschonende und auch wirtschaftliche Möglichkeit, die Vorräte an fossilen Energieträgern zu schonen und gleichzeitig die CO₂-Emissionen deutlich zu verringern. Niedrigenergiehäuser in Holzbauweise haben gegenüber konkurrierenden Bauweisen (Massivbauweise mit Ziegelwänden) noch den zusätzlichen Vorteil, daß bei gleichem Jahres-Heizwärmebedarf die erforderliche Konstruktionsfläche für die raumabschließende Gebäudehülle deutlich geringer ist. Das heißt, bei glei-

chem Flächenverbrauch auf einem Baugrundstück steht eine größere Wohn-/Nutzfläche zur Verfügung.

Die mit dem Forschungsvorhaben erzielten Ergebnisse können einen Beitrag dazu leisten, daß

- der erforderliche Aufwand für die Planung von Niedrigenergiegebäuden in Holzbauweise verringert werden kann, indem auf bewährte, überprüfte und immer wiederkehrende Konstruktionslösungen zurückgegriffen werden kann,
- für die Kalkulation der Leistungen (sowohl beim Planer, bei Wohnungsbaugesellschaften als auch bei Bauausführenden) immer wieder auf die Erfahrungen aus vorangegangenen Projekten zurückgegriffen werden kann und sich damit ein größeres Maß an Sicherheit einstellt,
- die technischen Unsicherheiten in bezug auf die Angemessenheit und Funktionsfähigkeit der auszuwählenden Detailkonstruktionen durch den Rückgriff auf funktionsfähige, wissenschaftlich abgesicherte und in der Praxis bewährte Konstruktionslösungen beseitigt werden können.

Als Basisvarianten für die zu betrachtenden Konstruktionen wurden Gebäude in Holzrahmenbauweise ausgewählt. Dabei wurden Gebäude in Stockwerksbauweise und in der Bauweise des Balloon-Framing differenziert.

Die Holzrahmenbauweise (vgl. Abbildung 2) wurde deshalb ausgewählt, weil die Bemessung der Wandkonstruktionen identisch ist mit der für die Holztafelbauart. Mit der von den Unternehmen der einheimischen Fertighausindustrie fast ausschließlich angewendeten Holztafelbauart und der Holzrahmenbauweise wird der weitaus überwiegende Anteil der heute und in den nächsten Jahren errichteten Holzhäuser abgedeckt. Die Fachwerkbauweise wird überwiegend für Rekonstruktionen oder beim Bauen im Bestand mit sehr starker Berücksichtigung der Nachbarbebauung angewendet. Die Skelettbauweise und die Raumzellenbauweise sind gegenwärtig unter Berücksichtigung der realisierten Objekte eher die Ausnahme, auch wenn es einzelne Hersteller gibt, die sich auf diese Bauweisen spezialisiert haben.

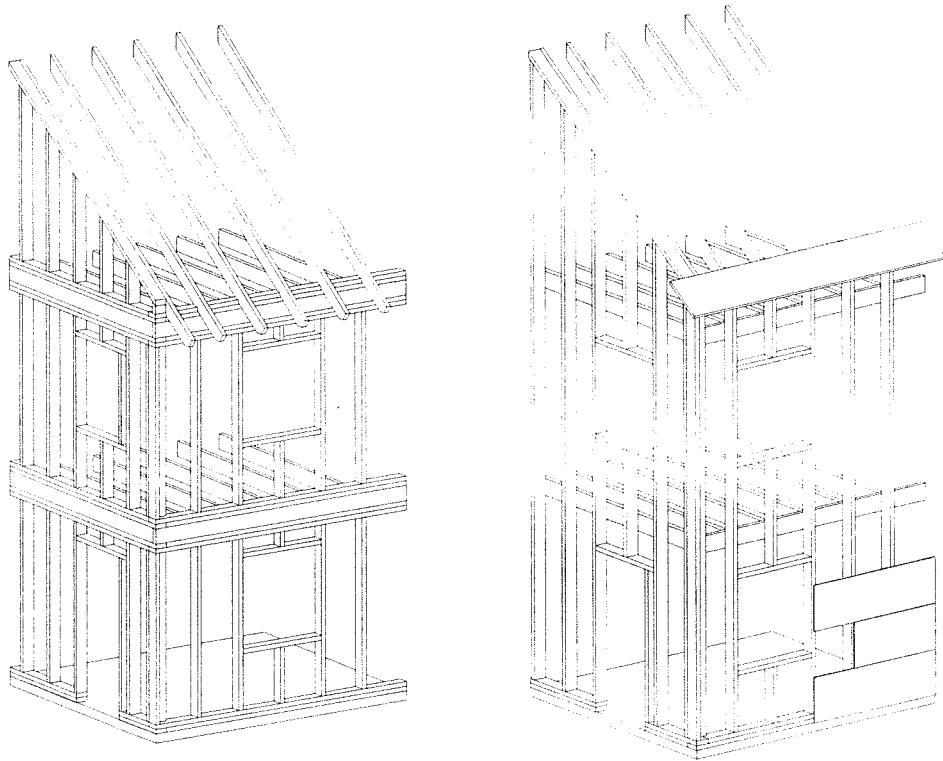


Abbildung 2: Prinzipdarstellung einer Gebäudeecke mit Dachkonstruktion für ein zweigeschossiges Gebäude in Holzrahmenbauweise (links: Stockwerkbauweise, rechts: Balloon-Framing)

2 Inhalt

Da die Auswahl der Konstruktionen für die Errichtung von Niedrigenergiehäusern in Holzbauweise – Wände, Decken, Dächer – und deren Bemessung keiner weiteren Begründung bedarf, liegt der Schwerpunkt der Darstellungen auf den bauphysikalischen Anforderungen und Nachweisen. Die Aspekte des

- Wärmeschutz
 - Feuchteschutz
 - Luftdichtheit / Winddichtheit
 - Schallschutz
 - Brandschutz sowie
 - Holzschutz
- werden umfassend erläutert.

Soweit für den Nutzer zweckdienlich, sind die Anforderungen tabellarisch aufbereitet oder / und durch Schaubilder verdeutlicht. Ein Beispiel dafür ist die grafische Verdeutlichung der erforderlichen Schichtdicken von Dämmschichten in Abhängigkeit vom Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit zur Erfüllung der Anforderungen nach DIN 4108-2 Tabelle 2 (vgl. Abbildung 3).

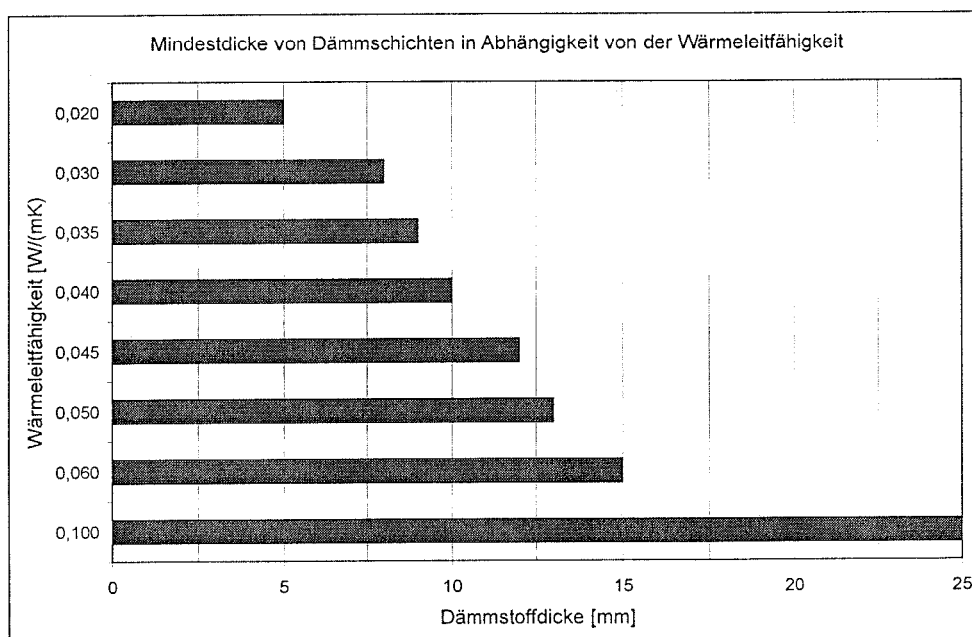


Abbildung 3: Erforderliche Schichtdicken von Dämmschichten in Abhängigkeit vom Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit zur Erfüllung der Anforderungen nach DIN 4108-2 Tabelle 2

Weiter Hilfestellungen sind konkrete Angaben zu Zahlenwerten oder Produkten / Produkteigenschaften, um eine schnelle und sichere Bewertung von Konstruktionsvarianten zu erleichtern und sicherer zu gestalten. So ist z.B. für die Abschätzung der er-

forderlichen Dicke der Wärmedämmung in Abhängigkeit vom angestrebten Wärmedurchgangskoeffizienten, der Wärmeleitfähigkeitsgruppe des zu verwendenden Dämmstoffes sowie dem Verhältnis von Rippen- und Gefachanteil eine darauf abgestimmte Tabelle aufgenommen, die für alle Bauteilkonstruktionen in Holztafelbauart verwendet werden kann (Tab. 1). Ähnlich wurde auch bei anderen Anforderungen an Bauteile / Bauteilkonstruktionen verfahren.

Tab. 1: Erforderliche Dämmstoffdicke in Abhängigkeit vom Gefachanteil in einer Holzkonstruktion in Holztafelbauart und der WLG des verwendeten Wärmedämmstoffes

| Wärmeleitfähigkeitsgruppe Wärmedämmstoff | Gefachanteil in % | | | | |
|--|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| erf. Dämmstoffdicke [mm] bei $k_m \leq 0,50$ | | | | | |
| WLG 030 | 150 | 130 | 110 | 95 | 80 |
| WLG 035 | 150 | 130 | 110 | 95 | 80 |
| WLG 040 | 150 | 140 | 120 | 100 | 90 |
| WLG 045 | 160 | 140 | 130 | 110 | 100 |
| erf. Dämmstoffdicke [mm] bei $k_m \leq 0,30$ | | | | | |
| WLG 030 | 250 | 215 | 185 | 155 | 125 |
| WLG 035 | 260 | 225 | 195 | 170 | 140 |
| WLG 040 | 265 | 240 | 210 | 180 | 155 |
| WLG 045 | 275 | 250 | 220 | 195 | 170 |
| erf. Dämmstoffdicke [mm] bei $k_m \leq 0,22$ | | | | | |
| WLG 030 | 345 | 300 | 260 | 215 | 170 |
| WLG 035 | 360 | 315 | 275 | 230 | 190 |
| WLG 040 | 370 | 330 | 290 | 250 | 210 |
| WLG 045 | 380 | 350 | 300 | 270 | 230 |
| erf. Dämmstoffdicke [mm] bei $k_m \leq 0,154$ (z.B. Dachschrägen und Decken gegen Außenluft unter Berücksichtigung der um etwa 30% erhöhten Anforderungen der künftigen Energiesparverordnung) | | | | | |
| WLG 030 | 500 | 440 | 375 | 310 | 250 |
| WLG 035 | 515 | 460 | 400 | 335 | 280 |
| WLG 040 | 530 | 480 | 420 | 365 | 310 |
| WLG 045 | 550 | 495 | 440 | 390 | 335 |

Ergänzend werden auch die Anforderungen an Bauprodukte zusammenfassend dargestellt. Es sind die Mindestanforderungen angegeben, wobei besonders auf die Dämmstoffe unter den verschiedenen Gesichtspunkten der Verwendung (Wärme-, Schall- und Brandschutz) und auf die Bauprodukte für die Herstellung von wind- / luftdichtenden Ebenen eingegangen wird.

3 Ergebnisse und Empfehlungen

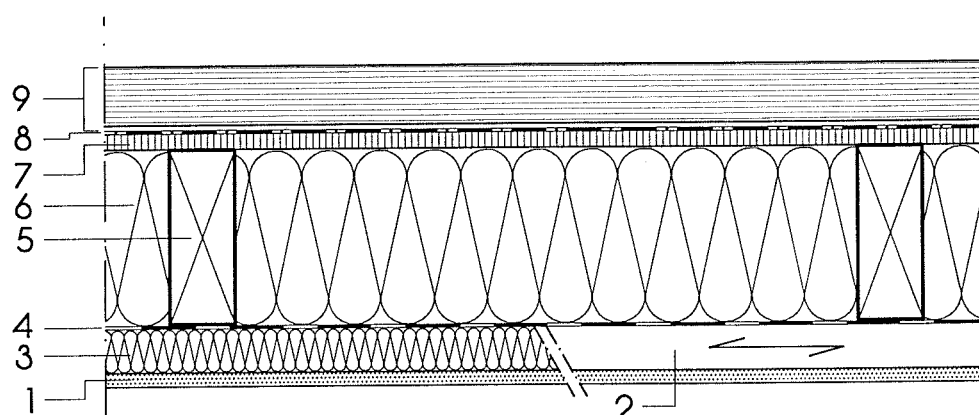
Die Ergebnisse selbst sind dann in mehreren Anlagen in thematisch zusammengehörigen Gruppen zusammengefaßt. Jeder Gruppe von Konstruktionsdetails ist – soweit aufgrund der Besonderheiten erforderlich und zweckmäßig – eine einführende Erläuterung vorangestellt.

Folgende Anlagen / Gruppen von Bauteilkonstruktionen sind aufgenommen:

-A- Konstruktionsdetails – Lösungsvorschläge für Regelquerschnitte und Anschlußdetails Außenwände

Die Regelquerschnitte sind – wie im nachfolgenden Beispiel exemplarisch gezeigt – durch

- eine maßstabähnliche / maßstäbliche Zeichnung dargestellt,
- in einer Tabelle werden die verwendbaren Bauprodukte angegeben wobei auch auf zu beachtende Besonderheiten hingewiesen wird und
- in einer weiteren Tabelle werden bauphysikalischen Leistungsdaten angegeben.



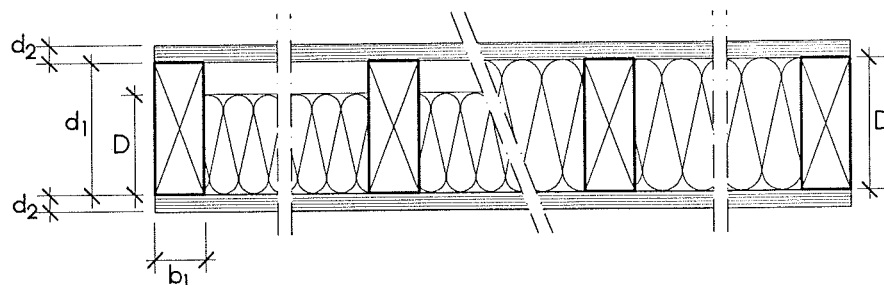
| Leistungsdaten Bauphysik und Holzschutz | | |
|--|--|--|
| Wärmeschutz | $k_{\text{Gefach}} = 0,196 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ $k_{\text{Rippen}} = 0,430 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | Mittelwert des k-Wertes k_m durch die Berücksichtigung des tatsächlichen Rippenanteils berechnen |
| Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102-4 | F 30-B | Klassifizierte Konstruktionen nach DIN 4102-4, s. Anlage B |
| Baustoffklasse der raumseitigen Oberfläche | A | |
| Schalldämmung | - | |
| Holzschutz DIN 68 800 -2, -3 | GK 0 | GK = Gefährdungsklasse nach DIN 68 800-3 |

| ZN | Bauteilschicht / Bau- und Werkstoffe | Materialbedarf je m ² | | | Dicke [mm] | Bemerkungen / Hinweise |
|----|--|----------------------------------|-------------|--------|------------|--|
| | | netto | Ver-schnitt | brutto | | |
| 1 | Gipsbauplatten (Gipskartonplatten, bzw. Gipsfaserplatten) | 1,0 m ² | | | 12,5 | |
| 2 | Unterkonstruktion | 1,6 m | | | 30,0 | e = 625 mm |
| 3 | Wärmedämmstoff (WLG 040) | 0,9 m ² | | | 30,0 | Anwendungsfall GK 0 beachten |
| 4 | Luftdichtheitsschicht ¹⁾ aus Folien, Pappen, Papieren | 1,0 m ² | | | - | s _d ≥ 2,00 m , |
| 5 | Holzrippe aus Vollholz | 1,6 m | | | 160,0 | e = 625 mm, u _m ≤ 18%, vorzugsweise aus KVH |
| 6 | Wärmedämmstoff (WLG 040) | 0,9 m ² | | | 160,0 | Anwendungsfall GK 0 beachten |
| 7 | Bepankung | 1,0 m ² | | | 15,0 | |
| 8 | Äußere Bekleidung / Abdeckung und Winddichtheitsschicht | 1,0 m ² | | | - | s _d ≤ 1,50 m, Stöße müssen dicht verklebt sein; |
| 9 | Wandbekleidung gemäß Bekleidungsvarianten 1 - 6; | - | | | - | siehe A 02.01 – A 02.06 |

¹⁾ Je nach Ausführung der äußeren Wandbekleidung ist zu prüfen, ob zur Gewährleistung der Tauwasserfreiheit der Einbau einer dampfbremsenden Schicht erforderlich ist.

Analog wurde auch bei der Darstellung von Konstruktionen zur Erzielung bestimmter Feuerwiderstandsklassen vorgefahren. Nachfolgend das Beispiel für eine tragende, nicht raumabschließende Wände in Holztafelbauart aus der Anlage

-B- Konstruktionsdetails – Wandkonstruktionen zur Erzielung bestimmter Feuerwiderstandsklassen



| | Bauteilschicht | | | | Feuerwiderstandsklasse |
|----------------|--|--|--|--|------------------------|
| | Benennung | Dicke [mm] | zul σ_D [N/mm ²] | Bemerkung / Hinweise | |
| b ₁ | Rippe aus Vollholz | b ₁ x d ₁ ≥ 50x80 | 2,5 | Bauschnittholz nach DIN 1052-3 bzw. DIN 4074-1 | F 30-B |
| d ₂ | Bepankung / Bekleidung aus Holzwerkstoffplatten | ≥ 25 ≥ 2 x 16 | Rohdichte $\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$ | | |
| d ₂ | Bepankung / Bekleidung aus GKF-Platten | ≥ 15 | | | |
| d ₂ | Bepankung / Bekleidung aus GKB-Platten | ≥ 18 | | | |
| D | Dämmschicht | Brandschutztechnisch nicht erforderlich | | | |

Nach dem gleichen Prinzip ist auch die Darstellung aller anderen Konstruktionen der weiteren Gruppen aufgebaut.

- C- Konstruktionsdetails – Lösungsvorschläge für Regelquerschnitte und Anschlußdetails Innenwände (leichte Trennwände)
- D- Konstruktionsdetails – Innenwandkonstruktionen zur Erzielung bestimmter Feuerwiderstandsklassen
- E- Konstruktionsdetails – Lösungsvorschläge für Regelquerschnitte zu Geschoßdecken zum beheizten Raum
- F- Konstruktionsdetails – Lösungsvorschläge für Regelquerschnitte zu Geschoßdecken zum unbeheizten Raum
- G- Konstruktionsdetails – Deckenkonstruktionen zur Erzielung bestimmter Feuerwiderstandsklassen
- H- Konstruktionsdetails – Lösungsvorschläge für die Ausbildung von Anschlüssen für Wind- / Luftdichtheitsebenen

Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Informationsdienst Holz: Holz - ein Rohstoff der Zukunft nachhaltig verfügbar und umweltgerecht. Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., Verfasser: Frühwald, A.; Wegener, G., Krüger, S.; Beudert, M.; 1994
- [2] Jordan, Horst-Dieter: Wald schützen - Holz nützen ; Holz-Zentralblatt Nr. 126, S. 2037 ff
- [3] Sell, J.: Holz- Baustoff der Zukunft. in: Tagungsunterlagen zum Deutschen Holzbautag 1991 in Freiburg; BDZ im ZDB; Bonn, 1991
- [4] Kroth, W.; Kollert, W; Filippi, M: Analyse und Quantifizierung der Holzverwendung im Bauwesen. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Lehrstuhl für Forstpolitik und Forstliche Betriebswirtschaftslehre der Ludwig-Maximilians-Universität, München 1991, S. 114