

Holzbauweisen für den verdichteten Wohnbau

Grundlagenstudie

Endbericht

Auftragnehmer:

Schöberl & Pöll OEG

Autoren:

O.Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter

Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien

O.Univ. Prof. Di DDr. Jürgen Dreyer

Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, TU Wien

DI Helmut Schöberl

Schöberl & Pöll OEG

In Zusammenarbeit mit:

Ingenieurbüro für Bauphysik und Konstruktion: DI Heinz J. Ferk

MA 35B Brandschutz: SR DI Ferdinand Schmid

Holzforschung Austria: Univ Lektor DI HTL Klaus Peter Schober

RW Tragwerksplanung: Univ. Lektor DI Dr. Richard Woschitz

MA 24 Städtischer Wohnbau: Fwkm. Arnold Edelhofer

Mit Förderung vom

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (F1431)

Wien, September 2001

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der ersten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.hausderzukunft.at dem Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Zusammenfassung	2	3.1.5.2.4	Doppelschalige Konstruktion mit Vorsatzschale VS	34
Summary	3	3.1.6	Konstruktionsvarianten Decke-Wand- Anschluss	34
1 Einleitung	5	3.1.7	Untersuchungen zur Körperschalldämpfung bei Vorsatzschalen	36
1.1 Aufgabenstellung	5	3.2	Feuchteschutz	38
1.2 Arbeitsweise	5	3.2.1	Einleitung	38
1.3 Beteiligte	6	3.2.2	Gefahr einer Pilzbildung durch hohe Durchfeuchtung	38
2 Konstruktives Repertoire	7	3.2.3	Anforderungen an Bauteile und Berechnungsmethoden	39
2.1 Überblick	7	3.2.4	Rechnerische Untersuchung der feuchtetechnischen Performance	40
2.2 Rahmenbau, mehrgeschossig	8	3.2.4.1	Innenklimasimulation	40
2.3 Skelettbau, mehrgeschossig	9	3.2.4.2	Analyse der Konstruktionsvarianten für den Decke-Wand-Anschluss hinsichtlich der Durchfeuchtung aufgrund des Innenklimas	46
2.4 Massivholzbau, mehrgeschossig	9	3.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse der feuchtetechnischen Berechnungen	54
2.5 Vorfertigung	10	4 Kritische Aspekte des Tragverhaltens	55	
2.6 Montage	11	4.1	Setzungen	55
2.6.1 Größe der Elemente	11	4.1.1	Probleme bei "eingeklemmten" Decken	55
2.6.2 Geschosshöhe – Gebäudehöhe Wandelemente	11	4.1.2	Durchgehende Wandkonstruktionen	55
2.6.3 Versetzen von Decken	14	4.2	Aussteifungen	56
2.6.4 Ausgewählte Varianten	15	4.2.1	Anzahl und Lage der Aussteifungsscheiben unter Windbelastung	56
2.7 Gesamtübersicht	17	4.2.2	Verankerungen	57
3 Bauphysikalische Performance	19	4.3	Schwingungen, Erdbeben	57
3.1 Schallschutz	19	4.3.1	Neue Erdbebennorm in Österreich	58
3.1.1 Anforderungen an den Schallschutz	19	4.3.2	Auswirkungen der neuen Erdbebennorm auf verschiedene Bauweisen	59
3.1.1.1 ÖNORM B 8115-2	19	4.3.3	Stahlbetonbauweise	59
3.1.1.2 Wiener Bauordnung (WBO)	19	4.3.4	Holzbauweisen	59
3.1.2 Berechnungsmethoden	19	4.3.5	Fazit	60
3.1.2.1 ÖNORM B 8115	19	5 Detailentwicklung	61	
3.1.2.2 DIN 4109	20	5.1	Varianten in Rahmenbauweise	61
3.1.2.3 EN 12354	20	5.1.1	Zweischalige Holzrahmenwand (RW2)	61
3.1.2.4 Rechenverfahren nach Gösele [GÖS79] bzw. Holz [HOL99]	21	5.1.1.1	Anschluss Wand - Deckenbalken	63
3.1.3 Schallschutztechnische Zusammenhänge zwischen der Decken-Grundkonstruktion und den verschiedenen Aufbauten:	21	5.1.1.2	Vorsatzschale	64
3.1.3.1 Einfluss unterschiedlicher Estriche	23	5.1.2	Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern (RW3)	64
3.1.4 Deckenvarianten	23	5.1.2.1	Vorsatzschale	66
3.1.4.1 Holzbalkendecke	23	5.1.3	Variante einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe (RW4)	67
3.1.4.2 Massivholzdecke	28	5.1.3.1	Schalltechnischer Aspekt	68
3.1.5 Wandvarianten	31	5.2	Varianten in Holzmassivbauweise	68
3.1.5.1 Leichte Wände	31	5.2.1	Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten (MW3, MW4)	69
3.1.5.1.1 Doppelschalige, biegeeweiche Wände	31			
3.1.5.1.2 Vierschalige, biegeeweiche Wände	31			
3.1.5.2 Massivholzwände	32			
3.1.5.2.1 Einschalige Wände	32			
3.1.5.2.2 Doppelschalige Konstruktion	32			
3.1.5.2.3 Einschalige Konstruktion mit Vorsatzschale VS	33			

5.2.2	Einschalige Massivwand mit Mehrschichtplatte und stehenden Pfosten (MW5)	69	7.3.2.4	Brettstapeldecke (MD1).....	104
6	Brandverhalten	73	7.3.3	Kommentare der Zimmereien zu den K-Blättern	105
6.1	Ausgangslage	73	7.4	Betonmassivbau	106
6.2	Auslegungsvorschlag der Stadt Wien	74	7.4.1	Stahlbetonwand (BW1).....	106
6.3	Beurteilung der erarbeiteten Varianten	80	7.4.2	Mantelbetonmauerwerk (BW2)	107
7	Kostenanalyse	87	7.4.3	Katzenberger Fertigteilmwand (BW3)	108
7.1	Grundlagen	87	7.4.4	Stahlbetondecke (BD1).....	108
7.1.1	Ausgangssituation	87	7.5	Tabellarische Gegenüberstellung und Schlussbemerkungen	109
7.1.2	Normative Grundlagen	87	8	Prototyp	111
7.1.3	Bauwirtschaftliche Grundlagen	87	8.1	Ausgangsüberlegungen	111
7.1.3.1	Bruttokosten.....	87	8.2	Technische Beschreibung.....	112
7.1.3.2	Kostenermittlung.....	88	8.2.1	Wand.....	112
7.1.4	Kalkulative Grundlagen	89	8.2.2	Decke	113
7.1.4.1	Lohnkosten	89	8.2.3	Aussteifungsskelettrahmen in Längsrichtung.....	114
7.1.4.2	Materialkosten.....	89	8.2.4	Vorsatzschalen	115
7.1.4.2.1	Erhobene Materialkosten	89	8.3	Herstellung und Montage / Bilddokumentation	117
7.1.4.2.2	Berechnete Materialpreise	90	8.4	Messergebnisse zur Schallübertragung und Schallschutz des Prototyps.....	125
7.1.4.2.3	Exkurs Brettstapeldecke	90	8.5	Dokumentation der Belastungsversuche	127
7.1.4.3	Transportkosten.....	91	8.5.1	Planung und Ausführung der Versuchsreihe	127
7.2	Annahmen und Festlegungen	91	8.5.2	Ablauf der Versuchsreihe	127
7.2.1	Preiskalkulation	91	8.5.3	Ergebnisse der statischen Versuchsreihe	128
7.2.2	Fabrikmontage.....	91	8.5.4	Ergebnisse der dynamischen Versuche	128
7.2.3	Leistungsansätze	91	8.5.5	Diskussion der Ergebnisse	128
7.2.4	Baustellengemeinkosten	91	8.5.6	Fotodokumentation	129
7.2.5	Montagekosten.....	91	9	Zusammenfassung der Ergebnisse	131
7.2.6	Massen.....	91	10	Weiterer Forschungsbedarf	133
7.2.7	Materialien.....	92	Glossar	135	
7.2.8	Bauphysikalische Gleichwertigkeit.....	92	Literaturverzeichnis	136	
7.2.9	Ausbaugrad	92	Anhang	139	
7.3	Holzbau.....	93			
7.3.1	Rahmenbau.....	93			
7.3.1.1	Zweischalige Holzrahmenwand (RW2)	93			
7.3.1.2	Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern (RW3).....	94			
7.3.1.3	Einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe (RW4)	95			
7.3.1.4	System Kohlbacher (RWkb)	96			
7.3.1.5	Holzbalkendecke (RD1 bis RD5) ..	98			
7.3.2	Massivholzbau.....	100			
7.3.2.1	Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten und verschiedenen Montageprinzipien (MW3, MW4)	100			
7.3.2.2	Einschalige Holzmassivwand mit Mehrschichtplatte und stehenden Pfosten, gebäudehohe Großtafel (MW5).....	102			
7.3.2.3	System KLH (MWklh)	103			

Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Die im April 2001 in Kraft getretene Novelle der Wiener Bauordnung lässt zum ersten Mal in Österreich 5-geschossige Holzmischbauten zu. (Vier Holzgeschosse auf einem mineralischen Sockelgeschoss mit hohen Brandschutzanforderungen an Tragkonstruktion und Brandabschnitte). Dies eröffnet dem Holzbau Gebäudekategorien des verdichteten Wohnbaus, für die es bisher in Österreich und im deutschsprachigen Raum kaum Beispiele gibt. Neue Kenntnisse und Erfahrungen bei der Planung und Errichtung mehrgeschossiger Holzbauten sind erforderlich. Im Mietwohnbau können sich derartige Bauweisen allerdings nur dann durchsetzen, wenn das Preis-Leistungsverhältnis dem der marktführenden Ziegel-Stahlbetonbauweise entspricht.

In diesem Sinne wurden in einem einjährigen Forschungsprogramm bautechnische Varianten für tragende Wand- und Deckenkonstruktionen untersucht und kostenmäßig verglichen. Die Finanzierung erfolgte durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen der wirtschaftsbezogenen Grundlagenstudien des Förderprogramms „Haus der Zukunft“ und durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.

Der Ausgangspunkt für die Untersuchungen und Entwicklungen von Konstruktionsvarianten war ein 5-geschossiges Wohnbauprojekt mit 150 Wohneinheiten, das die Sozialbau, die größte österreichische gemeinnützige Bauvereinigung, in Wien realisieren will.

Untersuchungsschwerpunkt waren die tragenden Wohnungstrennwände und die Decken als Kernprobleme (z.B. hohe statische Lasten, hohe dynamische Lasten beispielsweise durch Erdbeben, strenge Anforderungen puncto Schall- und Brandschutz und oft hohe Feuchtebelastung aufgrund der Nutzung) des mehrgeschossigen Holzwohnbaus und als wichtiger Kostenfaktor.

Ablauf und Arbeitsergebnisse

In einem ersten Arbeitsabschnitt wurde das konstruktive Repertoire des mehrgeschossigen Holzbaus anhand von Beispielen analysiert und bezogen auf die spezifischen Anforderungen bewertet. Dabei wurde die Ausbildung des Knotens Wand-Decke als besonders kritisch eingestuft (Setzungen, Kräftefluss). Bei den weiteren Konstruktionsentwicklungen wurden Lösungen ohne „eingeklemmte“ Decken bevorzugt.

Parallel wurden in einem zweiten Arbeitsabschnitt Grundlagenuntersuchungen zum Schallschutz und zum Feuchteverhalten durchgeführt. Dabei wurden detaillierte Messungen der Schallausbreitung an bestehenden Wohnbauten und im Rahmen des Forschungsprojekts errichteten Prototypen durchgeführt, insbesondere wurde die Übertragung über Flankenwege erfasst, es konnte erstmals eine Datenbasis für Schallschutzberechnungen bei Konstruktionen dieses Typs gemäß Euronorm 12354 geschaffen werden.

Bei der Analyse der feuchtetechnischen Performance der verschiedenen Außenwand-Decken-Anschlüsse konnte gezeigt werden, dass eine unkritische Übertragung von Konstruktionen für Einfamilienhäuser in den mehrgeschossigen Wohnbau zu problematischen Zuständen in den Holzbauteilen führen kann. Mit Hilfe der Simulation des Wärme- und Feuchtefeldes innerhalb des Decken-Wand-

Anschlusses konnten Varianten gefunden werden, die, trotz hoher Innenraumluftfeuchten, eine ausgeglichene Feuchtebilanz innerhalb der zulässigen Holzfeuchten besitzen.

Im Zuge des Forschungsprojekts wurden die generellen Anforderungen der Wiener Bauordnung und deren spezielle Anwendung auf hölzerne Tragkonstruktionen diskutiert und dokumentiert.

Im Bereich Baukosten wurde ein Instrumentarium entwickelt, mit dem Holzbauten und Massivbauten direkt und nachvollziehbar verglichen werden können.

Im dritten Arbeitsabschnitt wurden verschiedene Konstruktionsvarianten des Rahmenbaus und des Holzmassivbaus entwickelt und verglichen. Dabei wurde speziell im Bereich des Massivholzbaus alternativ zu den bestehenden verleimten Plattenprodukten eine Bauweise entwickelt, die unter Verwendung marktgängiger Holzrohstoffe von Zimmereien mit einfachsten Abbundmaschinen ohne spezielle Verleimtechnik hergestellt werden können.

Die erarbeiteten Varianten, zwei firmenspezifische Lösungen und mehrere Betonmassivbaulösungen, wurden kostenmäßig bewertet und nach einheitlichen Kriterien verglichen.

Im vierten Arbeitsabschnitt wurde ein zweigeschossiger Prototyp errichtet und bezüglich Schallschutz und statisch-dynamischem Tragverhalten durchgemessen. Als Bauweise wurde die entwickelte Variante des handwerklichen Massivholzbaus ausgewählt. Die Messungen haben gezeigt, dass die Konstruktion die Schallschutzanforderung und die statisch-dynamischen Anforderungen erfüllt. Die Konstruktion zeigt ein ausgeprägtes plastisches Verhalten.

Erkenntnisse

- € Unter gleichen bauphysikalischen Anforderungen können sowohl die optimierten Rahmenbaulösungen als auch die entwickelten Massivholzwände mit den marktgängigen Betonmassivbauweisen kostenmäßig konkurrenzieren.
- € Die handwerklichen Massivholzlösungen können trotz des höheren Holzverbrauchs kostenmäßig mit den Rahmenbaulösungen mithalten.
- € Einschalige Wandaufbauten bringen im Holzbau entscheidende Kostenvorteile gegenüber den zweischaligen Aufbauten. Pauschal gilt im Holzbau, dass durch die Verwendung großer Elemente Kosten gespart werden können.
- € Bei entsprechenden Randbedingungen können vorgefertigte gebäudehohe Wandelemente geschosshohen Elementen kostenmäßig zumindest gleichwertig sein. Einzelne verlegte vorbereitete Deckenbalken sind mit vorgefertigten Deckentafeln kostenmäßig vergleichbar.
- € Teilbiegesteife Verbindungen zwischen durchlaufenden Wandelementen und Decken können im Holzbau Aussteifungsfunktionen übernehmen und dadurch das Verhalten im kritischen Lastfall Erbeben wesentlich verbessern.
- € Bei Einsatz von mineralischen Vorsatzschalen können auch bei einschaligen durchlaufenden Wandelementen in Holzbauweise die Schallschutzanforderungen gemäß ÖNORM B 8110 erfüllt werden. Eine wesentliche Erhöhung der Wirkung von Vorsatzschalen kann, gegenüber der herkömmlichen Montageweise, durch Kopplung geeigneter Dämmschichten mit den biegeweichen Vorsatzschalen erzielt werden.

Summary

Task

The newly revised Viennese building code, in effect since April 2001, now finally allows timber mixed-construction buildings to be erected up to five-storeys (four timber floors on a mineral ground floor with high structural demands for fire protection). This opens new applications for timber construction in the building categories of higher density housing. To date there exist but very few such examples in Austria and the German-speaking realm in general; therefore, new knowledge and experience in designing and constructing multistorey timber structures must be developed. Furthermore, these construction methods can only gain ground in the rental housing sector if their cost effectiveness proves comparable to the market leaders brick and reinforced concrete.

To this end, alternative technological solutions for load-bearing wall and floor structures were examined and economically compared in a one-year research programme. The project was financially supported through the Austrian Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology in conjunction with a research initiative programme titled "Building of Tomorrow", as well as through a grant from the Austrian Federal Ministry of Economy and Labour.

Point of departure for the investigation and development of structural design options was a five-storey housing project with 150 apartment units that is slated for realisation in Vienna by Sozialbau, Austria's largest non-profit building organisation.

The research work focussed on load-bearing partition walls and floor systems between apartments, i.e. the critical components of multistorey timber housing both in structural and economic terms (relatively high static loads, potentially high dynamic loads in case of earthquake, strict requirements with respect to sound isolation and fire protection, and frequently high moisture levels due to occupancy).

Work Programme and Results

The first project stage involved analysing the structural repertoire of multistorey timber construction and evaluating a number of examples in terms of case-specific demands. As a result, the configuration of wall-floor junctions was identified as particularly critical (settling, force transfer). Subsequent design development, therefore, gave preference to structural solutions without "clamped" floor joists.

In the concurrent second stage, experiments were performed to obtain fundamental information about sound transmission and moisture migration. This entailed making detailed measurements of sound propagation through existing housing buildings as well as through prototypes built specifically for the research project. Special attention was given to measuring the propagation via flanking paths in adjacent components, thus establishing the first available data base for calculating noise reduction properties according to the European Standard 12354 for this type of construction.

Analysis of the moisture migration characteristics for various exterior wall-floor junctions showed that indiscriminately transferring construction principles for single family dwellings to multistorey housing can, under circumstances, lead to problematic conditions in the

timber building components. With the aid of simulations modelling thermal and vapor behaviour within the wall-floor joint, alternative solutions were found that demonstrate a stable vapor balance within the allowed moisture range for timber, despite comparatively high interior humidity.

In the course of the research project, general requirements as stated in the Viennese building code, in particular their application to timber structures, was thoroughly discussed and documented.

With respect to construction cost consideration, an instrument for directly and meaningfully comparing timber structures with conventionally built housing was developed.

Development and comparative evaluation of various timber frame and solid wood panel structures comprised the third project stage. Here in particular, solid wood components were implemented to develop new alternatives to existing construction systems with laminated sheet components. The wood materials used in fabricating the prototype can be processed with standard carpentry skills and simple joining machinery, without any specialised lamination technology.

The developed construction types, two solutions proposed by a manufacturer, and several reinforced concrete designs were evaluated in economic terms according to a uniform set of criteria.

In the fourth and final project stage, a two-storey prototype was erected and thoroughly examined with respect to noise control as well as structural behaviour under static and dynamic conditions. The carpentry-based, wood panel construction type, as developed in the previous phase, was selected for the experimental evaluation. Measurements showed that this structural type fulfills the given acoustic and static-dynamic requirements. Furthermore, the structure demonstrated a pronounced plastic behaviour.

Conclusions

- € Given the same thermal performance requirements, both optimised timber frame construction and the developed solid wood wall system can compete economically with concrete construction.
- € Craft-based, solid-wood solutions can compete economically with timber frame construction, despite significantly higher material usage.
- € Single-layer wall assemblies provide a decisive economic advantage over two-layer assemblies in timber. Generally in timber construction, the use of large components reduces costs.
- € Prefabricated wall components spanning the building height are economically at least comparable with single-storey wall elements under appropriate circumstances. Individually assembled, pretreated floor beams are comparable in cost with prefabricated floor system components.
- € Partially bending resistant joints between continuous wall and floor components can assume a bracing function in timber construction, thus significantly improving the critical load case under earthquake conditions.
- € By employing mineral prefixed sheathing, the high noise reduction requirements that are applicable, especially for adjacent building components, can be achieved with single-layer, continuous wall elements in timber construction.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die im April 2001 in Kraft getretene Novelle der Wiener Bauordnung lässt zum ersten Mal in Österreich 5-geschossige Holz-mischbauten zu. (Vier Holz-geschosse auf einem mineralischen Sockelgeschoss mit hohen Brandschutzanforderungen an Tragkonstruktion und Brandabschnitte). Dies eröffnet dem Holzbau Gebäudekategorien des verdichteten Wohnbaus, für die es bisher in Österreich und im deutschsprachigen Raum kaum Beispiele gibt. Neue Kenntnisse und Erfahrungen bei der Planung und Errichtung mehrgeschossiger Holzbauten sind erforderlich. Im Mietwohnbau können sich derartige Bauweisen allerdings nur dann durchsetzen, wenn das Preis-Leistungsverhältnis dem der marktführenden Ziegel-Stahlbetonbauweise entspricht.

In diesem Sinne wurden in einem einjährigen Forschungsprogramm bautechnische Varianten für tragende Wand- und Deckenkonstruktionen untersucht und kostenmäßig verglichen.

Untersuchungsschwerpunkt waren die tragenden Wohnungstrennwände und die Decken als Kernprobleme des mehrgeschossigen Holzwohnbau und als wichtiger Kostenfaktor. Einige der Probleme sind zum Beispiel hohe statische Lasten, hohe dynamische Lasten beispielsweise im Falle eines Erdbebens, strenge Anforderungen aus Schall- und Brandschutz und eine oft hohe Feuchtebelastung aus Nutzung.

Der Ausgangspunkt für die Untersuchungen und Entwicklung von Konstruktionsvarianten war ein 5-geschossiges Wohnbauprojekt mit 150 Wohneinheiten, das die Sozialbau, die größte österreichische gemeinnützige Bauvereinigung, in Wien realisieren will.

1.2 Arbeitsweise

Das Forschungsprojekt wurde vom Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau und vom privaten Forschungs- und Planungsbüro Schöberl & Pöll OEG initiiert. Das Kernteam der Antragstellenden wurde durch das Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Fachbereich Bauphysik, ergänzt, das den Arbeitsschwerpunkt Schallschutz und Feuchteverhalten übernahm.

Im Sinne eines praxisbezogenen, projektorientierten Ansatzes wurden Konsultanten aus der Baupraxis in das Forschungsprojekt miteinbezogen (Statik, Bauphysik, Herstellung und Bauablauf im Holzbau). Fragen der Umsetzung der neuen Wiener Bauordnung wurden vom Fachbereichsleiter der technisch zuständigen Magistratsabteilung behandelt. Aspekte der Qualitätssicherung wurden vom Abteilungsleiter

der Holzforschung Austria betreut, der auch die Qualitätssicherung im österreichischen Holzfertig-haussektor verantwortet.

Hinzu kam eine intensive Zusammenarbeit mit einem Holzbauunternehmen, welches die Realisierung des Prototyps übernahm. Sechs weitere Unternehmen trugen, durch verschiedenartige Kommentare zur Kostenermittlung der Holzbaukonstruktionen, zur Praxisrelevanz bei.

Alle Mitwirkenden sind im Kapitel 1.3., Beteiligte, angeführt.

Im Kernteam wurden alle inhaltlichen Entscheidungen reflektiert und festgelegt. Die Konsultanten wurden in den verschiedenen Arbeitsphasen situationsgerecht eingebunden. Arbeitsinstrumente waren individuelle Projektbesprechungen, kollektive Gesamtbesprechungen und schriftliche Stellungnahmen.

Das Forschungsprojekt kann grob in drei Arbeitsphasen mit insgesamt vier Arbeitsabschnitten unterteilt werden:

Erste Arbeitsphase (Definition der Bauweisen, Kompatibilität)

In einem ersten Arbeitsabschnitt wurde das konstruktive Repertoire des mehrgeschossigen Holzbaus anhand von Beispielen durch das Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau (Prof. Winter) analysiert und bezogen auf die spezifischen Anforderungen bewertet. Dabei wurde der Ausbildung des Knotens Wand-Decke besondere Beachtung geschenkt.

Zweite Arbeitsphase (Bauphysikalische Gesamtperformance, Kostenrelevanz, Vergleich mit dem Massivbau, Entscheidungsfindung)

Parallel zur ersten Arbeitsphase wurden in einem zweiten Arbeitsabschnitt Grundlagenuntersuchungen zum Schallschutz und zum Feuchteverhalten durchgeführt. Dabei wurden detaillierte Messungen der Schallausbreitung an bestehenden Wohnbauten ausgewertet.

Bei der Analyse der feuchtetechnischen Performance der verschiedenen Außenwand-Decken-Anschlüsse wurde eine Übertragung von Konstruktionen für Einfamilienhäuser in den mehrgeschossigen Wohnbau untersucht.

Im Zuge des Forschungsprojekts wurden die generellen Anforderungen der Wiener Bauordnung und deren spezielle Anwendung auf hölzerne Tragkonstruktionen diskutiert und dokumentiert.

Im Bereich Baukosten wurde ein Instrumentarium entwickelt, mit dem Holzbauten und Massivbauten direkt und nachvollziehbar verglichen werden können.

Im dritten Arbeitsabschnitt wurden verschiedene Konstruktionsvarianten des Rahmenbaus und des

Holzmassivbaus entwickelt und verglichen. Dabei wurde speziell im Bereich des Massivholzbaus alternativ zu den bestehenden verleimten Plattenprodukten eine Bauweise entwickelt, die unter Verwendung marktgängiger Holzrohstoffe von Zimmereien mit einfachsten Abbundmaschinen ohne spezielle Verleimtechnik hergestellt werden können.

Die erarbeiteten Varianten, zwei firmenspezifische Lösungen und mehrere Betonmassivbaulösungen, wurden kostenmässig bewertet und nach einheitlichen Kriterien verglichen.

Eine sekundäre Diffusion der Ergebnisse des Forschungsprojekts erfolgte in dieser Phase durch Einbindung verschiedenster Holzbaufirmen und Zimmereien in die Reflexion der Kostenanalyse.

Dritte Arbeitsphase (Optimierung, Prototyp, Gesamtauswertung)

Im vierten Arbeitsabschnitt wurde ein zweigeschossiger Prototyp errichtet und bezüglich Schallschutz und statisch-dynamischem Tragverhalten durchgemessen. Als Bauweise wurde die entwickelte Variante des handwerklichen Massivholzbaus ausgewählt.

Der Bau eines Prototyps war ursprünglich im Arbeitsprogramm nicht vorgesehen, konnte jedoch durch interne Umschichtung von finanziellen Mitteln letztendlich doch realisiert werden.

Die primäre Diffusion der Forschungsergebnisse erfolgte durch einen öffentlichen Workshop mit externen Vortragenden an der TU Wien. Hier wurden die Ergebnisse des Forschungsprojekts vor einem – für ein derartiges Spezialthema ungewöhnlich zahlreich erschienenen – Fachpublikum diskutiert.

1.3 Beteiligte

Finanzierung/Förderung

Finanziert durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

Gefördert aus Mitteln der Wohnbauforschung des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), F 1431

Sozialbau AG Gemeinnützige Wohnungsaktiengesellschaft (Forschungsschilling)

Projektbau, Projektierungs- und Baugesellschaft mbH. (Forschungsschilling)

Bearbeitung/Antragstellung

Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU-Wien

O.Univ.Prof. DDI Wolfgang Winter

Mitarbeit: Andreas Kirchsteiger, DI Andres Gutierrez, Univ. Ass. DI Kamyar Tavoussi-Tafreshi (Tragverhalten)

Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Fachbereich Bauphysik, TU-Wien

O.Univ.Prof. DI DDr. Jürgen Dreyer

Bearbeitung: Univ. Ass. DI Dr. Thomas Bednar, Univ. Ass. DI Michael Vodicka

Schöberl & Pöll OEG

DI Helmut Schöberl

Bmst. DI Heinrich Lester

Mag. Jörg Habenicht

Konsulenten:

Bauphysik

Ingenieurbüro für Bauphysik und Konstruktion: DI Heinz J. Ferk

Brandschutz

MA 35B Brandschutz¹: SR DI Ferdinand Schmid²

Qualitätssicherung

Holzforschung Austria: Univ.Lektor DI HTL Klaus Peter Schober

Statik

RW Tragwerksplanung: Univ.Lektor DI Dr. Richard Woschitz

Herstellung und Bauablauf im Holzbau

MA 24 Städtischer Wohnbau: Fwkm. Arnold Edelhofer

Für die Unterstützung der Forschungsarbeit danken wir folgenden Institutionen und Firmen:

Sozialbau AG Gemeinnützige Wohnungsaktiengesellschaft (Forschungsschilling)

Dir. Bmst. Ing. Wilhelm Zechner

Projektbau, Projektierungs- und Baugesellschaft m. b. H. (Forschungsschilling)

Bmst. Ing. Mag. Franz Sperker

Unterstützung bei der Errichtung des Prototypen

Mach Holzbau GmbH & Co KG

Ing. Karl Mach, Prok. Martin Dechat, Martin Erhardt

Rückmeldung zu den Kalkulationsansätzen

Graf Holztechnik Ges.m.b.H.

Holzbau Themessl Ges.m.b.H.

Wucher Holzbau Ges.m.b.H. CO KG

Zimmerei Rupert Burgschaiger

Zur Verfügungstellung firmenspezifischer Lösungen und Rückmeldung zu den Kalkulationsansätzen ihrer firmenspezifischen Lösungen

DI Johann Riebenbauer für KLH Massivholz GmbH

Kohlbacher Ges.m.b.H.

¹ Die Magistratsabteilung 35 der Stadt Wien existiert als eigenständige Magistratsabteilung nicht mehr und ist größtenteils in die Magistratsabteilung 37 eingegliedert worden.

² seit 31. Jänner 2001 Senatsrat in Ruhe

2 Konstruktives Repertoire

2.1 Überblick

Es gibt unterschiedliche Zuordnungen der einzelnen Bauweisen, die untereinander nicht vergleichbar sind, da sie meist einer anderen Terminologie folgen. Dies bedingt mitunter, dass es für ein und dieselbe Bauweise eine ähnlich lautende oder gar andere Bezeichnung gibt. Trotz dieser Unterschiede lassen sich die nachfolgenden Merkmale feststellen, die zur Klassifizierung der Bauweisen herangezogen werden können:

- ∉ Tragstruktur
 - lineare Tragsysteme mit Stützen und Trägern; Lastabtragung konzentriert auf wenige Stützen (Skelett, Fachwerk)
 - flächige Tragelemente für Wände und Decken; Lastabtragung diffus über die Wände verteilt (Platten- und Scheibebauten)
- ∉ Verbindungstechnik
 - Formschlüssige Holz- Holzverbindungen
 - Metallische Verbindungselemente
- ∉ Verwendete Holzquerschnitte
 - Brettquerschnitte, meist „two by four“, (Rippenbau)
 - Vollholzquerschnitte (Skelett, Fachwerk)
 - Additionsquerschnitte, verleimt oder mechanisch verbunden, z.B. Brettschichtholz, Brettstapel, Massivplatten (Massivbau)
- ∉ Vorfertigungsgrad
 - Baustellenfertigung (alle Systeme)
 - Teilvorfertigung, oder komplette Vorfertigung in der Werkstatt (Tafelbau, Raumzelle)
- ∉ Montageprinzip
 - Geschossweiser Aufbau („platform frame“) Aufstellen der geschosshohen Wandelemente, dann Montage der Geschossdecken, die als Arbeitsplattform für weitere Geschosse dienen
 - Gebäudehohe Bauteile („balloon frame“) Geschossübergreifende Wände, problematisches Einfügen von Deckentafeln, kein Problem bei Rippen und Deckenbalken

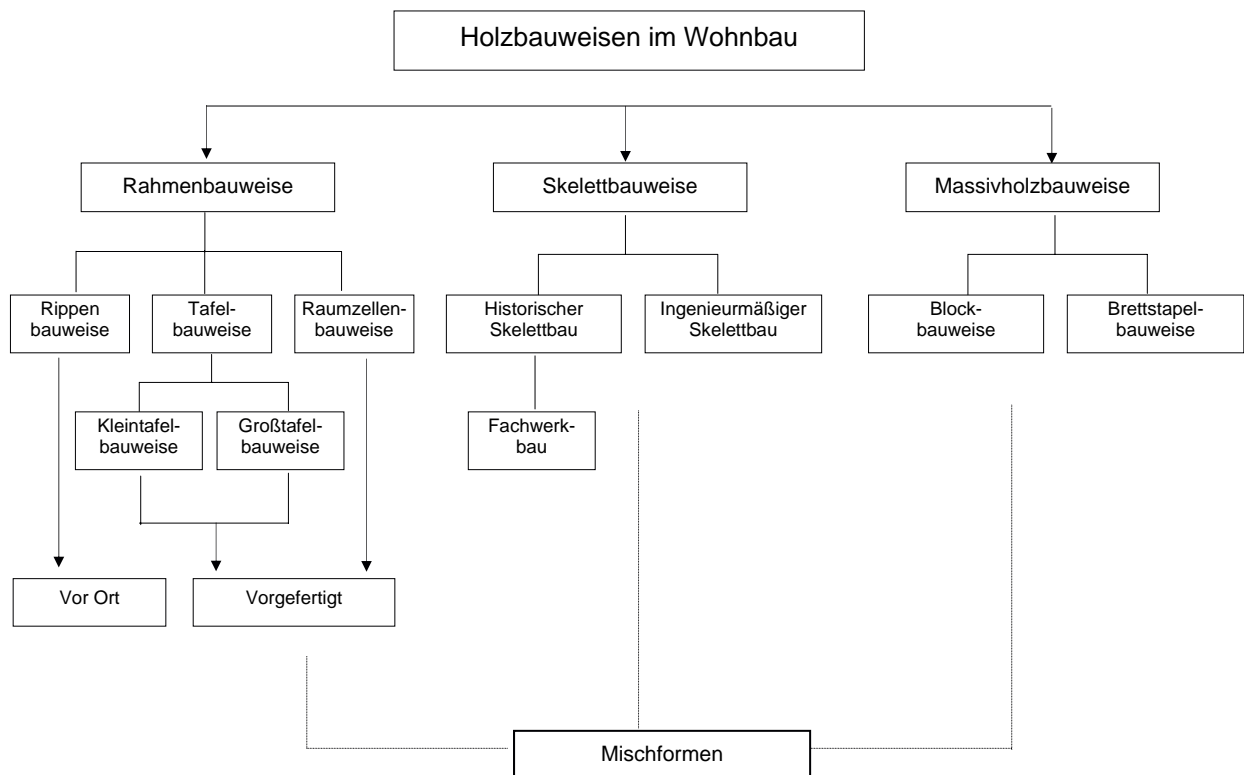


Abb. 2.1: Genereller Überblick der Holzbauweisen im Wohnbau [PRO99]

Der mehrgeschossige Holzbau befindet sich weltweit in einer intensiven Entwicklungsphase. Die bekannten Bauweisen Rahmenbau, Skelettbau, Holzmassivbau werden weiterentwickelt bzw. neue Kombinationen und neue Lösungsfamilien werden gefunden und erprobt.

2.2 Rahmenbau, mehrgeschossig

Die Tragstruktur zeichnet sich durch tragende Rippen (Ständer) und beidseitige dünne Beplankungen aus, die zur Aussteifung, zur Reduzierung der Knicklänge und damit zur Abtragung waagrecht Lasten in der Wandebene (Scheibenwirkung) dienen.

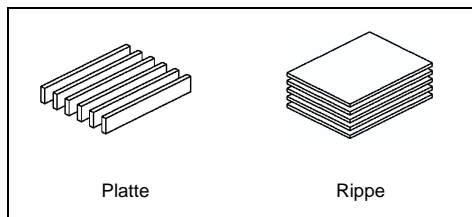


Abb. 2.2: Ausgangsmaterial des Rahmenbaus

Ein besonderes Merkmal des Rahmenbaus sind die unterschiedlichen Vorfertigungsgrade. Die Wandtafeln sind teilweise oder komplett vorgefertigt und unterschiedlicher Größe. Diese Vorfertigung ist der wesentliche Unterschied zur nordamerikanischen „two by four“ Bauweise, bei der keine vorgefertigten Elemente (Tafeln) auf die Baustelle geliefert werden, sondern nur einzelne Rippen und Platten.

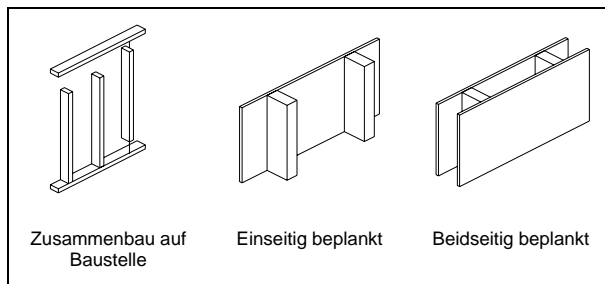


Abb. 2.3: Vorfertigung Werkstatt/ Baustelle

Für die Rahmenbauweise spricht ihre große Flexibilität. Sie erlaubt große Dämmstoffdicken. Die vertikale Belastbarkeit ist allerdings wegen der Schlankheit von Platten und Rippen beschränkt. Deshalb ist sie weniger geeignet für hochbelastete Schottenwände und für aussteifende Querwände.

Außerdem sind bei mehrgeschossigen Bauten für die unteren Geschosse stärkere Rippen notwendig, wodurch die Standardkonstruktion, die für den Einfamilienhausbau entwickelt wurde, nicht auf der gesamten Gebäudehöhe genutzt werden kann.

Im Brandfall besteht aufgrund der „hohlen“ Bauweise die Gefahr der unkontrollierten Brandausbreitung und unerkannter Schwellbrände.

Beim mehrgeschossigen Bauen entstehen konstruktive Probleme durch „Einklemmen“ der Decke zwischen den tragenden Wandscheiben (Setzungen,

Kriechen, Schwinden und sehr geringe Querdruckfestigkeit der liegenden Hölzer).

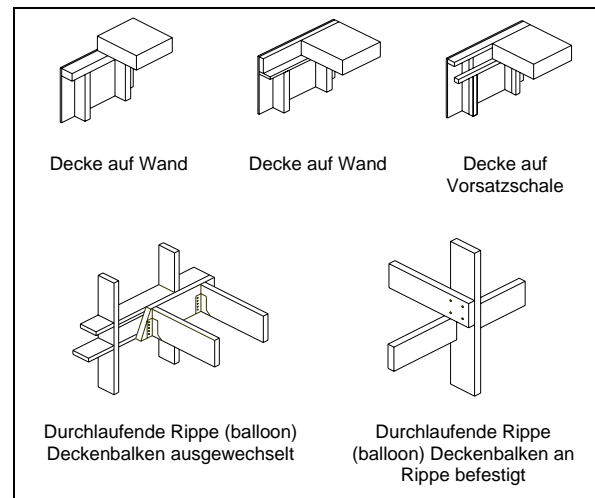


Abb. 2.4: Ausbildungen des Anschlusses Decke – Wand

Normalerweise werden bei den Decken im Holzrahmenbau pfostenartige Standardquerschnitte („two by eight“) als „Deckenbalken“ mit oft geringen Abständen (40 - 60 cm) eingesetzt. In der Regel werden Einfeldträger verwendet, Durchlaufträger sind selten.

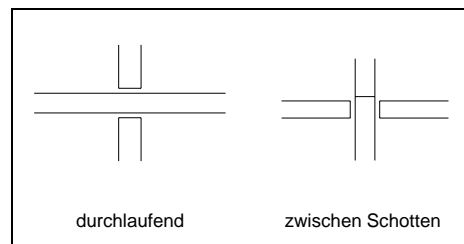


Abb. 2.5: Decken/ Statisches System

Bezüglich Vorfertigung kennt man, wie bei den Wänden, die traditionelle Baustellenfertigung, bei der die Deckenbalken einzeln verlegt werden. Daneben werden insbesondere in Europa vorgefertigte Deckenelemente verwendet.

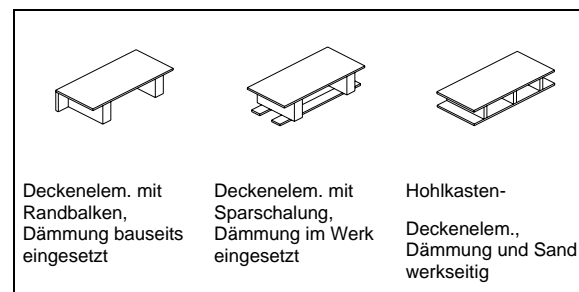


Abb. 2.6: Vorfertigung bei Decken

2.3 Skelettbau, mehrgeschossig

Charakteristisch für den Skelettbau sind Stützen, die verglichen mit dem Rahmenbau, in großen Rasterabständen angeordnet werden. Sie können geschosshoch sein oder über alle Geschosse durchgehen. Dadurch ist die Ableitung der Vertikalkräfte parallel zur Holzfaser möglich. Vertikalverformungen sind gering.

Die entstehenden Zwischenräume können verglast oder mit nichttragenden Füllungen geschlossen werden. Die nichttragenden Wände können unabhängig von der Stützenstellung stehen.

Diese Techniken werden heute auch für Wohnbauten genutzt, da dadurch die Wände statisch unbelastet bleiben und so die Grundrissgestaltung variabel ist. Skelettbauweisen haben dann ihre Berechtigung, wenn die Öffnungen in den tragenden Wänden so groß werden, dass quasi keine Wand mehr übrig bleibt und die Lasten konzentriert in Träger- und Stützensystemen abgeleitet werden müssen.

Konstruktiv ist der Skelettbau durch die Verbindung Stütze-Unterzug charakterisiert.

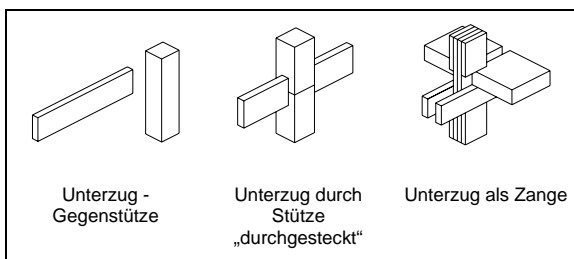


Abb. 2.7: Verbindung Stütze - Unterzug

In der Schottenbauweise, bei der im relativ geringen Abstand geschlossene Schottenwände für die Lastabtragung zur Verfügung stehen, können die Vorteile des Skelettbaus (große Stützenabstände der tragenden Struktur, offene Grundrissgestaltung, ...) nicht direkt ausgenutzt werden. Hier werden oft Mischlösungen eingesetzt.

Zum Beispiel werden oft geschlossene, nichttragende Wandelemente in Rahmenbauweise zwischen den tragenden Skelettstützen eingepasst.

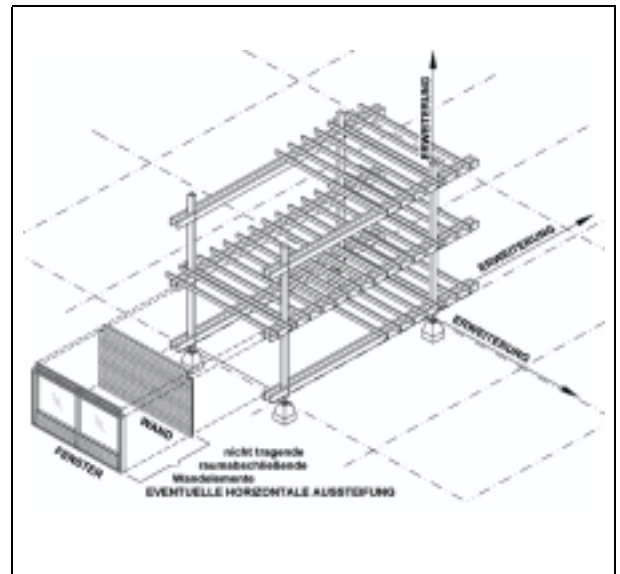


Abb. 2.8: Mischung tragendes Skelett mit nichttragenden Wänden

Beispiele für Skelett- und Massivbau sind die traditionellen Pfostenfüllungen bei Fachwerkbauten.

Auch bei Decken bzw. Unterzügen sind Mischungen aus Skelett und Massivholzbauweise denkbar, zum Beispiel wenn als Unterzüge Brettstapelstreifen eingesetzt werden.

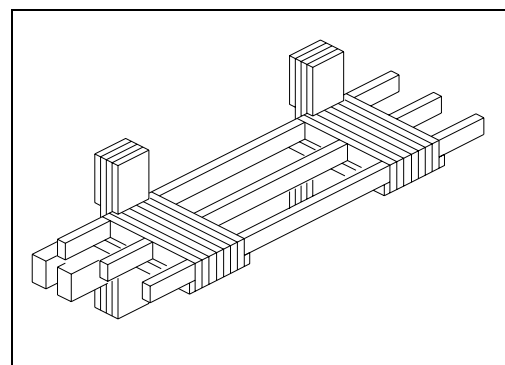


Abb. 2.9: Mischung Massiv-Skelettbauweise, Unterzüge als Brettstapelstreifen

2.4 Massivholzbau, mehrgeschossig

Die einlagigen bzw. mehrlagigen Aufbauten der massiven Holzwände werden durch Vernageln, Verdübeln oder Verleimen von stehenden oder liegenden Brettern, Kanthölzern oder Pfosten hergestellt.

Bei den verleimten mehrschichtigen Massivholzplatten stehen produktionsbedingt Maximalgrößen von ca. 3 x 15 Meter zur Verfügung.

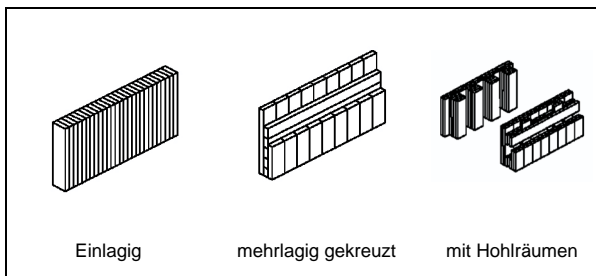


Abb. 2.10: Massivholzplatten verleimt oder mechanisch verbunden

Zu den Vorteilen der Massivholzbauweise gehört der hohlraumarme Aufbau. Dadurch entsteht ein ausgeglichener Feuchtehaushalt, ein besseres Wärmespeichungsvermögen und es gibt keine „innere“ Brandweiterleitung. Der relativ hohe Holzverbrauch ist aus volkswirtschaftlicher Sicht interessant, soweit es sich um einheimisches Holz handelt.

Die großformatigen Massivholzelemente ermöglichen wie beim Rahmenbau eine Großtafelbauweise. Neben den für die „platform frame“-Bauweise üblichen horizontalen Tafeln werden auch geschossthroughlaufende Wandelemente eingesetzt.

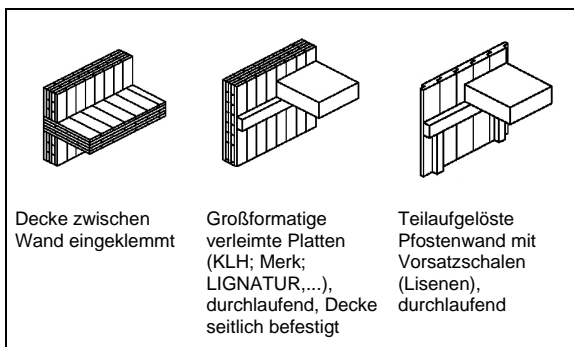


Abb. 2. 11: Anschluss Decke – Wand

Bei den Deckenkonstruktionen existieren wie bei den Wänden verleimte oder mechanisch verbundene Elemente einlagig, mehrlagig mit und ohne Hohlräumen.

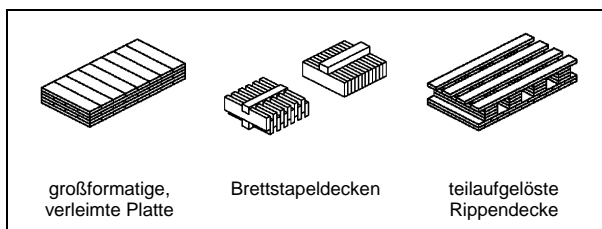


Abb. 2.12: Aufbauarten von Massivholzdecken

Fabrikfertigung von Raumzellen, viele Zwischenformen.

€ Baustellenfertigung

Als wichtigstes Beispiel ist die „two by four“ Bauweise zu nennen, die vor allem in Nordamerika im großen Umfang praktiziert wird. Mit einfachster Geräteausstattung werden auf der Baustelle die Rippen abgelängt und mit der Platte mechanisch zu Holztafeln verbunden. Für Skelett- und Massivbau wird diese Art der Herstellung, aufgrund der notwendigen komplexen Bearbeitung (Zapfen, ...), eher selten verwendet.

€ Rationalisierte handwerkliche Vorfertigung „pre-cut“

Die vorgefertigten Einzelteile (Rippen, Platten, ...) werden erst auf der Baustelle zu ganzen Bauteilen zusammengefügt.

Durch computergesteuerte Fräs- und Abbundmaschinen wird ein Wiederaufgreifen von früheren zimmermannsmäßigen Holzverbindungen, die grundsätzlich ohne Stahlteile auskamen möglich. Ihre präzise Herstellung erleichtert die Montage.

€ Teilvorfertigung

Im Werk oder in einer Feldfabrik wird ein „Grundgerüst“ der Tafeln angefertigt und auf der Baustelle mit den fehlenden Schichten ergänzt (Dämmung, Innenverkleidung, ...)

€ Komplette Vorfertigung

Die Elemente, im Werk oder in einer Feldfabrik vorgefertigt, besitzen bereits alle Schichten sowie vormontierte Installationen.

Bei der Abwägung zwischen der prinzipiell teureren Baustellenfertigung und der im Werk vorgefertigten Elemente dürfen die zusätzlichen Kosten, die bei einer Werksvorfertigung entstehen (Transport, schwere Hebefahrzeuge, Zwischenlagerung, komplizierte Fugenausbildung), und die eventuelle Beschädigung der Elemente beim Transport nicht vergessen werden. Um die jeweiligen Vorteile ausnützen zu können, muss es zu optimierten Zwischenlösungen kommen.

Ein interessantes Anschauungsbeispiel liefert die Vorfertigung im Stahlbetonbau.

Ein kostenmäßig optimiertes System ist die „Katzberger Doppelwand“. Hier werden aus Transportgründen nicht schwere, vollwandige Stahlbetonelemente verwendet, sondern hohle Doppelwandelemente, die auf der Baustelle ausgegossen werden. Dadurch wird gleichzeitig die Verbindung zwischen den Elementen hergestellt. Man spart sich die Schalung auf der Baustelle und ist trotz des hohen Fertigungsaufwandes für das Verbinden der beiden Wandseiten sehr wirtschaftlich.

2.5 Vorfertigung

Ein zu berücksichtigender Kostenfaktor ist der Fertigungsort, seine Entfernung vom Bauplatz und der Vorfertigungsgrad. Im Holzbau existieren neben den Extremfällen, reine Baustellenfertigung und



Abb. 2.13: Katzenberger Doppelwandsystem mit Vorsatzschale [Quelle: Firmenprospekt, Firma Katzenberger]

2.6 Montage

Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Wahl der Montageprozesse sind die Größe der von der Werkstatt auf die Baustelle transportierten Elemente, die Größe der auf der Baustelle versetzten Elemente, deren Montagerihenfolge und die Gesamtstabilität während der Montage.

2.6.1 Größe der Elemente

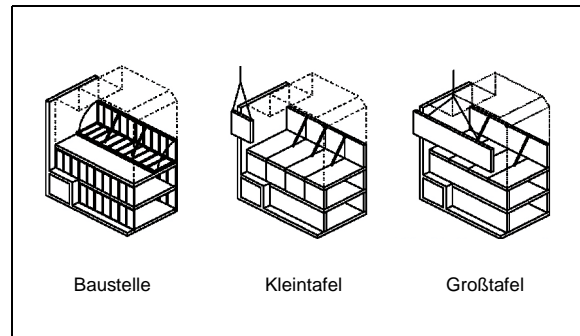


Abb. 2.14: Größe der Elemente

Kleine Tafeln haben den Vorteil des geringen Gewichtes, des leichten Transportes und des großen Aktionsradius.

Großtafeln haben den Vorteil weniger Elementstöße und der dadurch geringeren Anzahl an Baufugen.

Die Versetzleistung pro Quadratmeter Wand ist bei größeren Elementen in Summe größer, trotz des höheren Aufwandes pro Einzelelement.

Die Mehrkosten für die schweren Hebefahrzeuge können heute oft dadurch kompensiert werden.

2.6.2 Geschosshohe – Gebäudehohe Wandelemente

Bei der Montageart ist auch zwischen dem geschossweisen Aufbau („platform frame“) und dem Aufbau in Form von mehrgeschossigen Wandtafeln („balloon frame“) zu unterscheiden.

Der geschossweise Aufbau ist montagetechnisch einfacher, erfordert jedoch besondere Maßnahmen bezüglich Witterungsschutz während der Montagephasen (abendliches Abdecken der offenen Decken).

Beim Versetzen von gebäudehohen Wandelementen können sehr schnell die Dachelemente als endgültiger Witterungsschutz versetzt werden. Schwieriger ist in diesem Falle dann allerdings das „Einschieben“ der Decken.

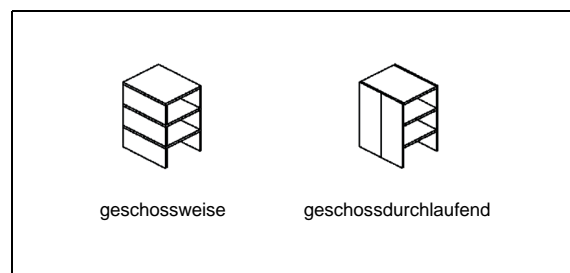


Abb. 2.15: Aufbauprinzipien

Beim geschossweisen Aufbau werden normalerweise zuerst alle Wandelemente aufgestellt und ausgesteift, um anschließend die Deckentafeln zu montieren. Die zusätzliche Wandaussteifung kann entfallen, wenn

Rahmen oder Halbrahmen mit biegesteif zusammengefügt Wand- und Deckenelementen versetzt werden. Bei beiden Montagearten dient das fertige Geschoss als Arbeitsplattform für das nächste Stockwerk.

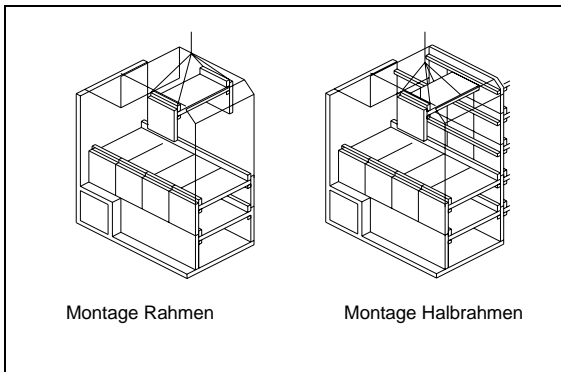


Abb. 2.16: selbstaussteifende Rahmenelemente

Gebäudehohe Wandelemente können in Rahmenbauweise, Skelettbauweise oder Massivbauweise hergestellt werden. Sie können in der endgültigen Größe angeliefert werden oder durch Zusammenbau auf der Baustelle vormontiert werden. Die Endmontage kann durch „Hochklappen“ von liegenden Elementen oder durch Einheben von am Kran hängenden Elementen ausgeführt werden.

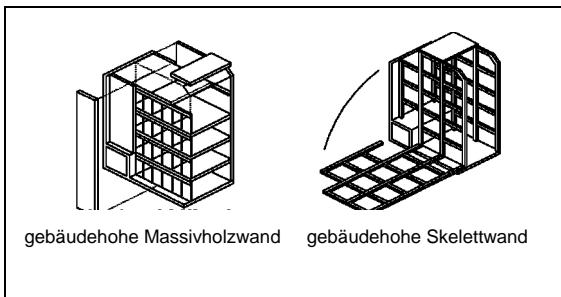


Abb. 2.17: Montage von gebäudehohen Wandelementen durch „hochklappen“ und Einheben

Für die gebäudehohen Wände eröffnen sich durch Verwendung von Massivholzplatten neue Möglichkeiten. Die Elemente sind sehr steif, Öffnungen können „ausgesägt“ werden.



Abb. 2.18: Versetzen einer gebäudehohen verleimten Massivholzwand: Wohnanlage Aichach, Arch. Widmann/ Schröder, Tragwerksplanung und ausführende Firma: Merk [Quelle: Prospekt Firma Merk]

Vernagelte Brettstapelwände können auch mehrgeschossig ausgeführt werden, allerdings sind sie wegen der unvermeidlichen Längsstöße der Bretter „weicher“ als die verleimten Elemente.

Außerdem sind, wenn Öffnungen angeordnet werden, zusätzliche Versteifungen im Bereich der Öffnungen notwendig.



Abb. 2.19: Gebäudehohe vernagelte Brettstapelwand als Giebelwand bei einer Skelettkonstruktion: Eine-Welt-Kirche, Schneverdingen, Arch. Tabery, Ingenieurbüro IEZ Natterer, [Quelle: IEZ Natterer]

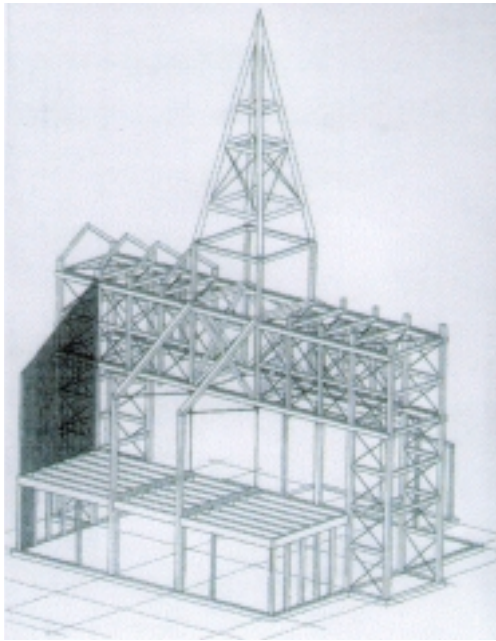
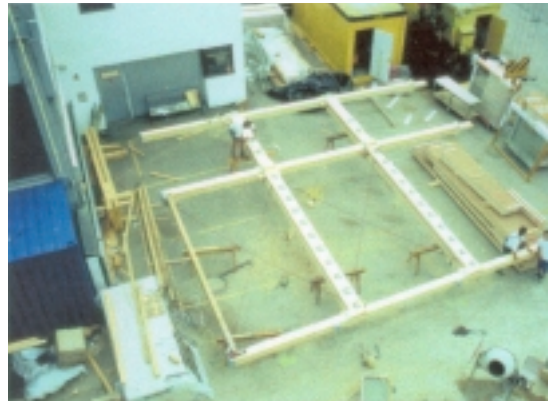
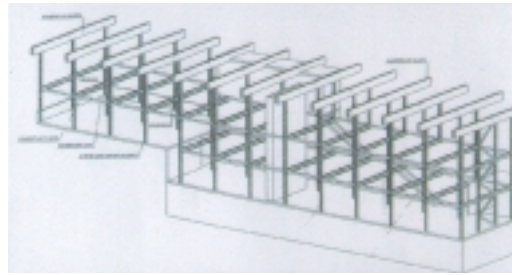


Abb. 2.20: Eine-Welt-Kirche, Schneverdingen, Arch. Tabery, Ingenieurbüro IEZ Natterer, [Quelle: IEZ Natterer]



Gebäudehohe Wandelemente in Massivholzbauweise sind relativ schwer und werden deshalb normalerweise in Elementbreiten von ca. 1 m - 2,5 m versetzt.

Im Skelettbau können ganze Wände auf der Baustelle vorgefertigt und in einem versetzt werden. Dazu gibt es historische (Abb. 2.21) und moderne Beispiele (Abb. 2.22).

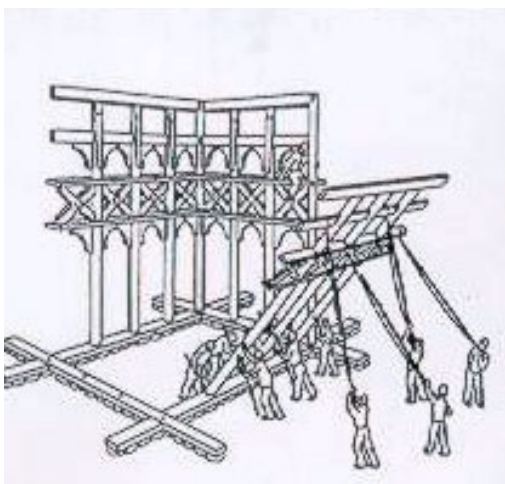


Abb. 2.21: Historisches Beispiel einer „hochgeklappten“ Skelettwand: Elementmontage der Kirche von Gol, Hallingdal; 11./12. Jahrhundert [Quelle: unbekannt]



Abb. 2.22: Modernes Beispiel einer „hochgeklappten“ Skelettkonstruktion: Bürogebäude Firma Schrattecker, Lohnsburg, Arch. Riepl & Riepl, Tragwerksplanung: Prof. Winter, DI Woschitz, Firma Obermayr Holzkonstruktionen GmbH, [Quelle: Prof. Winter]

Zschokke/ Zehetner, Tragwerksplanung:
Prof. Winter [Quelle: Prof. Winter]

2.6.3 Versetzen von Decken

Große Deckenelemente

In der Baupraxis werden nicht nur große Wandelemente versetzt, sondern auch große vorgefertigte Deckenelemente werden „eingehoben“ oder „hochgezogen“.

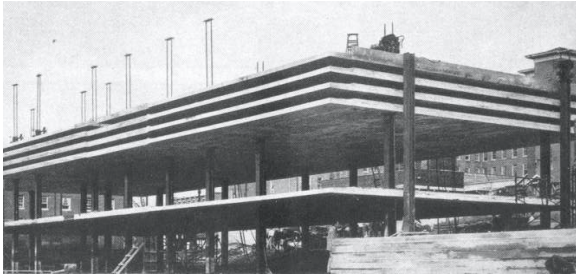


Abb. 2.23: 5 Lagen von bewehrten Betonplattendecken ohne Unterzüge die ebenerdig im „Youtz-Lift-Slab-System“ in übereinander liegenden Schichten hergestellt wurden, werden simultan hochgezogen, wobei jeweilig die Stützen um die Etagenlänge anmontiert werden.[Quelle: unbekannt]



Abb. 2.24: Zusammenbau der vorkonfektionierten (pre cut) Einzelelemente auf dem Boden und anschließendes Einheben des gesamten Daches, Netzkonstruktion des Holzdaches der Kirche St. Benedikt, 1110 Wien, Arch.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich, wenn gleichzeitig große Deckenelemente und große gebäudehohe Wandelemente eingesetzt werden sollen.

Die Deckenelemente können nicht ohne Spiel zwischen die Wände eingesetzt werden, es sind Hilfskonstruktionen erforderlich.

1. Möglichkeit:

Zuerst wird eine durchgehende Holzrahmenwand aufgestellt, die als Auflager für die folgenden Deckenelemente dient. Da die Montagewand durchgeht, bildet sie eine zusätzliche Verbindung der Wandelemente in Wandlängsrichtung.

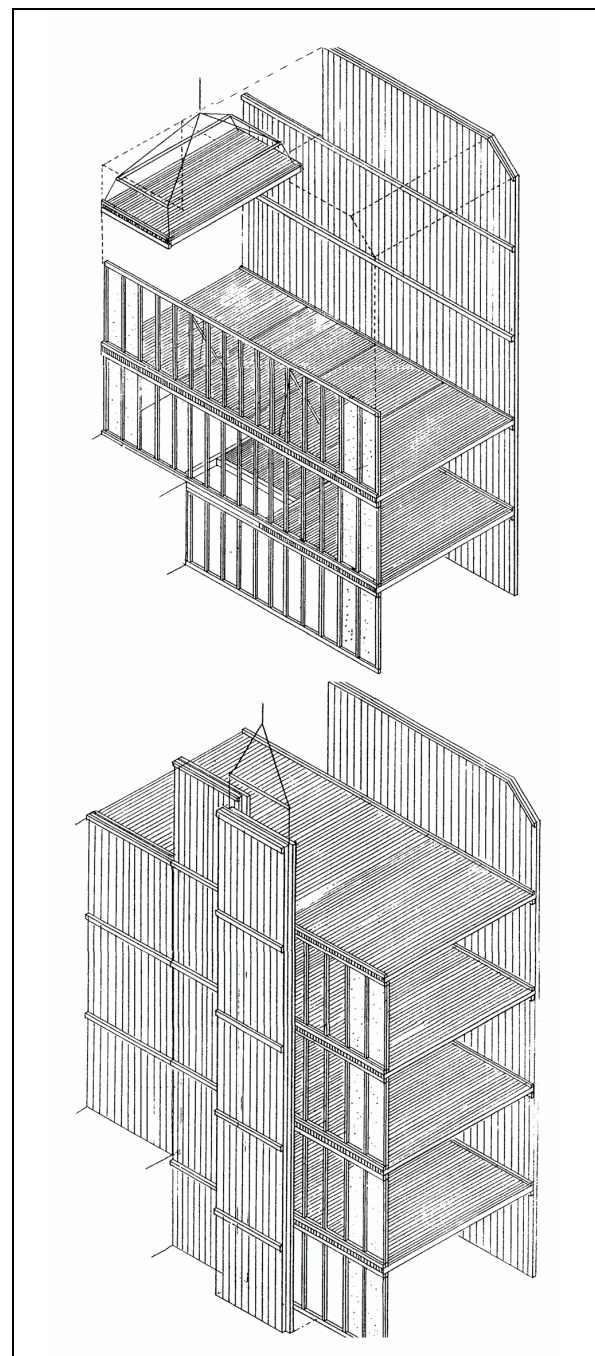


Abb. 2.25: Hilfskonstruktion durch Rahmenwand

2. Möglichkeit:

Es werden zuerst die Unterzüge auf Montagestützen versetzt, die als Auflager für die folgenden Deckenelemente dienen. Nach der Montage der Decke des vierten Obergeschosses werden die haushohen Schottenwandelemente versetzt und am werkseitig vorgebohrten Riegel (Auflagerholz) mittels Schlüssel-schrauben und Stabdübel fixiert. Die Wandelemente werden auf der Baustelle passgenau gebohrt.

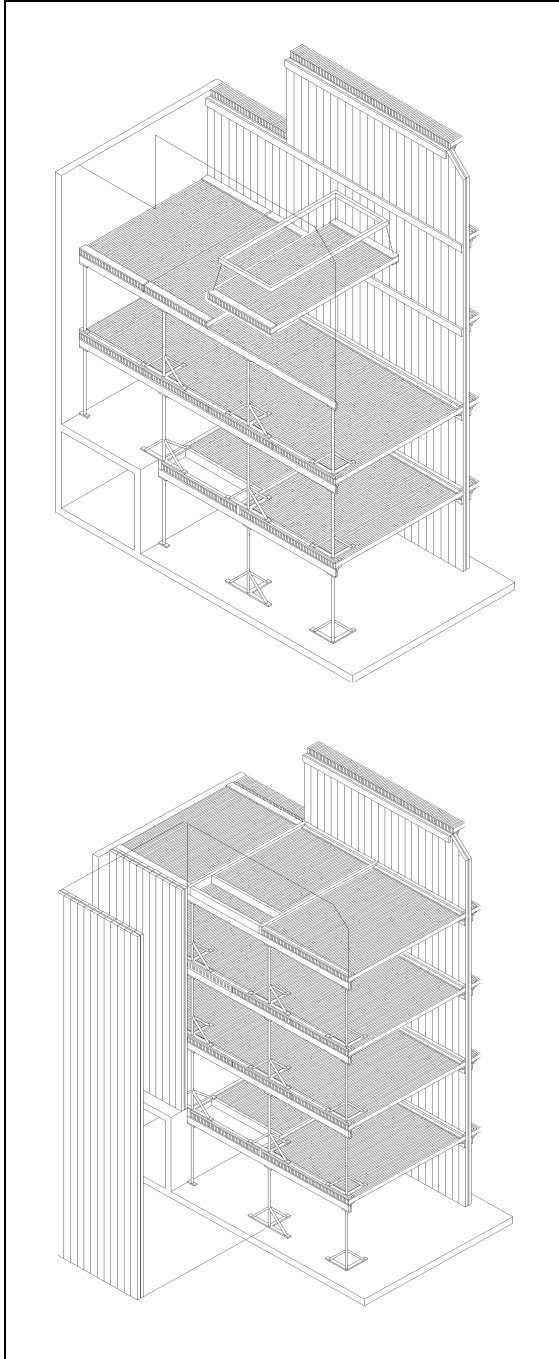


Abb. 2.26: Hilfskonstruktion mittels Montagestützen und Unterzüge

Decken aus Einzelbalken

Die übliche Vorfertigung der Decken ist ganz auf die vorherrschende geschosshohe Bauweise (platform frame) abgestimmt. Möchte man die großen Deckenelemente jedoch mit geschossdurchlaufenden Wandelementen (balloon frame – Bauweise) kombinieren, so schwindet der Vorteil der vorgefertigten großen Deckenelemente. Das Einheben der Decken ohne Spiel ist schwierig und Montagebeschädigungen sind häufig.

Die Vorfertigung der großen Deckentafeln im Rahmenbau sind nicht nur aus diesem Grund zu hinterfragen, sondern auch aufgrund des schwierigen Elementstoßes, insbesondere wenn die untere Deckenverkleidung bereits montiert ist.

Auch eine teilweise Vorfertigung der Decken mit einer offenen Untersicht ist verglichen mit dem erhöhten Aufwand und der problematischen Durchbiegung der Elemente beim Versetzen nicht angemessen.

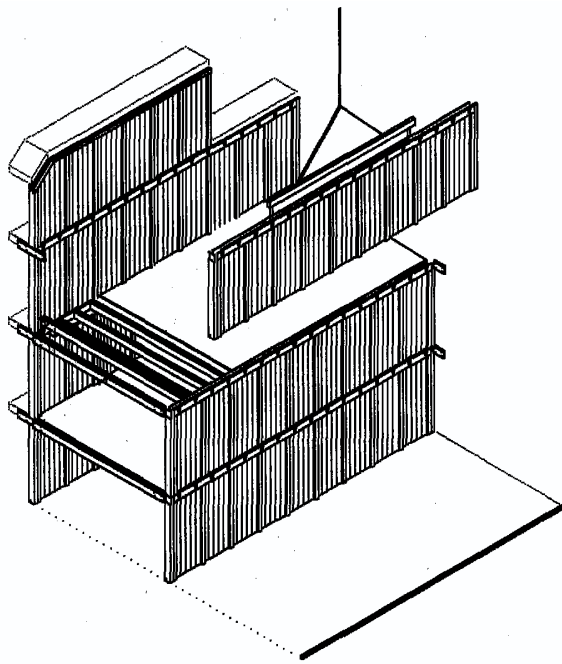
Der Stoß wird einfacher, wenn die Vorfertigung sich auf die obere Platte und die Balkenlage beschränkt und die untere Deckenverkleidung auf der Baustelle montiert wird. In diesem Fall wird jedoch das Deckenelement relativ „weich“, vor allem im Montagezustand.

Unter diesen Aspekten hat das Versetzen von einzelnen Deckenbalken und das Verlegen der Fußbodenplatten auf der Baustelle seine Vorteile. Insbesondere wenn Deckenbalken und Fußbodenplatten maßgenau zugeschnitten auf die Baustelle kommen.

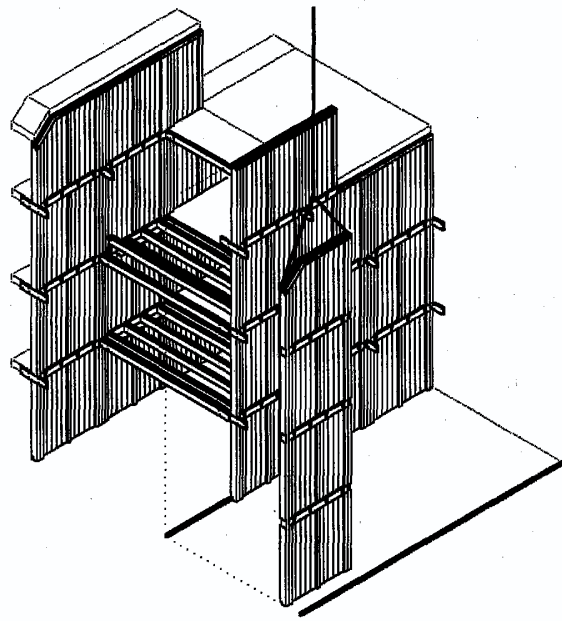
2.6.4 Ausgewählte Varianten

Bei der Auswahl der endgültigen Varianten und bei der Detailentwicklung (siehe Kap. 5) wurde versucht möglichst viele Aspekte des konstruktiven Repertoires zu berücksichtigen (siehe Abb. 2.28).

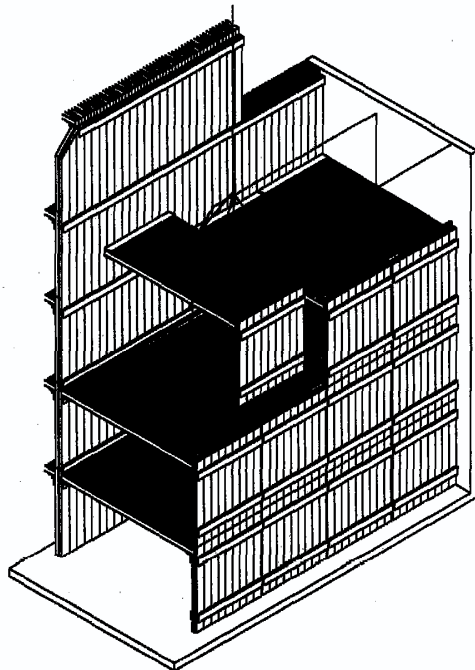
Für die detaillierte Kostenanalyse wurden letztendlich vier Varianten ausgewählt, einmal die optimierten klassischen Rahmenbaulösungen mit kleinen bzw. großen Wandtafeln und geschossweisen Montageprinzip (Variante A und D), zum anderen geschossweise versetzte Massivholzrahmen (Variante C) und gebäudehohe Massivholzelemente mit einzeln montierten Deckenbalken (Variante B).



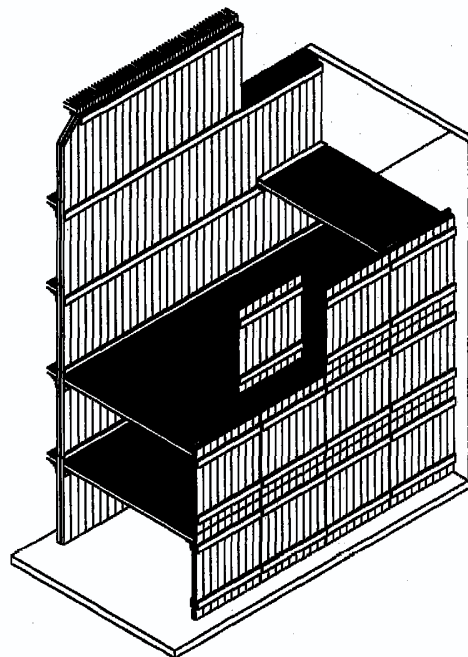
Variante A: Großtafeln



Variante B: gebäudehohe Wandelemente



Variante C: Halbrahmen



Variante D: Kleintafel

Abb. 2.27: Übersicht der kostenmäßig analysierten Montagevarianten

2.7 Gesamtübersicht

WANDSYSTEME				Montageprinzip		DECKENSYSTEME		
				GESCHOSSWEISE	GESCHOSSDURCHLAUFEND	DURCHLAUFEND	ZWISCHEN SCHÖTTEN	
	MATERIAL	BAUTEILHERSTELLUNG VORFERTIGUNG WERKSTATT /BAUSTELLE	KNOTEN: WAND - DECKE					
RAHMENBAU = RIPPE + PLATTE								RAHMENBAU = RIPPE + PLATTE
SKELETT								SKELETT
HOLZMASSIVBAU		UNTERTEILUNG NACH Verbindung: - mechanisch verbunden - verleimt Anzahl der Lagen: - einlagig - mehrlagig gekreuzt Hohlraumanteil: 						HOLZMASSIVBAU

Abb. 2.28: Konstruktives Repertoire für mehrgeschossige Holzbauten

3 Bauphysikalische Performance

In den folgenden Kapiteln werden der Schallschutz und der Feuchtehaushalt verschiedener Holzbauweisen erörtert. Dabei wird ausgehend von den Grundlagen das Verhalten der Konstruktion sowohl hinsichtlich der akustischen als auch der hygrischen Eigenschaften analysiert.

3.1 Schallschutz

3.1.1 Anforderungen an den Schallschutz

Die Anwendung von Holzkonstruktionen im mehrgeschossigen Wohnbau nimmt in Österreich stark zu. Besonders die Überarbeitungen der Bauordnungen, die momentan durchgeführt werden, werden den weiteren Einsatz von Holzbauweisen verstärken. Besonders in Mehrfamilienhäusern ist der Schallschutz der Konstruktionen ein wesentlicher Punkt zur Vermeidung von Konflikten. Die mindest erforderlichen Luft- und Trittschallschutzwerte zwischen Wohneinheiten sind in der ÖNORM B 8115-2 angeführt, die in den meisten Bundesländern von den Bauordnungen übernommen wird. Zusätzlich sieht die Wiener Bauordnung (WBO) Anforderungen an die Einzelbauteile vor. Im Folgenden sind die einzuhaltenden Kenngrößen, die unterschiedlichen Berechnungsverfahren und mögliche Wege zur Erfüllung der Anforderungen zusammengestellt.

3.1.1.1 ÖNORM B 8115-2

Trennwände & Trenndecken zwischen Wohneinheiten

Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz ($D_{nT,w}$) Ø55 dB

Trenndecken zwischen Wohneinheiten

Bewerteter Standard-Trittschallpegel mit Nebenwegen ($L'_{nT,w}$) Ω48 dB

3.1.1.2 Wiener Bauordnung (WBO)

Trennwände zwischen Wohneinheiten

Bewertete Schalldämm-Maß (R_w) Ø58 dB

Trenndecken zwischen Wohneinheiten

Bewertetes Schalldämm-Maß (R_w) Ø58 dB

Bewerteter Norm-Trittschallpegel ($L_{n,w}$)³ Ω48 dB

3.1.2 Berechnungsmethoden

3.1.2.1 ÖNORM B 8115

Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R_w für Massivwände

Das bewertete Schalldämmmaß R_w kennzeichnet die Schalldämmung zwischen den beiden Räumen bei alleiniger Übertragung über das trennende Bauteil, also unter Ausschaltung der Längsübertragungen über die flankierenden Bauteile. Die Messung erfolgt in Sonderprüfständen, bei denen die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile durch eine umlaufende Fuge beiderseits des trennenden Bauteils verhindert wird.

Im Bereich 100 kg/m² bis 700 kg/m² gilt:

$$R_w \mid 32,4 \lg m' + 426 \text{ [dB]}$$

m' Flächenmasse

Ermittlung des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L_{n,T,w}$ für Massivdecken

In der derzeit gültigen Ausgabe (1992) wird noch von einem Norm-Trittschallpegel $L_{n,T,w}$ gesprochen. Gemäß den aktuellen Definitionen ist damit ein Standard-Trittschallpegel gemeint.

³ Die derzeit gültige Bauordnung für Wien (1998) spricht im §103 Abs. 3 vom "bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ ". Diese Bezeichnung kommt aus der alten ÖNORM S 5101:1986, wo in Abschnitt 3.5 der Normtrittschallpegel mit L_{nT} statt mit L_n bezeichnet wird. Die Anforderungen in der Bauordnung für Wien beziehen sich somit, umgelegt auf die aktuellen Normen auf den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$. [Hor00]

Die Berechnung des bewerteten Standard-Trittschallpegels erfolgt durch die Ermittlung des äquivalenten, bewerteten Standard-Trittschallpegels $L_{n,T,w,eq}$ für die Rohdecke und dem Trittschall-Verbesserungsmaß $\div L_w$ der Deckenauflage.

$$L_{n,T,w} | L_{n,T,w,eq} 4 \div L_w \text{ [dB]}$$

Bei Anordnung eines Bodenbelages auf einem schwimmenden Estrich dürfen die Werte für die Trittschall-Verbesserungsmaße nicht addiert werden.

Ermittlung des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L_{n,T,w}$ für Holzdecken

Analog zu den Massivdecken ergibt sich das Ergebnis für die gesamte Decke aus dem Wert für die Rohdecke (in der Norm sind Werte für verschiedene Holzbalkenrohdecken enthalten) und das Verbesserungsmaß $L_{w,H}$ für den Fußbodenaufbau.

$$L_{n,T,w} | L_{n,T,w,eq,H} 4 \div L_{w,H} \text{ [dB]}$$

Der so errechnete Wert von $L_{n,T,w}$ muss mindestens jeweils 3 dB niedriger sein als die in ÖNORM B 8115-2, Tabelle 7 angeführten höchstzulässigen Werte für $L'_{n,T,w}$.

Ermittlung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{n,T,w}$ für Massivbauten

In der Norm ist ein Berechnungsverfahren enthalten, mit dem für Massivbauten aus der Analyse der wesentlichen Übertragungswege von Schallenergie zwischen zwei Räumen die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz ermittelt werden kann. Die einzelnen Übertragungswege werden durch die Schalldämmmaße der Bauteile und die Wirkung der Stoßstelle bewertet.

$$D_{n,T,w} | 410 \left[\lg \left(10^{\frac{4 D_{n,T,w,d}}{10}} 2 \prod_{i=1}^n 10^{\frac{4 D_{n,T,w,f,i}}{10}} \right) \right] \text{ [dB]}$$

$D_{n,T,w,d}$ auf direktem Weg gemessener Wert

$D_{n,T,w,f,i}$ Rechenwert der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz (i = Anzahl der Bauteile, f = Flanken)

3.1.2.2 DIN 4109

Ermittlung des Bau-Schalldämmmaßes für Leicht- und Skelettbauten

Für den Nachweis des Schallschutzes in Leichtbauten gibt es in der DIN 4109 die Möglichkeit eines vereinfachten Nachweises oder die rechnerische Ermittlung des resultierenden Schalldämmmaßes.

Vereinfachter Nachweis:

Die an der Schallübertragung beteiligten trennenden und flankierenden Bauteile müssen folgende Bedingungen erfüllen:

$$R_{w,R} \geq R'_w + 5 \text{ dB}$$

$$R_{L,w,R,i} \geq R'_w + 5 \text{ dB}$$

$R_{w,R}$ Rechenwert des erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maßes der Trennwand oder -decke

$R_{L,w,R,i}$ Rechenwert des erforderlichen bewerteten Schall-Längsdämm-Maßes des i -ten flankierenden Bauteils

Rechnerische Ermittlung des resultierenden Schalldämmmaßes

$$R'_{w,R}:$$

Die Ermittlung des resultierenden Schalldämmmaßes erfolgt durch die Ermittlung des Rechenwertes des Schalldämmmaßes für das trennende Bauteil ohne Längsleitung und durch die Schalllängsdämmmaße der flankierenden Bauteile, welche in einem speziellen Prüfstand gemessen oder den Ausführungsbeispielen, die in der DIN enthalten sind, entnommen werden können.

$$R'_{w,R} | 410 \left[\lg \left(10^{\frac{4 R_{w,R}}{10}} 2 \prod_{i=1}^n 10^{\frac{4 R_{L,w,R,i}}{10}} \right) \right] \text{ [dB]}$$

3.1.2.3 EN 12354

Die Berechnung der Schallübertragung nach der gültigen EN 12354 erfolgt über das direkte Bauteil, über die flankierenden Bauteile und, falls vorhanden, auch über Nebenwege (Schächte, ...). Dabei wird das Abstrahlverhalten der Oberflächen, die Körperschall-dämpfung innerhalb der Bauteile und die Übertragung der Schallenergie an Kopplungsstellen der Bauteile berücksichtigt.

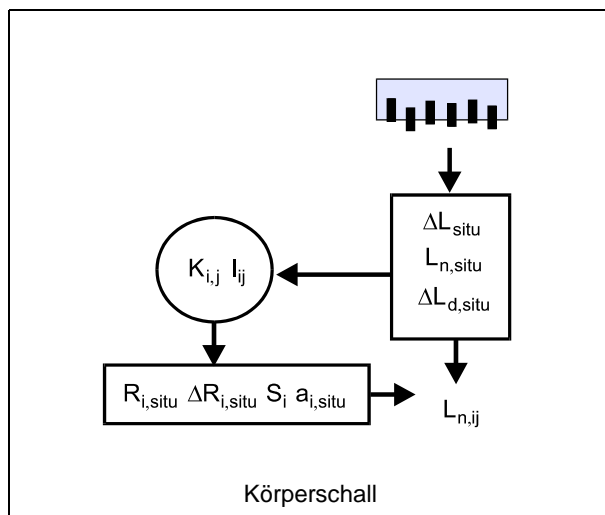


Abb.: Siehe folgende Seite

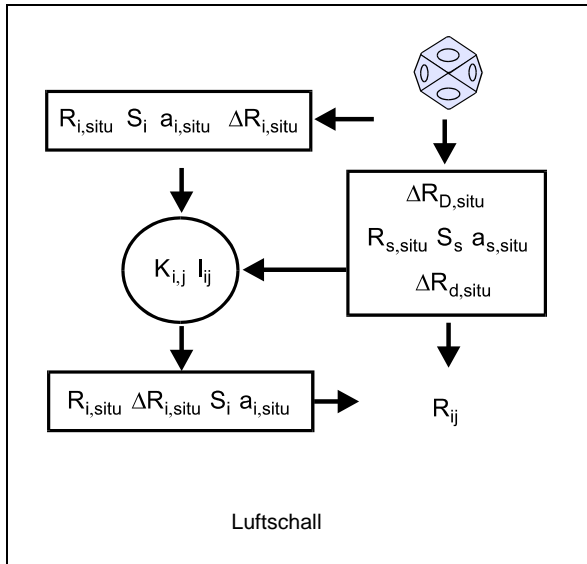


Abb. 3.1: Schema des Berechnungsvorganges nach EN 12354 zusammen mit den notwendigen Eingangsgrößen für Körperschall und Luftschaall

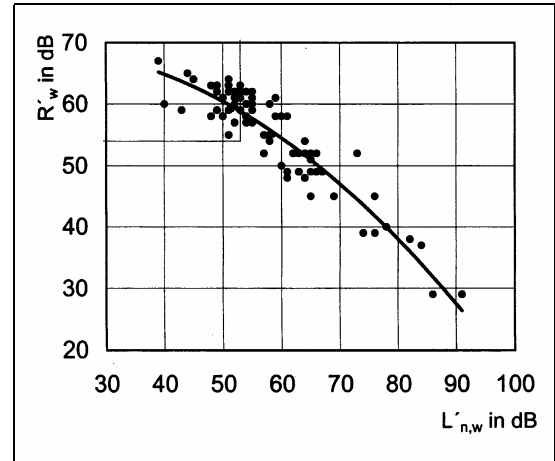


Abb. 3.2: Zusammenhang zwischen Norm-Trittschallpegel und Schalldämmmaß von verschiedenen Holzdecken in Holzbauten. Messwerte von ausgeführten Bauten (Decken mit erkennbaren schalltechnischen Fehlern sind nicht enthalten) [HOL99]

3.1.2.4 Rechenverfahren nach Gösele [GÖS79] bzw. Holtz [HOL99]

Aufgrund von Untersuchungen von Gösele wurde ein Verfahren zur Berechnung des Trittschallschutzes von Holzbalkendecken entwickelt. Dieses Verfahren wurde später von der ÖNORM B 8115 (siehe 3.1.2.1) übernommen. Aufgrund umfangreicher Untersuchungen von Holtz et.al. wurde dieses Verfahren auf Massivholzdecken erweitert. Die Beurteilung einer Holzdecke erfolgt durch Berechnung des Norm-Trittschallpegels der Decke $L_{n,w}$ aus dem äquivalenten Norm-Trittschallpegel der Holz-Rohdecke ($L_{n,w,eq,H}$), der Verbesserung durch den Estrichaufbau ($\div L_{w,H}$) und gegebenenfalls einer Rohdeckenbeschwerung ($\div L_{n,w,Beschwerung}$).

$$L_{n,w} \mid L_{n,w,eq,H} \ 4 \div L_{w,H} \ 4 \div L_{n,w,Beschwerung}$$

In [Hol99] ist die Berücksichtigung der Flankenschallübertragung durch einen Korrekturfaktor K vorgeschlagen, der selbst von der Güte der Decke abhängt.

$$L'_{n,w} \mid L_{n,w} \ 2K$$

Die Beurteilung des Luftschallschutzes kann bei Holzdecken in Holzbauten aus der Güte des Trittschallschutzes erfolgen. Wie in Abbildung 3.2 dargestellt, besteht ein Zusammenhang zwischen Luftschalldämmung und Trittschalldämmung.

3.1.3 Schallschutztechnische Zusammenhänge zwischen der Decken-Grundkonstruktion und den verschiedenen Aufbauten:

Zur Verminderung der Eintragung von Schallenergie in die Baukonstruktion werden Vorsatzkonstruktionen (Vorsatzschalen, Unterdecken, schwimmende Estriche, ...) verwendet. Durch eine elastische Ankoppelung an die Tragkonstruktion wird die – durch Luftschall oder Trittschall angeregte – Oberflächenschwingung nur vermindert in die dahinterliegende Konstruktion eingeleitet. Die zweite Wirkung der Vorsatzschalen besteht darin, dass die Aufnahme und Abstrahlung der Schallenergie von der Schwingungsform der Oberfläche abhängt. Eine Verwendung von "biegeweichen" Vorsatzschalen, bei denen die Koinzidenzgrenzfrequenz besonders hoch ist, hat dadurch den Vorteil, trotz hoher Schnellepegel an der Oberfläche nur geringe Schalldruckpegel im Raum zu erzeugen.

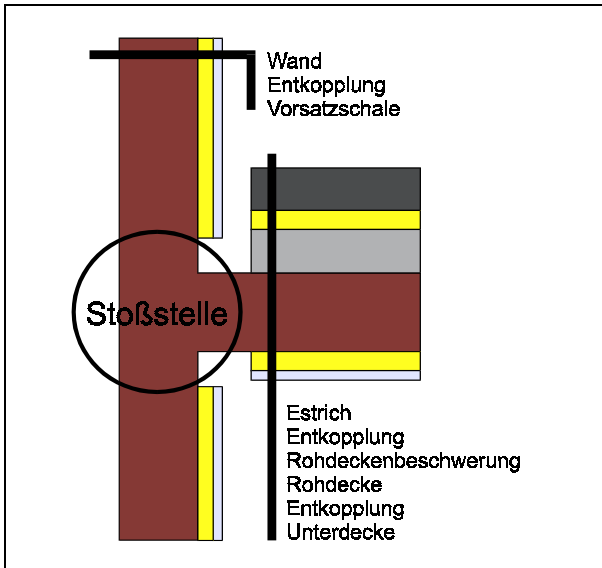


Abb. 3.3: Schema einer Holzbaukonstruktion (Tragkonstruktion und Vorsatzkonstruktionen)

Bei den Massivholzdecken und bei den Holzbalkendecken kann ein Norm-Trittschallpegel von 48 dB nur durch geeignet gewählte Vorsatzkonstruktionen erreicht werden. Zusätzlich aufgebrachte Beschwerungen (Estrich, Betonplatten, Kiesschüttung) in Kombination mit schwimmenden Estrichen und abgehängten Decken können dabei verwendet werden. Neben der eigentlichen Bauteildämmung in der Fläche sind unbedingt die Nebenwegübertragungen über flankierende Bauteile oder Installationen zu berücksichtigen.

Das Konzept der Trennung von Vorsatzkonstruktion und Tragkonstruktion, wie bei der Berechnung von Massivkonstruktionen verwendet, kann dabei nicht bedenkenlos auf den Holzbau übertragen werden. Aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Rohdecken im Holz- und Massivbau ergeben sich bei gleichem Estrichaufbau unterschiedliche Wirkungen [GÖS79]:

- ∄# Im Massivbau wird eine schwere Decke mit relativ leichten Estrichen kombiniert.
- ∄# Im Holzbau hingegen ist das Verhältnis genau umgekehrt.

Die Trittschallminderungen $\pm L_w$, die sich durch den Einsatz verschiedener Baustoffe bei Massivdecken ergeben, können nicht automatisch auf Holzdecken übergeleitet werden. In der Abbildung 3.4 ist der unterschiedliche Verlauf der Trittschallminderung $\pm L_w$ durch einen schwimmenden Trockenestrich und in Abbildung 3.5 die Wirkung eines Nadelfilzes dargestellt.

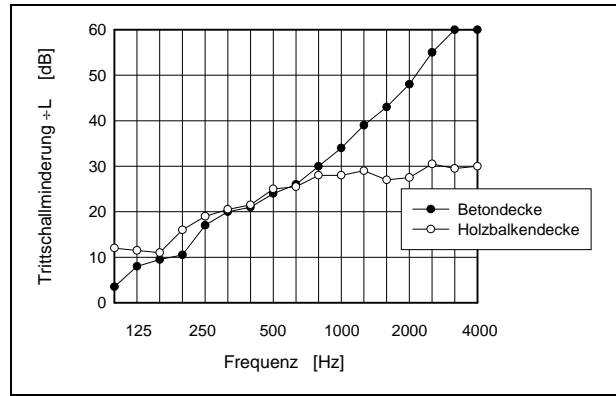


Abb. 3.4: Trittschallminderung $\pm L$ durch einen schwimmenden Trockenestrich [Sch92]

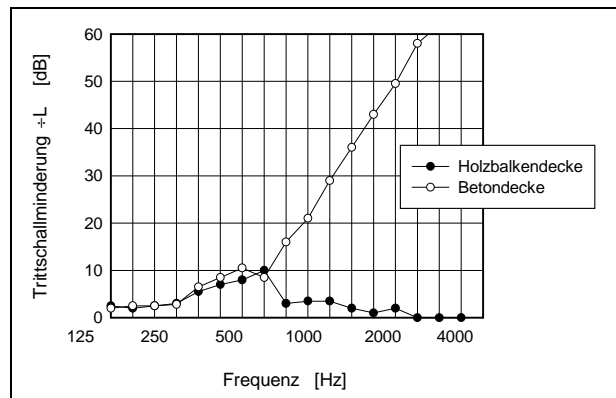


Abb. 3.5: Trittschallminderung $\pm L$ durch einen Nadelfilz-Teppichbelag [Ver92]

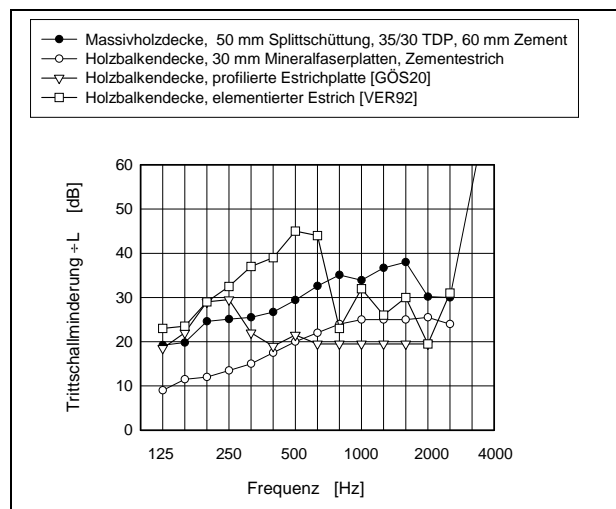


Abb. 3.6: Trittschallminderung $\pm L$ durch einen Zementestrich

In der Abbildung 3.6 ist sehr deutlich erkennbar, dass die Biegesteifigkeit von Estrichen eine wesentliche Rolle beim Schallschutz spielt. Jene Platte, die bei gleicher Masse eine höhere Biegesteifigkeit erreichen will, muss mit Rippen versehen werden. Eine solche Platte erreicht auch bei den tiefen Frequenzen eine hohe Trittschallminderung [GÖS00].

3.1.3.1 Einfluss unterschiedlicher Estriche

Schwimmender Estrich

Beim Einsatz von schwimmenden Estrichen zeigt die Materialwahl bei Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen kaum einen Einfluss.

Neben der flächenbezogenen Masse des Estrichs, der einen Vorteil des Zementestrichs gegenüber dem Asphaltestrich vermuten lässt, ist die positive Materialdämpfung des Asphaltestrichs zu berücksichtigen. Untersuchungen [GÖS92] haben gezeigt, dass die Abstrahlung des Trittschallgeräusches beim Asphaltestrich nach oben wesentlich geringer ausfällt als beim Zementestrich. Da diese Abstrahlung auch zur Rohdecke vorhanden ist, ergibt sich bei gleicher Dämmschicht auch eine geringere Übertragung auf die Rohdecke. [KES99]. Der zweite maßgebende Einflussfaktor bei der Trittschallübertragung ist die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht. Zur Erhöhung der Eindruckfestigkeit müssen bei der Verwendung eines Asphaltestrichs steifere Dämmschichten eingebaut werden. Dies kann sich jedoch nachteilig auf die Luftschallübertragung auswirken. Bei Zementestrichen liegt der große Vorteil in der größeren Masse.

Beim Einbau der Estriche ist zur Vermeidung von Körperschallbrücken auf korrekt angeordnete Estrichrandstreifen zu achten.

Elementierter Estrich

Ein elementierter Estrich in einer Ausführung mit 50 mm dicken Betonplatten ergibt, bei sonst gleichem Deckenaufbau im Holzbauprüfstand, eine um 8 dB besser bewertete Trittschalldämmung als ein nicht elementierter Zementestrich. [KES99] Wie man in der Abbildung 3.5 erkennen kann, zeigt sich eine deutliche Verbesserung im Bereich zwischen 200 und 600 Hz. Im tiefen Frequenzbereich, dem eigentlichen Schwachpunkt von Holzbalkendecken und Massivholzdecken, lässt sich jedoch keine wesentliche Verbesserung ableiten.

Trockenestrich

Eine schalltechnische Untersuchung an unterteilten Trockenestrichen auf Holzbalkendecken der FH Rosenheim ergab folgenden Ausführungsvorschlag als Kompromiss zwischen möglichst hohem Schallschutz und ausreichender Steifigkeit der Gehschicht.

Der verwendete Trockenestrich sollte aus Elementen mit einer Fläche von ca. 300*300 mm² mit einer Gesamtmasse annähernd wie die von Zementestrichen $m' \approx 65 \text{ kg/m}^2$ bestehen. [BUS95]

3.1.4 Deckenvarianten

3.1.4.1 Holzbalkendecke

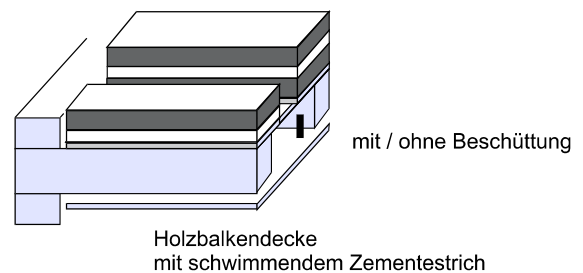


Abb. 3.7: Schema Holzbalkendecke mit Unterdecke und Fußbodenaufbau

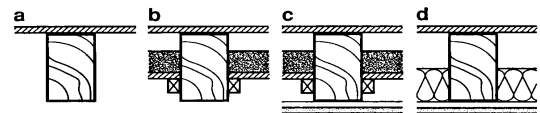


Abb. 3.8: Ausführungsvarianten von Holzbalkendecken (a) mit sichtbaren Balken; (b) mit teilweise sichtbaren Balken und mit Zwischenboden (Blindboden); (c) mit Zwischenboden und unterseitiger Verkleidung (Altbaukonstruktionen); (d) mit unterseitiger Verkleidung und Hohlraumdämpfung [FAS98]

Ein bewerteter Standard-Trittschallpegel $L'_{n,T,w}$ von 48 dB kann bei einer Standard-Holzbalkendecke, wie in Abbildung 3.7 dargestellt, nicht erreicht werden. Erst durch einen geeignet gewählten Fußbodenaufbau mit zusätzlicher Beschüttung (Beschüttungen, Betonplatten) können die erforderlichen Werte erreicht werden.

Ermittlung der Flächenmasse der Beschüttung, um die Trittschallanforderungen zu erfüllen:

Den folgenden Überlegungen liegt eine Raumgröße von 30 m³ zu Grunde. Größere Räume würden bei der Umrechnung von Norm-Trittschallpegel auf Standard-Trittschallpegel zu geringeren Anforderungen an die Decke führen.

Die strengste Anforderung an den Trittschallschutz der Decken stellt die Anforderung der ÖNORM B8115 dar. Für eine Raumgröße von 30 m³ ergibt sich damit die Anforderung $L'_{n,w} < 48 \text{ dB}$.

Nach dem Verfahren von Holtz [HOL99] ist, um einen bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ von 48 dB zu unterschreiten, aufgrund der Nebenwege ein bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von weniger als 40 dB notwendig. Aufgrund des Zusammenhanges zwischen Luft- und Trittschallschutz für Holzdecken (siehe Abbildung 3.2) ergibt sich damit ein bewertetes Bau-Schalldämmmaß R'_{w} von 65 dB und ein bewertetes Schalldämmmaß von mehr als 65 dB.

Holzbalkendecken, die diese Anforderungen rechnerisch erfüllen, sind in Tabelle 3.1 zusammengestellt:

Grundkonstruktion	Fußbodenaufbau	
	ZE+TDP5	GBP/ZSP+TDP15
HBD+L+FB+GK	20 (~1,5cm)	----
HBD +FS+GK	8 (~0,5cm)	125 (~8,0cm)
HBD +FS+2GK	0	80 (~5,0cm)

Tab. 3.1: Notwendige Flächenmasse der Beschüttung in kg/m^2 , um die Anforderung $L'_{n,w,T} < 48\text{dB}$ zu erreichen [HOL99]

HBD.....Holzbalkendecke

L.....Lattung

FB.....Federbügel

FS.....Federschiene

GK.....Gipskartonplatte

ZE.....Zementestrich (50 mm)

TDP5.....Trittschalldämmplatte ($s' = 5\text{MN}/\text{m}^3$)

TDP15.....Trittschalldämmplatte ($s' = 15\text{MN}/\text{m}^3$)

GBP.....Gipsbauplatte (25 mm)

ZSP.....Zementspanplatte(22 mm)

Die in der Klammer angeführten Werte würden der Höhe für einen Splittschüttung mit einer Rohdichte von $\sim 1.500 \text{ kg}/\text{m}^3$ entsprechen.

Beispiele für Holzbalkendecken

Die in der Literatur vorhandenen Angaben zu Decken sind oftmals unvollständig. In wenigen Fällen ist ausreichend dokumentiert, ob es sich um eine Messung in einem ausgeführten Holzhaus oder um eine Messung in einem Prüfstand mit oder ohne Nebenwege handelt. Ein zusätzliches Problem stellt die unzureichende Dokumentation (Einbausituation, flankierende Wände) der Messungen an ausgeführten Bauten dar. Im Folgenden sind Deckenaufbauten zusammengestellt, die in der Literatur mit Werten für den Trittschallschutz und Luftschallschutz ausgewiesen sind, die besonders hohe Anforderungen erfüllen sollen.

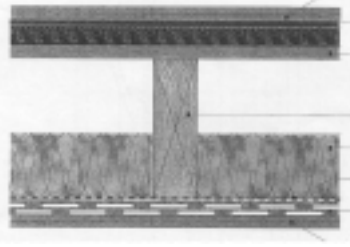
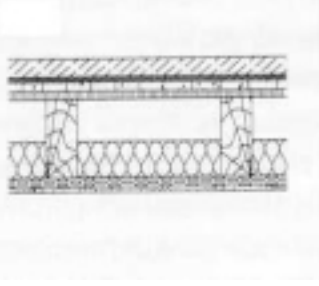
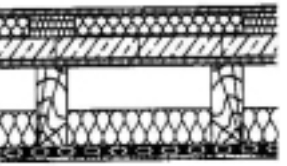
Konstruktionsaufbau	Konstruktionsbeschreibung (Quelle)	Trittschall- schutz	Luftschall- schutz	Masse [kg/m ²]	Dicke [cm]
	<p>Trockenestrich ca. 28 kg/m² 2*10 mm Gipsfaserplatte über 10 mm Mineralwolldämmpl. ca. 190 kg/m³ 30 mm Keramikgranulat 61 kg/m² 22 mm Holzspanplatte 15 kg/m² 80/220 Fichtenholzbalken e = 60,5 cm 100 mm Mineralwolle WDF 10 15 kg/m³ 0,1 mm Dampfsperre 130/26 Federschiene e=33,3 cm 2*10 mm Gipsfaserpl. je 12 kg/m³ flächenbezogene Masse ca. 145 kg/m² [TGM- Messblatt]</p>	<p>39 L_{n,T,w}</p>	<p>70 R_w</p>	<p>145</p>	<p>35,4</p>
	<p>50 mm Zementestrich (m=115 kg/m²) 20/15 mm MF-TSDPL. (s` < 10MN/m³, Typ T) 30 mm trockene Schüttung (m=44 kg/m²) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken e=Ø2,5 cm 100 mm Hohlraumdämmung (r Ø5 kNs/m4) 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte [HOL99]</p>	<p>44 L'_{n,w}</p>	<p>>55 R'_w</p>		<p>37,7</p>
	<p>18 mm OSB- Verlegeplatte 60 mm Zelluloseplatten zwischen Holzweichfaserstreifen 60 mm Betonplatten (30*30*6 cm, m`=150 kg/m²) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken e=Ø2,5 cm 100 mm Hohlraumdämmung (r Ø5 kNs/m4) 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte [HOL99]</p>	<p>46 L'_{n,w}</p>	<p>>55 R'_w</p>		<p>42,0</p>

Abb. 3.9: Luft- und Trittschallschutz für Holzbalkendecken (Literaturverweis in der Abbildung)

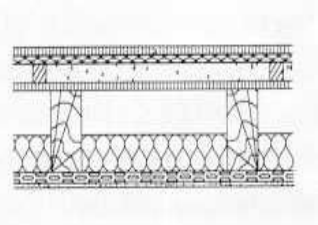
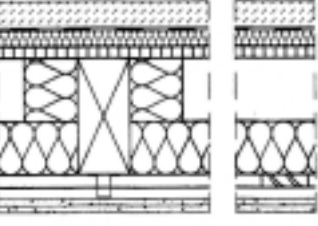
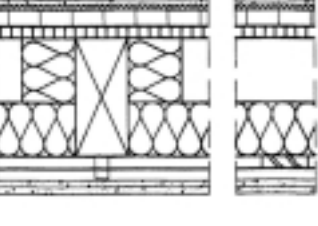
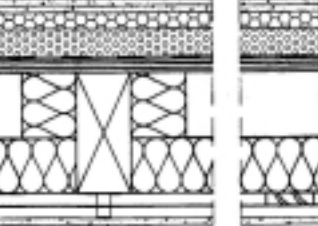
	<p>22 mm zementgebundene Spanplatte 23/20 mm MF-TSDPL. ($s' < 20 \text{ MN/m}^2$, Typ T) 50 mm trockene Schüttung ($m = 75 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken $e = \varnothing 62,5 \text{ cm}$ 100 mm Hohlraumdämmung ($r \varnothing 5 \text{ kNs/m}^4$) 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte [HOL99]</p>	<p>46 $L'_{n,w}$</p>	<p>>55 R'_w</p>		<p>37,4</p>
	<p>50 mm Zementestrich auf PAE-Folie 30 mm Mineralwolle MW-T (35/30) 22 mm Spanplatte P4 vormals V 20 E1 220 mm Balken $e = 62,5 \text{ cm}$ dazwischen 100 mm Mineralwolle 24 mm Sparschalung, $e = 40 \text{ cm}$ 30 mm Lattung auf Federbügel 30/50 $e = 40 \text{ cm}$ 2*12,5 mm Gipskartonfeuerschutzplatte [PRO99]</p>	<p><48 $L_{n,w}$</p>	<p>>65 R_w</p>		<p>40,1</p>
	<p>2*10 mm Gipsfaser-Estrichelement 10 mm Mineralwolle 30 mm Estrichwabe mit Wabenschüttung (1500 kg/m^3) 22 mm Spanplatte P4 220 mm Balken $e = 62,5 \text{ cm}$ 100 mm Mineralwolle ($r \varnothing 5 \text{ kNs/m}^4$) 24 mm Sparschalung, $e = 40 \text{ cm}$ 27 mm Federschiene, $e = 33,3 \text{ cm}$ 2*10 mm Gipsfaserplatte [PRO99]</p>	<p><36 $L_{n,w}$</p>	<p>>70 R_w</p>		<p>37,3</p>
	<p>25 mm Gipskartonbauplatte (2*12,5 mm verklebt) 30 mm Polystyrol (EPS-T) 50 mm Splittschüttung und Rieselschutz 24 mm Dreischichtplatte 220 mm Balken $e = 62,5 \text{ cm}$ 100 mm Schafwolle 24 mm Sparschalung $e = 40 \text{ cm}$ 30 mm Lattung auf Federbügel 30/50 $e = 40 \text{ cm}$ 15 mm Gipskartonfeuerschutzplatte [PRO99]</p>	<p><48 $L_{n,w}$</p>	<p>>65 R_w</p>		<p>41,8</p>

Abb. 3.9: Luft- und Trittschallschutz für Holzbalkendecken (Literaturverweis in der Abbildung)

	<p>32 mm Spanplatte mit Nut und Feder, ca. 20 kg/m²</p> <p>68 mm Dibo- Distanzfuß (höhenverstellbar) mit Sylomerschaumstoff und Gleitschicht, ca. 2,3 kg/m²</p> <p>dazwischen 60 mm Mineralwolle, ca. 17 kg/m³</p> <p>50*500*500 mm Betonplatten, ca. 120 kg/m²</p> <p>3 mm Kunststoffolie, ca. 85 g/m²</p> <p>25 mm Holzschalung mit Nut und Feder, ca. 10 kg/m²</p> <p>80*180 mm Tram, e=65,0 cm</p> <p>dazwischen 140 mm Mineralwolle, ca. 19 kg/m³</p> <p>Justierschwingbügel mit 3 mm selbstklebendem Schaumstoff, e=33,0 cm und Lattung 27*47 mm</p> <p>10 mm Gipsfaserplatte</p> <p>[Pro-Holz Datenblatt Nr. 5/17]</p>	<p>44 L_{n,T,w}</p>	<p>70 R_w</p>	<p>176</p>	<p>41,3</p>
	<p>19 mm Schiffboden (8,5 kg/m²)</p> <p>50*80 mm Polsterholz, e=70 cm</p> <p>dazw. Perlite-Beschüttung 80 mm 60 kg/m³</p> <p>8 mm Holzfaserdämmplatte (265 kg/m³)</p> <p>40 mm Perlite-Beschüttung belastbar (236 kg/m³)</p> <p>40*165 mm Holzschalung mit fremder Feder (18 kg/m²)</p> <p>140*220 mm Vollholzbalken, e=76 cm, versetzt um ca. 85 mm „Fehltram“ 100*200 mm</p> <p>dazw. 100 mm Mineralwolle (70 kg/m³)</p> <p>24*80 mm Streuschalung e = 38 cm</p> <p>20 mm Profilholzschalung (9,3 kg/m²)</p> <p>[Pro-Holz Datenblatt Nr. 5/22]</p>	<p>48 L_{n,T,w}</p>	<p>66 R_w</p>	<p>99</p>	<p>53,6</p>
	<p>22 mm Spanplatte V100 (700 kg/m³)</p> <p>40*60 mm Polsterholz aufliegend auf 5 mm Mineralwollefilzstreifen,</p> <p>dazw. 15/10 mm Mineralwolle auf ca. 30 mm Sandschüttung</p> <p>16 mm Spanplatte V20 (650 kg/m³)</p> <p>80*180 mm Vollholzbalken, dazw. 50 mm Mineralwolle (mind. 15 kg/m³)</p> <p>40 mm Federbügel, dazw. 30*40 mm Latte</p> <p>2*12,5 mm Gipskartonplatte</p> <p>[Pro-Holz Datenblatt Nr. 5/16]</p>	<p>35 TSM 28 L_{n,w}</p>	<p>68 R_w</p>	<p>123</p>	<p>32,8</p>

Abb. 3.9: Luft- und Trittschallschutz für Holzbalkendecken (Literaturverweis in der Abbildung)

3.1.4.2 Massivholzdecke

Massivholzdecken unterscheiden sich in der Art, wie die einzelnen Holzteile (Bretter, Stäbe, ...) verbunden werden. Gebräuchlich sind das Leimen (Leimholz), das Nageln (Brettstapel) und das Dübeln.

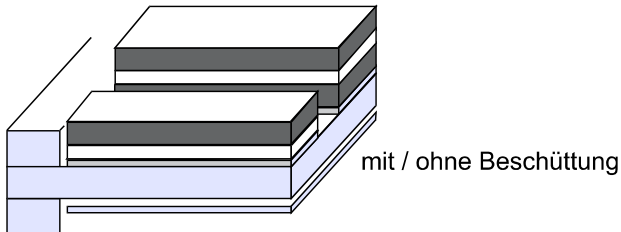


Abb. 3.10: Schema Massivholzdecke mit Unterdecke und Fußbodenaufbau

Wie auch bei den Holzbalkendecken können die geforderten Schallschutzwerte erst durch geeignet ausgewählte Unterdecken bzw. Fußbodenaufbauten (Beschüttung und schwimmende Estriche) erreicht werden.

Ermittlung der Flächenmasse der Beschüttung, um die Trittschallanforderungen zu erfüllen

Den folgenden Überlegungen liegt eine Raumgröße von 30 m³, zu Grunde. Größere Räume würden bei der Umrechnung von Norm-Trittschallpegel auf Standard-Trittschallpegel zu geringeren Anforderungen an die Decke führen.

Die strengste Anforderung an den Trittschallschutz der Decken stellt die Anforderung der ÖNORM B 8115 dar. Für eine Raumgröße von 30 m³ ergibt sich damit die Anforderung

$$L'_{n,w} < 48 \text{ dB}$$

Nach dem Verfahren von Holtz [HOL99] ist, um einen bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ von 48 dB zu unterschreiten, aufgrund der Nebenwege ein bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von weniger als 40 dB notwendig. Aufgrund des Zusammenhanges zwischen Luft- und Trittschallschutz für Holzdecken (siehe Abbildung 3.2) ergibt sich damit ein bewertetes Bau-Schalldämmmaß R'_{w} von 65 dB und ein bewertetes Schalldämmmaß von mehr als 65 dB.

Massivholzdecken, die diese Anforderungen rechnerisch erfüllen, sind in Tabelle 3.2 zusammengestellt.

Grundkonstruktion	Fußbodenaufbau	
	ZE+TDP5	GBP/ZSP+TDP15
120BSt	----	----
SH120BSt	115 (~8,0cm)	----
120BSt+FB+GK	55 (~4,0cm)	----
120LeiB	142 ¹⁾ (~10,0cm)	----
120LeiB+FB+GK	75 (~5,0cm)	----

Tab. 3.2: Notwendige Flächenmasse der Beschüttung in kg/m², um die Anforderung $L'_{n,T,w} < 48 \text{ dB}$ zu erfüllen
*) messtechnisch nicht mehr abgesicherter Bereich

Die in der Klammer angeführten Werte würden der Höhe einer Splittschüttung mit einer Rohdichte von ~1.500 kg/m³ entsprechen.

BSt.....120 mm Brettstapeldecke (genagelt)
SH.....Sperrholz (12 mm) mechan. verbunden
LeiB.....120 mm Leimbinder
FB.....Federbügel
GK.....Gipskartonplatte
ZE.....Zementestrich (50 mm)
GBP.....Gipsbauplatte (25 mm)
ZSP.....Zementspanplatte (22 mm)
TDP5.....Trittschalldämmplatte ($s'=5MN/m^3$)
TDP15.....Trittschalldämmplatte ($s'=15MN/m^3$)

Beispiele für Massivholzdecken

Die in der Literatur vorhandenen Angaben zu Decken sind oftmals unvollständig. In wenigen Fällen ist ausreichend dokumentiert, ob es sich um eine Messung in einem ausgeführten Holzhaus oder um eine Messung in einem Prüfstand mit oder ohne Nebenwege handelt. Ein zusätzliches Problem stellt die unzureichende Dokumentation (Einbausituation, flankierende Wände) der Messungen an ausgeführten Bauten dar.

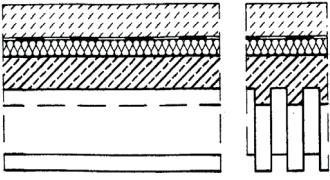
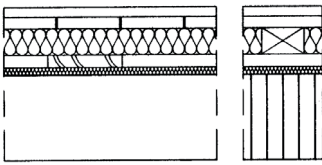
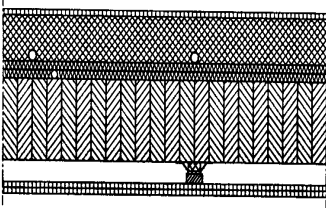
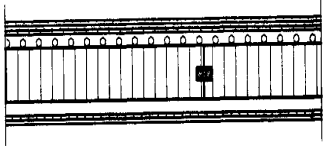
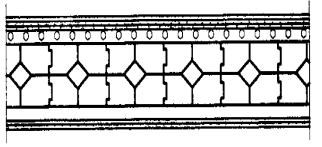
Konstruktionsaufbau	Konstruktionsbeschreibung (Quelle)	Trittschall- schutz	Luftschall- schutz	Masse [kg/m ²]	Dicke [cm]
	60 mm Zementestrich 30 mm Mineralwolle MW-T (35/30) 100 mm tragender Verbundbeton 120 mm Brettstapel [PRO99]	<48 $L_{n,w}$	>60 R_w		27,0
	19 mm Schiffboden aus Lärchenholzbrettern 22/80 mm Fichtenholz-Blindboden 50/80 mm Polsterholz e=60 cm dazw. 50 mm Mineralwolle 90° dazu versetzt 23 mm Fichtenholzbretter 24/140 e= 60 cm 15 mm Minerw. MW-T (20/15) [PRO99]	<48 $L_{n,w}$	>66 R_w		29,4
	Teppichbelag 10 mm Platte 80 mm Zementestrich 2* 15 mm TSDPL. 120 mm Brettstapel Lattenrost an Federbügel, 37 mm 30 mm Hohlraumdämmung 2* 10 mm Gipskartonpl. [Berlinger Holzbau]	47 $L'_{n,w}$	62 R'_w		29,7
	2*10 mm Gipsfaser- Estrichelement inkl. 10 mm Mineralfaserplatte 30 mm Porenbetonplatte (TSY) 120 mm BSH- Deckenelement Lattung 30*50 mm auf Federbügeln 2*10 mm Gipsfaserplatte [Lignatec 9/1999]	46 $L'_{n,w}$	58 R'_w	135	23,0
	2*10 mm Gipsfaser-Estrichelement inkl. 10 mm Mineralfaserplatte 30 mm Porenbetonplatte 120 mm BSH- Deckenelement Lattung 30*50 mm auf Federbügeln 2*10 mm Gipsfaserplatte [Lignatec 9/1999]	47 $L'_{n,w}$	59 R'_w	133	23,0

Abb. 3.11: Luft- und Trittschallschutz für Massivholzdecken (Literaturverweis in der Abbildung)

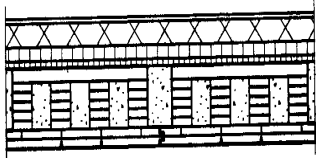
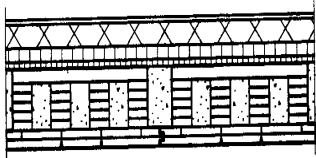
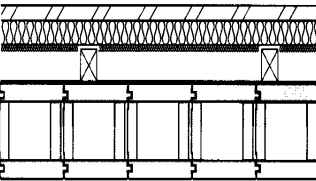
	<p>Teppich/Parkett schwimmend ohne Trennlage</p> <p>50 mm Zementunterlagsbeton</p> <p>35/30 Mineralfaser TSDPL.</p> <p>15 mm Holzweichfaserplatte</p> <p>170 mm Lignotrend Rohdecke mit Kalksplitt gefüllt (94 kg/m²)</p> <p>Firma: Lignotrend AG</p> <p>[Lignatec 9/1999]</p>	<p><37</p> <p>$L'_{n,w}$</p>	<p>>70</p> <p>R'_w</p>	<p>262</p>	<p>26,5</p>
	<p>Bodenbelag</p> <p>Gutex Multifix, PU- verleimt</p> <p>30 mm Holzweichfaser- TSDPL.</p> <p>15 mm Holzweichfaserplatte</p> <p>170 mm Lignotrend Rohdecke mit Kalksplitt gefüllt (94 kg/m²)</p> <p>Firma: Lignotrend AG</p> <p>[Lignatec 9/1999]</p>	<p><47</p> <p>$L'_{n,w}$</p>	<p>>67</p> <p>R'_w</p>	<p>174</p>	<p>24,5</p>
	<p>13 mm Parkett lose aufliegend</p> <p>50 mm Kauf Fliesestrich</p> <p>32/30 Gutex Thermofloor</p> <p>15 mm Gutex Standard Natur</p> <p>170 mm Lignotrend Rohdecke gefüllt mit Kalksplitt (94 kg/m²)</p> <p>[Firma: Lignotrend AG]</p>	<p>44</p> <p>$L_{n,w}$</p>	<p>68</p> <p>R_w</p>	<p></p>	<p>22,8</p>
	<p>Teppichbelag</p> <p>25 mm Spanplatte</p> <p>40 mm Holzfaserplatte</p> <p>8 mm extraporöse Holzfaserplatte</p> <p>50 mm getrockneter Sand</p> <p>1500 kg/m³</p> <p>Rieselschutz</p> <p>140 mm Lignatur- Kastenelement</p> <p>[Handbuch der Lignatur Praxis]</p>	<p>48</p> <p>$L'_{n,w}$</p>	<p>58</p> <p>R'_w</p>	<p>152</p>	<p>26,3</p>

Abb. 3.11: Luft- und Trittschallschutz für Massivholzdecken (Literaturverweis in der Abbildung)

3.1.5 Wandvarianten

Um die Wiener Bauordnung zu erfüllen, ist ein R_w von mindestens 58 dB notwendig. Wenn man den minimalen Wert von 58 dB zur Auslegung der Konstruktion benützt, ergibt sich aufgrund der Flankenwege ein D_{nTW} kleiner als 55 dB. Erst ab einem R_w von 62 dB kann man eine bewertete Standard-Schallpegeldifferenz von über 55 dB erwarten. Im Folgenden werden daher nur Konstruktionen betrachtet, die die stärkere Anforderung von $R_w \geq 65$ dB erfüllen.

3.1.5.1 Leichte Wände

3.1.5.1.1 Doppelschalige, biegeweiche Wände

Aufgrund neuer Untersuchungen zum Schalldämmmaß zweischaliger Gipskartonwände haben sich gegenüber den Werten der DIN 4109(1989) Veränderungen ergeben. Eine der Ursachen für diese Veränderung ist die Verringerung der Flächenmassen der GK (ca. 11 kg/m² -> 8,5 bis 9,8 kg/m²).

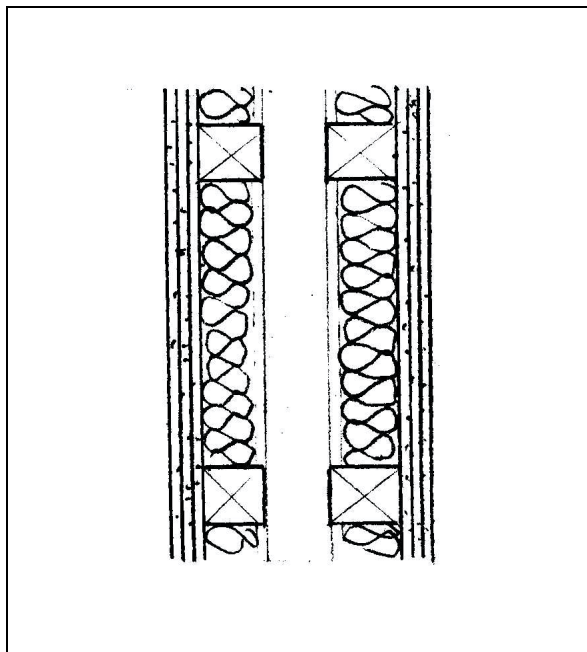


Abb. 3.12: Doppelschalige Wand mit $R_w > 65$ dB

Um mit einer doppelschaligen Wand ein bewertetes Schalldämmmaß über 65 dB zu erzielen, ist eine dreilagige Beplankung mit schweren GK (9,8 kg/m²) notwendig.

3.1.5.1.2 Vierschalige, biegeweiche Wände

Untersuchungen nach [KESS99] haben ergeben, dass die Angabe nach DIN 4109(1989) für die vierschalige Konstruktion unwirtschaftlich große Sicherheiten hat. Die Messung an einem ausgeführten Bau hat für eine Gebäudetrennwand (Aufbau siehe Abbildung. 3.10) einen Rechenwert von $R'_{w,R} = 68 - 2 = 66$ dB ergeben. Dieser Wert überschreitet die vergleichbare Ausführung nach DIN 4109 (1989) trotz der Beeinflussung durch flankierende Bauteile deutlich.

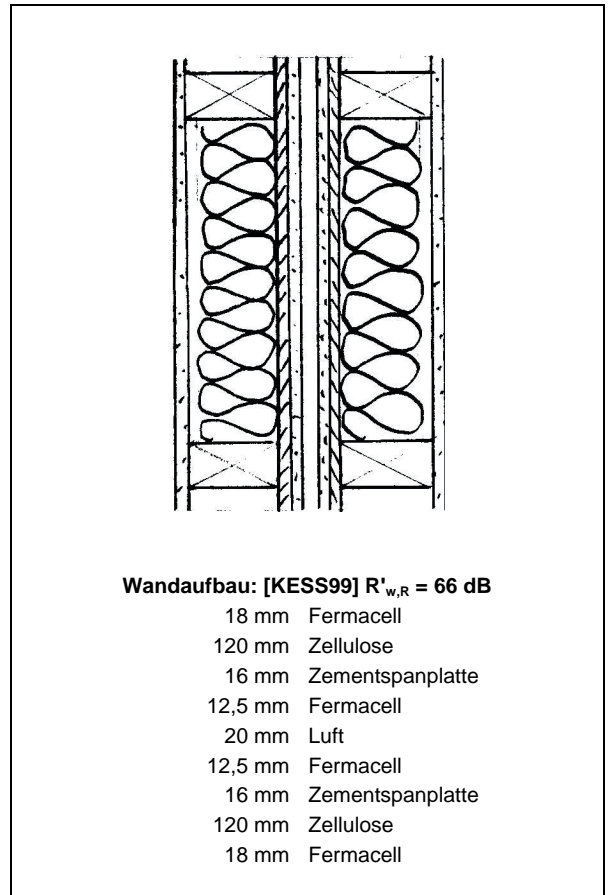


Abb. 3.13: Wandaufbau nach [KESS99]

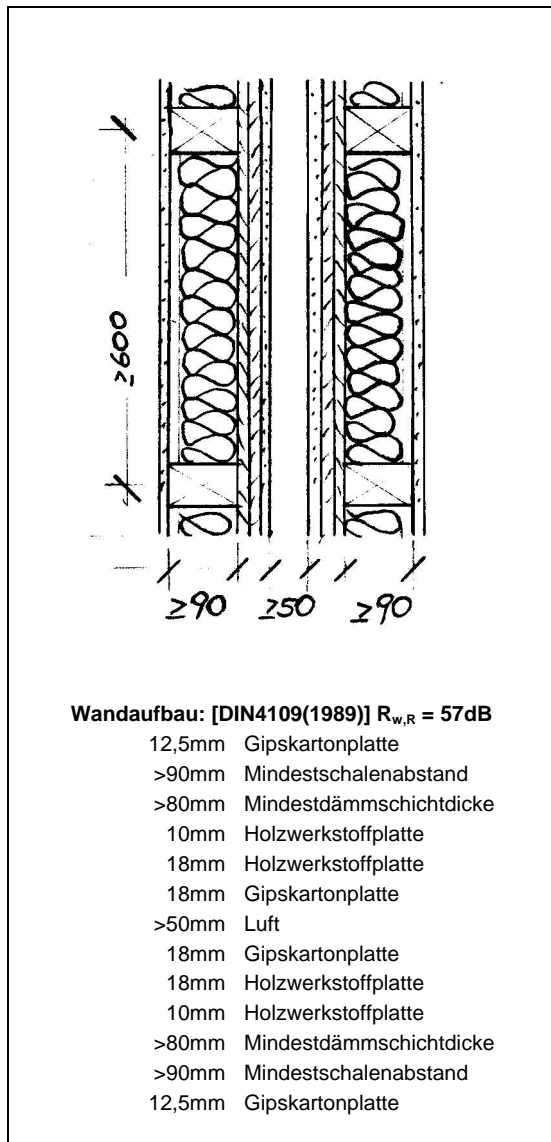


Abb. 3.14: Wandaufbau nach DIN 4109 (1989)

dW	R _w	f _g
	[dB]	[Hz]
4cm	27	940
8cm	30 (28 bis 36) *	470
12cm	32	312
16cm	34	235
20cm	36	190
24cm	38	160

Tab. 3.3: Schalldämm-Maß R_w in Abhängigkeit der Massivholzstärke

dW.....Holzdicke einer Schale

f_g.....Grenzfrequenz des Koinzidenzeffektes

*).....Aufgrund der Variationen der physikalischen Eigenschaften der Weichhölzer ist die Bandbreite des bewerteten Schalldämmmaßes dargestellt. (beispielhaft für eine Schalenstärke von 8 cm)

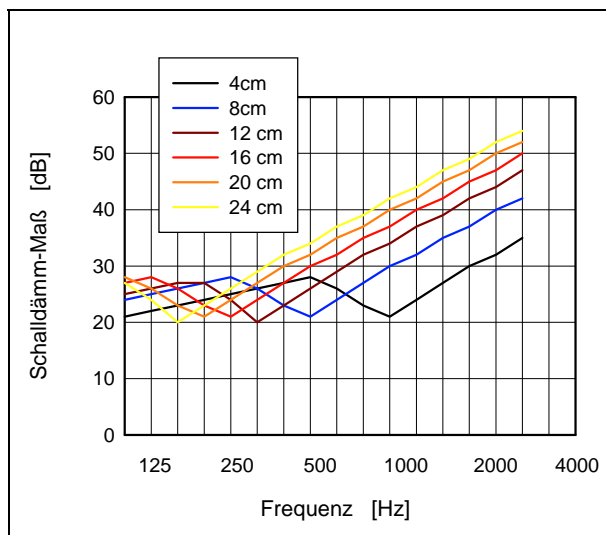


Abb. 3.15: Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes einer einschaligen Massivholzwand in Abhängigkeit der Massivholzstärke

3.1.5.2 Massivholzwände

3.1.5.2.1 Einschalige Wände

Für eine einschalige Massivholzwand ergeben sich in Abhängigkeit der Stärke, die in Tabelle 3.3 zusammengestellten Schalldämmmaße. Der Frequenzverlauf ist in der Abbildung 3.15 dargestellt. Dabei wird vorausgesetzt, dass es keine direkte Schallübertragung über Fugen gibt.

Sehr deutlich ist der Einbruch bei der Koinzidenzfrequenz zu erkennen. Unter Koinzidenz oder Spuranpassung wird der Zustand eines Bauteiles verstanden, bei dem die Wellenlänge von freien BiegeWellen ζ_B mit der auf die Bauteiloberfläche projizierten Wellenlänge ζ_0 des einfallenden und abgestrahlten Luftschalles übereinstimmt. Diese Frequenz ist von der Masse und der Biegesteifigkeit des jeweiligen Baustoffes abhängig.

3.1.5.2.2 Doppelschalige Konstruktion

Bei doppelschaligen Konstruktionen kommen zusätzlich zum Koinzidenzeffekt noch zwei Resonanzeffekte hinzu, die das resultierende Schalldämmmaß beeinflussen. Aufgrund der Federwirkung der Luft bzw. eines Dämmstoffes im Hohlraum ergibt sich eine Resonanz ("Masse-Feder-Resonanz"), die durch die Masse der Schalen und der dynamischen Steifigkeit des Mediums im Zwischen-

raum definiert wird. Bei höheren Frequenzen, wenn die Wellenlänge der Schallwellen im Hohlraum mit der Hohlraumabmessung zusammenpasst, ergeben sich die sogenannten "Hohlraumresonanzen". Das Schalldämmmaß der Gesamtkonstruktion wird im Bereich der Resonanzen vermindert. Eine doppel-schalige Konstruktion sollte daher eine Masse-Feder-Resonanz unterhalb und Hohlraumresonanzen oberhalb des bauakustischen Bereiches (100 bis 3.150 Hz) haben. Durch einen Dämmstoff mit angepasstem Strömungswiderstand können die Hohlraumresonanzen unterdrückt werden. Untersuchungen haben ergeben, dass die Wirkung bis 75% Hohlraumfüllung zunimmt. Eine Koppelung der beiden Schalen über den Dämmstoff muss dabei vermieden werden, da die dynamische Steifigkeit des Dämmstoffes höher als die von Luft ist und damit die "Masse-Feder-Resonanz" bei einer höheren Frequenz erfolgen würde.

Die in der Tabelle 3.3 zusammengestellten doppelschaligen Konstruktionen sind so ausgelegt, dass die "Masse-Feder-Resonanz" bei 80 Hz liegt. Erkennbar wird auch, dass ab einer Schalenstärke von 8 cm keine weitere Erhöhung des bewerteten Schalldämmmaßes erfolgt. Wie in Abbildung 3.16 dargestellt, liegt der Koynzidenzeinbruch bei Stärken über 8 cm unterhalb von 500 Hz und wirkt sich damit bei der Bewertung stark aus.

DW [cm]	DL [cm]	R _w [dB]	Gesamtstärke [cm]
4	16	57	24
8	8	58	24
12	6	55	30
16	4	53	36
20	4	54	44
24	4	54	52

Tab. 3.4: Schalldämm-Maß R_w in Abhängigkeit der Massivholzstärke

dW.....Holzdicke einer Schale
dL.....Luftspalt zwischen den Holzschalen

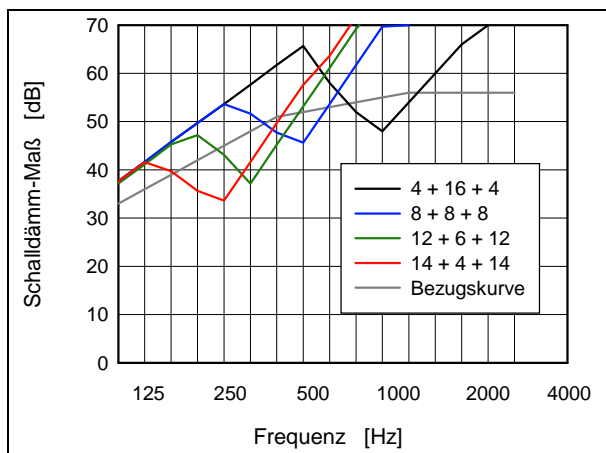


Abb. 3.16: Frequenzverlauf des Schalldämmmaßes einer doppelschaligen Massivholzwand in Abhängigkeit der Massivholzstärke; Die Beschriftung der Varianten entspricht: Holzstärke-Luftschichtstärke-Holzstärke;

Zusätzlich ist die Bezugskurve nach ISO 717(1996) dargestellt.

3.1.5.2.3 Einschalige Konstruktion mit Vorsatzschale VS

Durch Vorsatzschalen kann die Einleitung von Schallenergie in die Konstruktion vermindert werden. Für die Wirkung sind die Masse und Biegesteife der Schale und die Koppelung an die Konstruktion (angedübelt, angeschraubt oder nur über den Lufthohlraum) entscheidend.

Für die Berechnung der Wirkung einer angedübelten bzw. freistehenden Vorsatzschale wurde folgender Aufbau der Vorsatzschale verwendet:

2*12,5 mm Gipskartonplatte
60 mm Zwischenraum mit 75 % Dämmung

dW [cm]	R _w [dB]	+angedübelte VS [dB]	+frei VS [dB]
4	27	39	60
8	30 (28 bis 36)	42	61
12	32	44	62
16	34	45	63
20	36	46	63
24	38	47	63

Tab. 3.5: Schalldämmmaß R_w für einschalige Konstruktionen mit Vorsatzschalen in Abhängigkeit der Massivholzstärke

dW.....Massivholzstärke

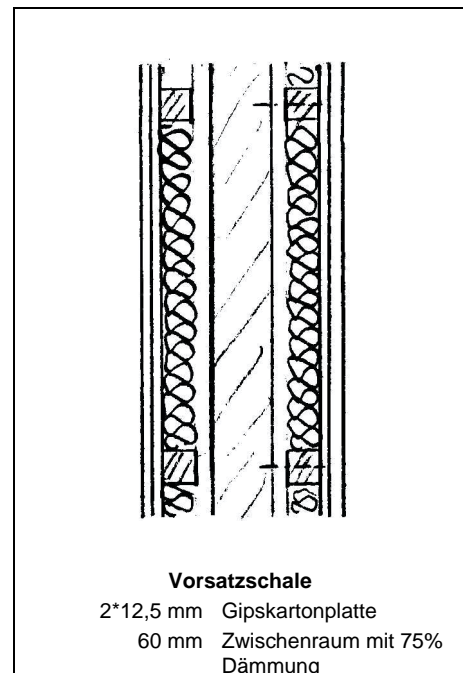


Abb. 3.17: Einschalige Konstruktion mit Vorsatzschale (angedübelt oder frei)

3.1.5.2.4 Doppelschalige Konstruktion mit Vorsatzschale VS

Auch bei doppelschaligen Konstruktionen kann die Übertragung von Schallenergie durch die Verwendung von Vorsatzschalen vermindert werden. In der folgenden Tabelle sind die Konstruktionen aus Kapitel 5.2.2 mit angedübelter (bzw. geschraubter) und mit freistehender Vorsatzschale zusammengestellt.

dW	dL	R _w	+angedübelt VS	+frei VS
[cm]	[cm]	[dB]	[dB]	[dB]
4	16	57	67	86
8	8	58	68	83
12	6	55	65	80
16	4	53	61	78
20	4	54	62	77
24	4	54	61	76

Tab. 3.6: Schalldämmmaß R_w für doppelschalige Konstruktionen mit Vorsatzschalen in Abhängigkeit der Massivholzstärke

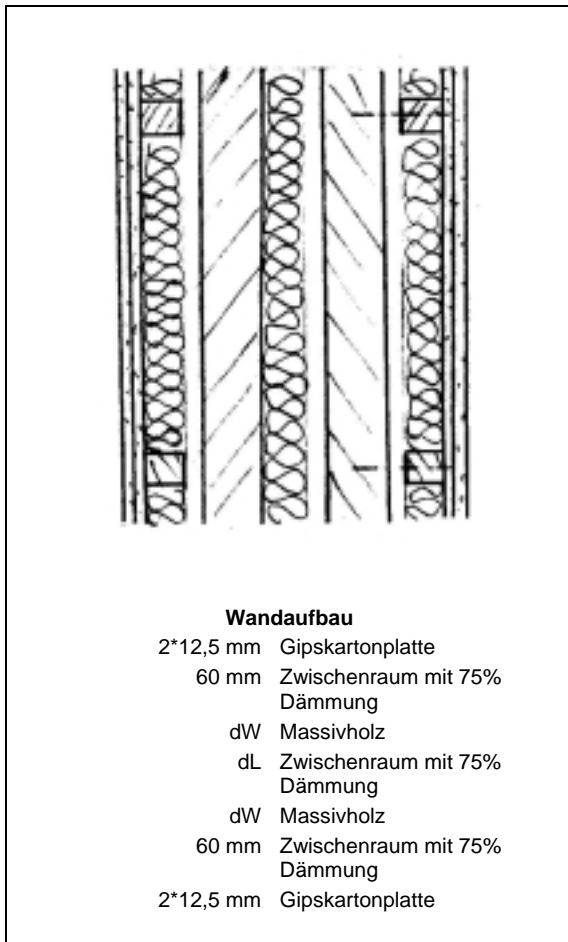


Abb. 3.18: Doppelschalige Konstruktion mit Vorsatzschale (angedübelt oder frei)

3.1.6 Konstruktionsvarianten Decke-Wand-Anschluss

Zur Berechnung des akustischen Gesamtverhaltens einer Baukonstruktion muss das Bauteilverhalten und die Kopplung zwischen Wänden und Decken bekannt sein. In der folgenden Tabelle sind alle möglichen Varianten für den Wand-Decken-Anschluss und die resultierende bewertete Standard-Schallpegeldifferenz zusammengestellt.

Die unbekanntenen Fassaden an der Breitseite werden durch ein bewertetes Schall-Längsdämmmaß von 65 dB angesetzt. Damit ergibt sich eine maximale bewertete Standard-Schallpegeldifferenz von 60 dB.

Die Berechnung der Standard-Schallpegeldifferenz erfolgte für eine Wohnung mit einer Länge von 11 m, einer Breite von 8 m und einer Raumhöhe von 2,5 m.

In den beiden folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Berechnungen für die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz der möglichen Kombinationen zusammengestellt. Die Berechnung erfolgte dabei in Anlehnung an die EN 12354 im vereinfachten Modell ohne Frequenzabhängigkeit.

Es zeigt sich, dass bei den geschosshohen Trennwänden mit nicht zwischen den Wohneinheiten durchgehenden Decken bei der Verwendung von doppelschaligen Massivholzwänden freie Vorsatzschalen zu verwenden sind.

Bei den haushohen Trennwänden kann die ÖNORM nur durch freie Vorsatzschalen erfüllt werden. Im Falle der durchgehenden Massivholzdecken sind Unterdecken zu entwickeln ("optimierte Vorsatzschalen"), die eine Reduktion der Flankenübertragung um mindestens 12 dB erbringen.

D _{nTW} H ... Horizontal V ... Vertikal	Trennwand nicht durchgehend			Trennwand durchgehend		
	Leicht	Massiv zweischalig	Massiv einschalig	Leicht	Massiv zweischalig	Massiv einschalig
Decke nicht durchgehend	Leicht V57	V54 freiVS V59	V59	V52 freiVS V59	V40 freiVS V59	V51 angegeVS freiVS V59
	Massiv V57	V54 freiVS V59	V59	V52 freiVS V59	V47 freiVS V59	V52 freiVS H56 V59
Decke durchgehend	angegeVS $\Delta R_{w} = 5 \text{ dB}$ freiVS $\Delta R_{w} = 10 \text{ dB}$ oge $\Delta R_{w} > 12 \text{ dB}$			Annahme über den Beitrag der Fassaden: $R_{F1} = 65 \text{ dB}$ $R_{F2} >> 65 \text{ dB}$ $R_{G1} >> 65 \text{ dB}$		
	Massiv	H50 H55	H52 H56			

Abb. 3.19: Standard-Schallpegeldifferenz für verschiedene Arten der Kopplung der Wände und Decken (H ... Horizontal, V ... Vertikal). Der Berechnung liegt die Annahme zu Grunde, dass die Decken $R_w > 65 \text{ dB}$ und die Wände $R_w > 58 \text{ dB}$ erfüllen.

3.1.7 Untersuchungen zur Körperschalldämpfung bei Vorsatzschalen

Ziel der Untersuchungen ist es, die Wirkung der Ankopplung einer Dämmschicht an die schwingende Platte einer Vorsatzschale zu prüfen. Aus dem Maschinenbau ist bekannt, dass zum Entdröhnen eines Bleches Beschichtungen verwendet werden können. Erste Untersuchungen in [Gös00a] zeigen, dass auch die Verbindung von im Bauwesen üblichen Dämmstoffen mit der eigentlichen Vorsatzschale eine Reduktion des Körperschallpegels verursacht. Im Zuge der Untersuchung wurde sowohl der Dämmstoff als auch der Abstand der Klebungen variiert.

Versuchsdurchführung:

Für die Untersuchungen wurden Dämmstoffe mit einer Rohdichte $< 150 \text{ kg/m}^3$ ausgewählt.

Getestet wurden folgende Materialien:

- € Weichfaserdämmplatten $\psi = 150 \text{ kg/m}^3$
- € Steinwolleplatten 30 mm, $\psi = 30 \text{ kg/m}^3$, $\psi = 70 \text{ kg/m}^3$, $\psi = 120 \text{ kg/m}^3$
- € EPS 30 mm
- € XPS 30 mm Styrodur C 3035 CS, $\psi = 33 \text{ kg/m}^3$
- € TDP 20/15, $s' < 17 \text{ MN/m}^3$ (Steinwolle-Trittschalldämmplatte)
- € TDP 30/25, $s' < 12 \text{ MN/m}^3$ (Steinwolle-Trittschalldämmplatte)

Die Dämmstoffe wurden auf die Gipsfaserplatten mit Hilfe eines Klebstoffes (s. Abbildung 3.18) montiert. Als Klebstoff wurde ein herkömmlicher Baukleber der Firma Patex verwendet. Auf der zweiten Seite der Gipsfaserplatte wurden in der Mitte der Platte alle 20 cm Sensoren für die Messung des Beschleunigungspegels angebracht. Mit Hilfe eines Shakers wurde die Platte zur Schwingung angeregt.

Um die Wirkung einer Aussteifung zu erfassen, wurden in einem Versuch zwei $50 \times 50 \text{ mm}^2$ Holzlatten auf die Platte montiert.

Beim Versuch wurden verwendet:

Fermacell Gipsfaserplatte
Format: $2500 \times 1245 \text{ mm}$, 12,5 mm dick, 15 kg/m^2

Die Dämmstoffe wurden uns von den Firmen Gutex und Heraklith zur Verfügung gestellt.

Versuchsaufbau:



Abb. 3.20: Systemskizze Versuchsaufbau

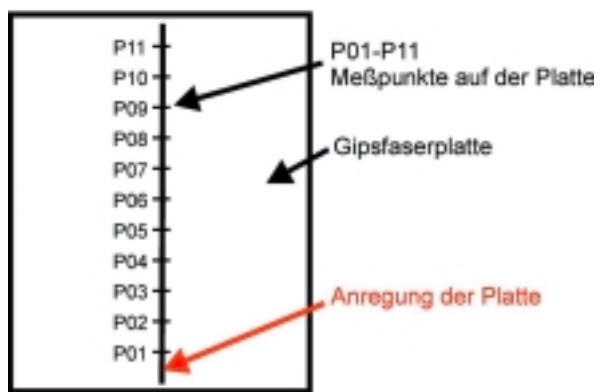


Abb. 3.21: Messpunkte auf der Rückseite der Platte

Ergebnisse der Messungen:

EPS und XPS zeigten keine Wirkung auf den Körperschallpegel.

Bei den Weichfaserplatten zeigte sich ein Resonanzeinbruch knapp unter 1000 Hz. Bei den Steinwolleprodukten ergab sich bei den Platten mit 70 bzw. 120 kg/m^3 und den Trittschalldämmplatten ein Einbruch bei zwischen 400 Hz und 500 Hz

In der Abbildung 3.22 sieht man sehr deutlich, dass mit abnehmendem Klebeabstand der Beschleunigungspegel erst in einem höheren Frequenzbereich abnimmt.

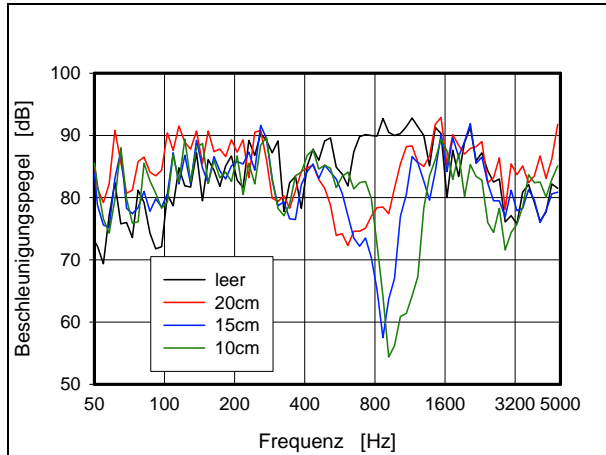


Abb. 3.22: Beschleunigungspegel bei einer Weichfaserdämmplatte mit unterschiedlichen Klebeabständen

In den Abbildungen 3.23 und 3.24 ist dargestellt, wie der Beschleunigungspegel mit zunehmendem Abstand vom Anregungspunkt abnimmt.

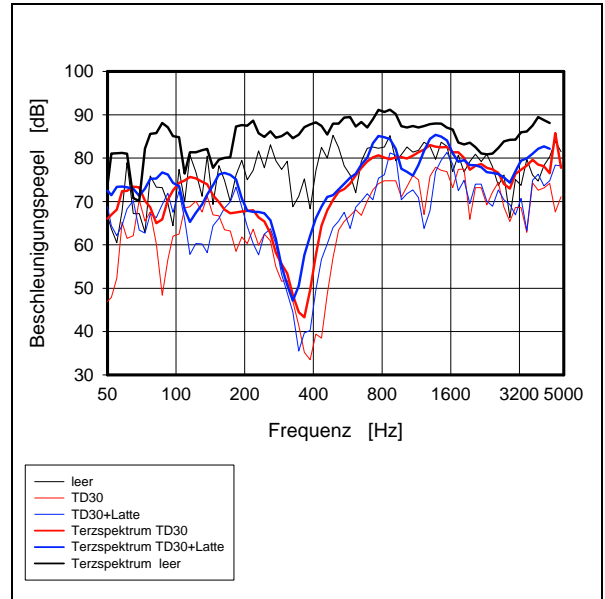


Abb. 3.24: Beschleunigungspegel in 1/12 Oktavbänder und Terzbänder (dicke Linien) am Messpunkt P11 (Material: Trittschalldämmplatte 30/25 mit und ohne Aussteifung 50*50 mm²)

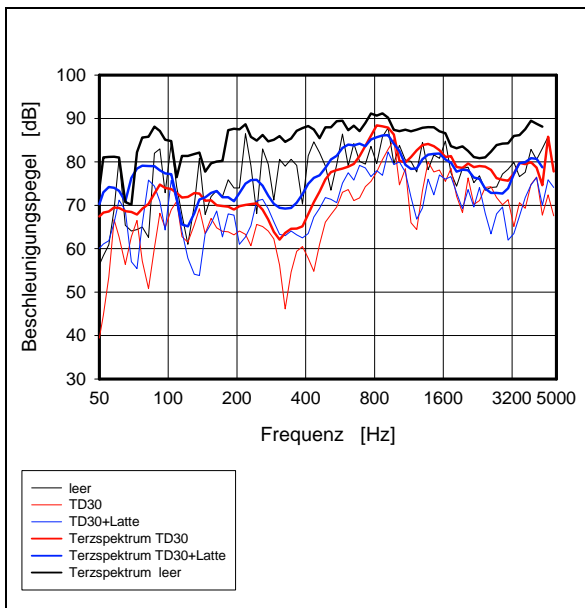


Abb. 3.23: Beschleunigungspegel in 1/12 Oktavbänder und Terzbänder (dicke Linien) am Messpunkt P05 (Material: Trittschalldämmplatte 30/25 mit und ohne Aussteifung 50*50 mm²)

Die Untersuchungen zur Körperschalldämpfung durch Kopplung der Dämmschichte an Tragende zeigten, dass im Bereich von 250 Hz bis 1000 Hz signifikante Reduktionen der Schwingungspegel erzielt werden können. Wie in Abbildung 3.25 dargestellt, liegt dieser Frequenzbereich im Bereich des Koinzidenzeinbruches von massiven Holzwänden. Es lässt sich daher erwarten, dass Vorsatzschalen mit einer solchen Ausführung zu wesentlich besseren Schalldämmmaßen führen müssten als im Abschnitt 3.1.5.2 berechnet.

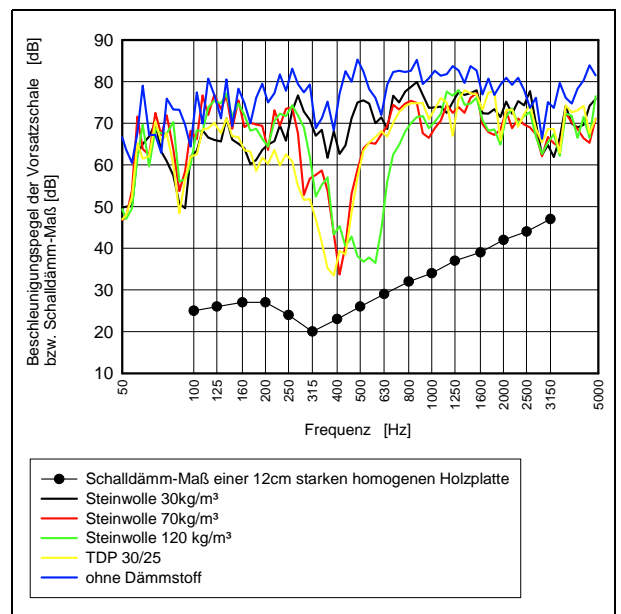


Abb. 5.25: Zusammenstellung der Beschleunigungspegel im Punkt P11 zusammen mit dem Schalldämmmaß einer homogenen 12 cm starken Holzwand

3.2 Feuchteschutz

3.2.1 Einleitung

Die Lebensdauer von Holzkonstruktionen wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, die in der folgenden Tabelle aufgelistet sind.

Abhängigkeit der Dauerhaftigkeit von Wohngebäuden in Holzbauweise	
Standorteinflüsse	Außenklima Belastungen des Gebäudes (z.B. Erschütterungen) Bodenbeschaffenheit
Nutzungseinflüsse	Art der Nutzung, Berücksichtigung des Innenklimas Nutzungsveränderungen Nutzungsintensität (Flächennutzungsverhältnis) Nutzungsdauer Statische und dynamische Belastung
Bauwerks-eigenschaften	Gebäudealter Gebäudegeometrie Bauweise (offene/geschlossene Form) Konstruktionsart Qualität des Entwurfes Qualität der Bauausführung Verwendete Baustoffe Reparaturzugänglichkeit Ausstattungsgrad, Ausstattungsstandard Haustechnik
Schadenseinflüsse	Bauphysikalische Schäden Mechanische Schäden Chemische Schäden Schäden durch Insektenbefall
Sonstige Einflüsse	Außergewöhnliche Ereignisse (Feuer, Sturm, etc.)

Tab. 3.7: *Einflüsse auf die Lebensdauer von Wohngebäuden in Holzbauweise*

Beispiele aus der Geschichte von historischen Bauwerken zeigen, dass bei qualifizierter Planung und fachlich richtiger Ausführung Holzkonstruktionen über mehrere Jahrhunderte standsicher sind.

3.2.2 Gefahr einer Pilzbildung durch hohe Durchfeuchtung

Infolge von Feuchtigkeitsschäden tritt sehr häufig ein Pilzbefall in den verschiedensten Konstruktionen auf. Typische Ursachen, die zu einem Schaden führen, sind:

- € zu hohe Einbaufeuchte
- € eindringende Niederschläge während der Bauphase
- € Feuchtigkeitsschäden durch Installationen
- € Feuchtigkeitsakkumulation infolge Wasserdampf-Konvektion
- € Feuchtigkeitsakkumulation infolge Diffusion

Die Dauerhaftigkeit der Bauteile wird dadurch sehr wesentlich beeinflusst. Holzerstörende Organismen bewirken, dass die natürliche Widerstandsfähigkeit von Holz deutlich abnimmt. Nach einem Befall kommt es sehr häufig zu Verfärbungen und in längerem Zeitraum auch zu einem biologischen Abbauprozess, welcher mit einer eventuellen Verminderung der Festigkeitseigenschaften verbunden ist. Ein nicht zu vernachlässigender Punkt sind jedoch auch die gesundheitlichen Beeinträchtigungen (u.a. allergische Reaktionen, Asthmaanfälle, Bronchitis), welche infolge einer schadhafte Konstruktion eintreten können. Eine Geruchsbelästigung gilt als erstes Anzeichen für den Pilzbefall eines schadhafte Bauteiles.

Als ein hygroskopisches, heterogenes, organisches Material ist Holz ein geeignetes Wachstumsmedium und ein Nährboden für verschiedenste Organismen. Ein biologischer Abbauprozess findet dann statt, wenn eine bestimmte Aussetzungszeit [Viit96] überschritten wird. Holz wird von verschiedensten Mikroorganismen besiedelt und dabei mehr oder weniger stark verändert. Art und Intensität eines Befalls durch Pilze werden von zahlreichen Faktoren bestimmt, wie z.B. Holzart, Temperatur, Feuchtigkeit, Dimension und vor allem der Aussetzungszeit. Unter feucht-warmen Bedingungen ist das Pilzwachstum, allgemein als Schimmelpilze („moulds“) bezeichnet, besonders begünstigt. Viitanen [Viit96] hat in seiner Dissertation durch sehr lange Laborversuche die kritischen Zustände der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt. In diesem Versuch wurde die Entwicklung und Bildung von Pilzen und der daraus entstehende Zerfall des Holzes untersucht und durch ein mathematisches Modell beschrieben.

Die Hauptkomponenten dieser Beschreibung sind die relative Luftfeuchtigkeit RH und die Temperatur T. Des Weiteren wird die Holzart und die Oberfläche in der Gleichung berücksichtigt.

$$t_m | \exp(40,68 * \ln T \ 4 \ 13,89 * \ln RH \ 2 \ 0,14 * W \ 4 \ 0,33 * SQ \ 2 \ 66,02)$$

$$t_v | \exp(40,74 * \ln T \ 4 \ 12,72 * \ln RH \ 2 \ 0,06 * W \ 2 \ 61,5)$$

- t_mZeit für ein Anfangsstadium für einen Pilzbefall [Wochen]
- t_vNotwendige Zeit für einen visuellen erkennbaren Pilzbefall [Wochen]
- TTemperatur in einem Bereich von 0,1°C und 40°C [°C]
- RHRelative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich von 75% und 100% [%]
- WVariable ($W = 0$ für Fichte, $W = 1$ für Kiefer) [-]
- SQVariable ($SQ = 0$ für sägefrisch, $SQ=1$ für Ofentrocknung) [-]

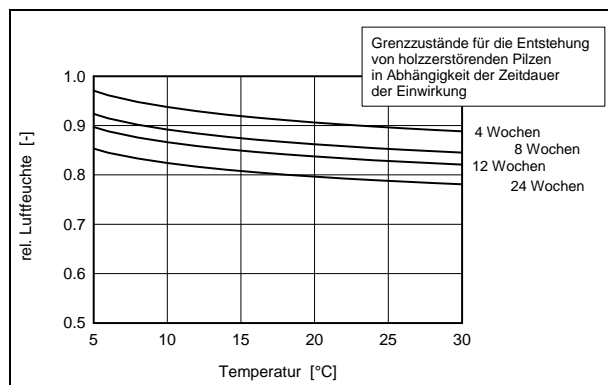


Abb. 3.26: Grenzkurven nach Viitanen für die Entstehung holzerstörender Pilze in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit, Temperatur und der Zeit. [Viit96]

Beispiel

Bei einer relativen Luftfeuchte von 90% und einer Temperatur von 20°C tritt bei einer Belastungszeit von 4 Wochen ein Pilzbefall auf. Aus der Abbildung 3.26 ist ersichtlich, dass die kritische relative Luftfeuchtigkeit zwischen 75% und 80% beginnt, damit eine Pilzbildung in Gebäuden entstehen kann. Zwischen 0°C und 5°C schreitet die Myzelentwicklung nur sehr langsam voran und benötigt eine relative Luftfeuchte von mindestens 85%.

Die Schimmelpilze sind eine ungleichartig zusammengesetzte und vor allem eine nicht genau definierte, Gruppe. Die Grenzen zwischen Schimmel-, Bläuepilzen und Moderfäuleerregern sind sehr unscharf und möglicherweise fließend. In mehreren Versuchen [Sell78] konnte jedoch festgestellt werden, dass die Abbauintensität der meisten Schimmelpilze wesentlich geringer ist als jene der Moderfäulepilze.

Infolge eines Pilzbefalles stellt sich je nach Pilzart nach einer gewissen Aussetzungszeit eine Gewichtsreduktion im Holz ein. Holzerstörende Pilze ernähren

sich von den Bestandteilen des Holzes. Dabei zersetzen sie das Holz mittels spezieller Enzyme. Pilze, die überwiegend Zellulose und Kohlenhydrate abbauen, verfärben das Holz braun (Braunfäulepilze). Pilze, die überwiegend Lignin abbauen, lassen die befallenen Teile hell erscheinen (Weißfäulepilze). [Kieß89] Mit Hilfe der folgenden Gleichungen beschreibt Viitanen die Abhängigkeit des Abbauvorganges in Abhängigkeit von der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der Zeit. Bei dem ausgesetzten Pilz handelt es sich um einen *Coniophora puteana*, welcher zu Gattung der Braunfäuleerreger gehört.

$$t_{rPML1...60\%} | \frac{(41...60 \ 4 \ 2,23 * T \ 4 \ 0,035 * RH \ 2 \ 0,024 * T * RH)}{(40,138 * T \ 4 \ 0,44 * RH \ 2 \ 42,95)}$$

$t_{rPML1...60\%}$notwendige Zeit (Monate) für eine Gewichtsreduktion zwischen 1 und 60 % für Kiefer

$$t_{rSML1...60\%} | \frac{(41...60 \ 4 \ 2,73 * T \ 4 \ 0,025 * RH \ 2 \ 0,029 * T * RH)}{(40,172 * T \ 4 \ 0,42 * RH \ 2 \ 41,22)}$$

$t_{rSML1...60\%}$notwendige Zeit (Monate) für eine Gewichtsreduktion zwischen 1 und 60 % für Fichte

TTemperatur in einem Bereich von 0,1°C und 30°C [°C]

RHRelative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich von 75% und 100% [%]

3.2.3 Anforderungen an Bauteile und Berechnungsmethoden

Wie im vorigen Kapitel dargestellt, ist für die Beurteilung einer Konstruktion die Kenntnis der sich im Laufe der Zeit einstellenden Feuchte- und Temperaturzustände notwendig. Dies gilt nicht nur für die Gefahr der Holzerstörung, sondern allgemein auch für die Frost- Tauwechselproblematik, die Erhöhung des Wärmedurchganges durch Durchfeuchtung und die Gefahr der Schimmelpilzbildung an Oberflächen.

Derzeit erfolgt die Beurteilung der feuchtetechnischen Eigenschaften von Konstruktionen in Österreich nach der ÖNORM B 8110-2. Gemäß dieser Norm muss die für Konstruktionen schädliche Kondensatbildung verhindert werden. Dazu ist für Außenbauteile und Bauteile, die Räume mit unterschiedlichen Luftzuständen trennen, nachzuweisen, dass

- 1) an der inneren Oberfläche keine Wasserdampfkondensation auftritt.
- 2) im Inneren des Bauteils keine schädliche Wasserdampfkondensation auftritt.
- 3) Bauteile und Bauteilstöße (z.B: bei Fertigteil- und Leichtbauweisen) warmseitig dicht abgeschlossen sein müssen - erforderlichenfalls durch spezielle konstruktive Maßnahmen - um zu verhindern, dass Raumluft in die

Baukonstruktion eindringt und Wasserdampfkondensation auftritt.

Außenklima und dem zu vermeidenden Risiko (Oberflächenkondensat, Schimmelpilzbildung, Korrosion,...) zu berechnen.

ad 1) Zur Beurteilung der Oberflächentemperaturen wird ein maximaler Temperaturfaktor

$$f \mid \frac{t_i \cdot 4 \cdot t_{o,i}}{t_i \cdot 4 \cdot t_e}$$

t_iInnenlufttemperatur
 t_eAußenlufttemperatur
 $t_{o,i}$Innenlufttemperatur

für Wohnungsnutzung mit 0.31 festgelegt. Dieser Wert ergibt sich aus dem genormten Klima für Wohnungsnutzung und der Anforderung der Verhinderung von Oberflächenkondensat.

Die Ermittlung des Temperaturfaktors einer bestimmten Konstruktion bzw. eines bestimmten Anschlussdetails kann mit Hilfe von Katalogen oder durch Berechnung mit einem Wärmebrückenprogrammen gemäß EN 10211 erfolgen.

ad 2) Zur Beurteilung des Feuchtehaushaltes von Baukonstruktionen sind in der Norm nachweisfreie Konstruktionen enthalten und ein Verfahren zur Beurteilung der Kondenswasserbildung innerhalb von Konstruktionen. Das Rechenverfahren basiert auf dem "Glaser"-Verfahren. Dabei wird unter stationären Klimarandbedingungen der durch Diffusion verursachte Kondenswasserausfall und die Verdunstungsmenge während einer definierten Verdunstungsperiode berechnet. Unzulässig ist die Kondenswasserbildung, wenn:

das Kondenswasser nicht gespeichert werden kann; die kondensierende Wasserdampfmenge an Berührungsflächen von kapillar nicht oder wenig wasseraufnahmefähigen Schichten (z.B.: Berührungsfläche zwischen Luftschicht und Schwebbeton) den Wert 0.5 kg/m² nicht überschreitet;

das Kondenswasser eine solche Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes einer Bauteilschicht verursacht, dass der Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils um 10% oder mehr vermindert wird.

die Baustoffe durch Kondensat geschädigt werden (Korrosion, Pilzbefall, Frostzerstörung oder Ähnliches); für Holz und Holzwerkstoffe ist eine Erhöhung des massenbezogenen Feuchtigkeitsgehaltes um mehr als 3% unzulässig.

das angesammelte Kondenswasser in der Austrocknungsperiode nicht vollständig austrocknen kann, sodass eine fortschreitende Feuchtigkeitsanreicherung auftritt ($G'_{k} > G'_{\lambda}$).

ad 3) Die luftdichte Ausführung der Innenbeplankung ist für uns ein konstruktiv zu lösendes Problem. Auf europäischer Ebene wird derzeit an der EN 13788 gearbeitet, die eine Harmonisierung der Bemessungsmethoden für die feuchtetechnischen Eigenschaften bilden soll. Im derzeitigen Entwurf ist vorgesehen, die Anforderungen an den Temperaturfaktor entsprechend dem Innen- und

Eine Berechnung der in einer Konstruktion auftretenden Feuchtegehalte bzw. relativen Luftfeuchten ist mit den genormten Verfahren nicht möglich. Zur Berechnung der sich während des Jahres einstellenden Feuchtegehalte kann ein Simulationsprogramm für den gekoppelten Wärme- und Feuchtetransport in Bauteilen benützt werden. Derzeit gibt es zwei Programmpakete für 2-dimensionale Berechnungen. Das Programm DIM, entwickelt an der TU Dresden (BRD), und das Programm WUFI2D, entwickelt am Fraunhofer Institut für Bauphysik (BRD).

Mit diesen Simulationsprogrammen kann das zeitabhängige Temperatur- und Feuchtefeld innerhalb einer Konstruktion berechnet werden. Als Eingabewerte sind dabei die Klimarandbedingungen, die Materialdaten und die Geometrie der Konstruktion notwendig. Bei der Berechnung wird der Transport von Wasser durch Diffusion und Kapillarkräfte und der Wärmetransport durch Wärmeleitung und Enthalpietransport (Phasenumwandlung) berücksichtigt.

Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen Innenklima und Bauteilverhalten wurde am Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz der TU Wien ein Simulationsprogramm entwickelt [Bed00]. Dieses Programm wurde bei der Berechnung des Einflusses der Wandkonstruktion und des Lüftungsverhaltens auf das Raumklima verwendet.

3.2.4 Rechnerische Untersuchung der feuchtetechnischen Performance

Um einen Eindruck vom feuchtetechnischen Verhalten verschiedener Ausführungsvarianten des Decke-Wand-Anschlusses zu bekommen, wurden dynamische Berechnungen des Wärme- und Feuchtefeldes innerhalb dieser Details durchgeführt.

Um einen realistischen Eindruck von den möglichen Innenklimazuständen zu bekommen, wurden vorab durch eine dynamische Simulation der Einfluss verschiedener Parameter untersucht.

3.2.4.1 Innenklimasimulation

Die Berechnung des Innenklimas erfolgt anhand einer Modellwohnung. Die wesentlichen Parameter der Wohnung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Es handelt sich dabei um eine zentral gelegene Wohneinheit mit einer Grundfläche von 70 m².

Grundfläche	70 m ²
Raumhöhe	2,5 m
Innenwandfläche	175 m ²
Außenwandfläche	20 m ²
mittlerer U-Wert der Außenwand	1,4 W/m ² K
transparente Außenwandfläche	15 m ²
g-Wert der Verglasung	0,7
Abschirmfaktor der Verschattungseinrichtung	0,1

Tab. 3.8: Eckdaten der Modellwohnung für die Innenklimaberechnung

Das NutzerInnenverhalten ist durch die inneren Lasten (Wärme- und Feuchteproduktion), den Luftwechsel in Abhängigkeit der Innen- und Außenlufttemperatur und durch die Verschattung charakterisiert.

Innere Lasten	2 Personenhaushalt mittlere Wärmeproduktion: 200W mittlere Feuchteproduktion: 6kg/d	
Luftwechsel	Grundluftwechsel	n = 0.1 h ⁻¹
	Lüften zur Verhinderung der Überwärmung	wenn Innenlufttemperatur über 27°C und Außenlufttemperatur kleiner als Innenlufttemperatur n = 1 h ⁻¹
	Stoßlüften	um 07:00 und 18:00 maximal 10 Minuten solange die Innenlufttemperatur größer als 15°C n = 10 h ⁻¹
Verschattung	wenn Innenlufttemperatur über 27°C	

Tab. 3.9: Eckdaten zum NutzerInnenverhalten

Im Zuge einer dynamischen Simulation mit Hilfe eines 1-Zonenmodells wird der zeitliche Verlauf der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte berechnet. Dabei wird die Feuchteaufnahme und -abgabe durch die Wand bzw. Deckenkonstruktion vollständig berücksichtigt.

Im Zuge der Berechnungen werden folgende Einflüsse auf das Innenklima untersucht:

☒ **Bauweise (Massivbau, Leichtbau)**

☒ **Raumbegrenzende Konstruktion**

Massivbau	Leichtbau
1,5 cm Kalkzementputz	2,5 cm Gipskarton
25 cm Ziegelmauerwerk	20 cm Mineralwolle
1,5 cm Kalkzementputz	2,5 cm Gipskarton

☒ **Stoßlüften**

☒ **Konstantluftwechsel**

☒ **Luftwechselzahl für den konstanten Grundluftwechsel**

Basisvariante	Erhöhter Grundluftwechsel
n = 0.1 h ⁻¹	n = 0.3 h ⁻¹

☒ **Sonneneinstrahlung in die Wohnung**

Abminderungsfaktor für Verschattung durch die Umgebung

Basisvariante	Verschattete Variante
z = 1 (unverschattet)	z = 0.2

Die Bezeichnung der Varianten in den Diagrammen erfolgt nach folgender Abfolge:

Bauweise entweder Leichtbau oder Massivbau

X W ... Lüftung bei Überwärmung

Y S ... Stoßlüften

n G ... Grundluftwechsel in h⁻¹

m P ... Feuchteproduktionsrate in kg/d

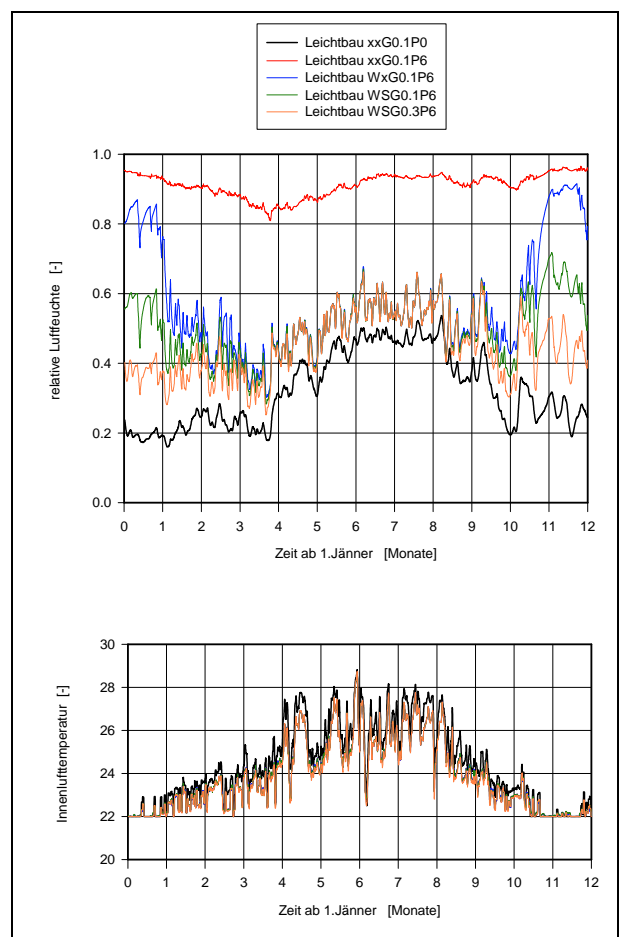


Abb. 3.27: Einfluss der Feuchteproduktion und der verschiedenen Lüftungsvarianten auf die relative Luftfeuchte (oben) und die Lufttemperatur (unten) für die simulierte Wohnung in Leichtbauweise. Bei ausschließlichem Lüften bei Überwärmung würde sich im Jänner eine Luftfeuchte von

80% einstellen. Durch Stoßlüften sinkt diese auf 60% und durch einen erhöhten Grundluftwechsel auf 40%.

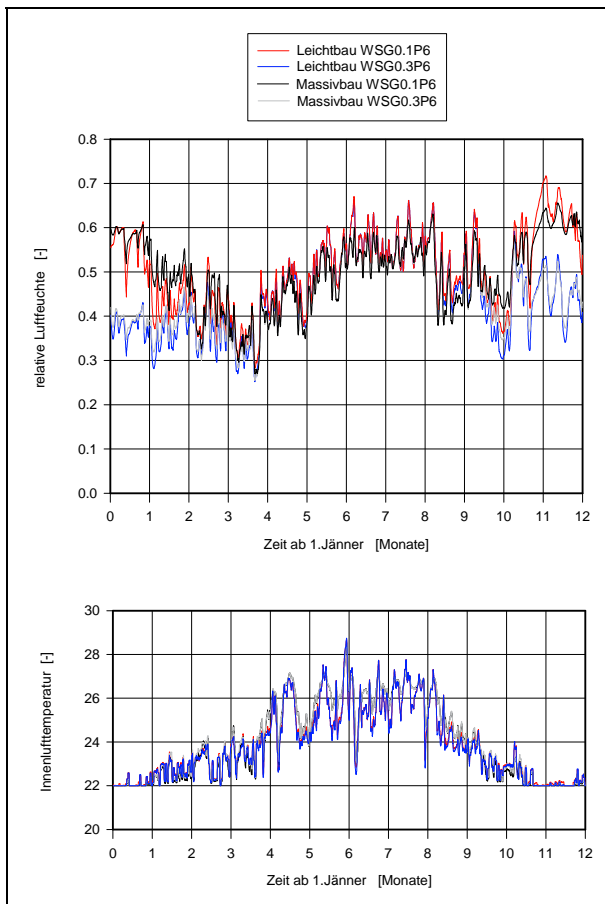


Abb. 3.28: Vergleich der Ergebnisse für die Leichtbau- und Massivbauweise. Dargestellt sind die Ergebnisse für den niedrigen und den erhöhten Grundluftwechsel. Der Einfluss der unterschiedlichen Oberflächen ist gering. Im Falle der Leichtbauweise ergeben sich etwas höhere Schwankungen.

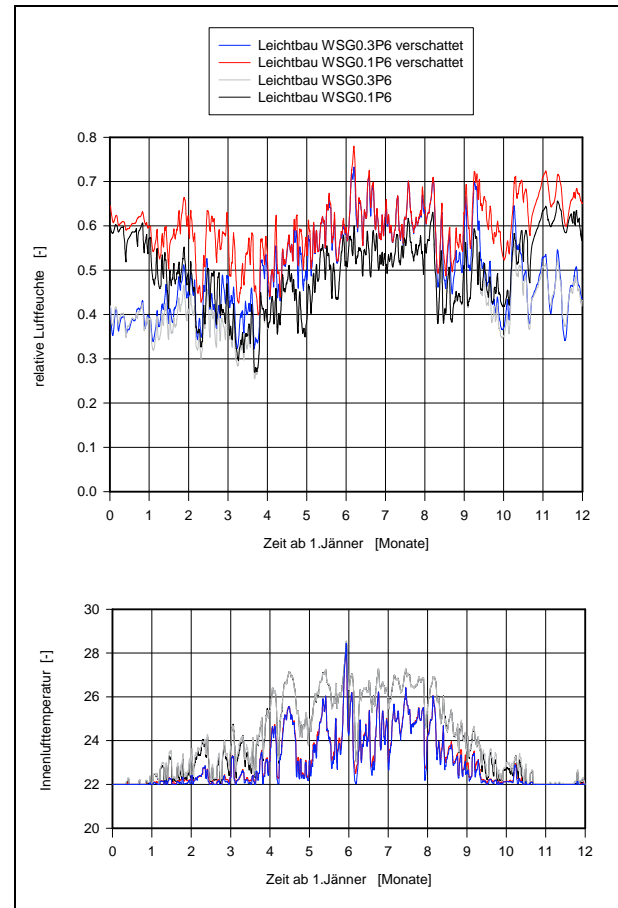


Abb. 3.29: Vergleich der verschatteten und der unverschatteten Modellwohnung. Dargestellt sind die Ergebnisse für den niedrigen und den erhöhten Luftwechsel. Im Falle des niedrigen Grundluftwechsels und der Verschattung durch die Umgebung zeigt sich in der Übergangsjahreszeit eine wesentliche Erhöhung der relativen Luftfeuchte.

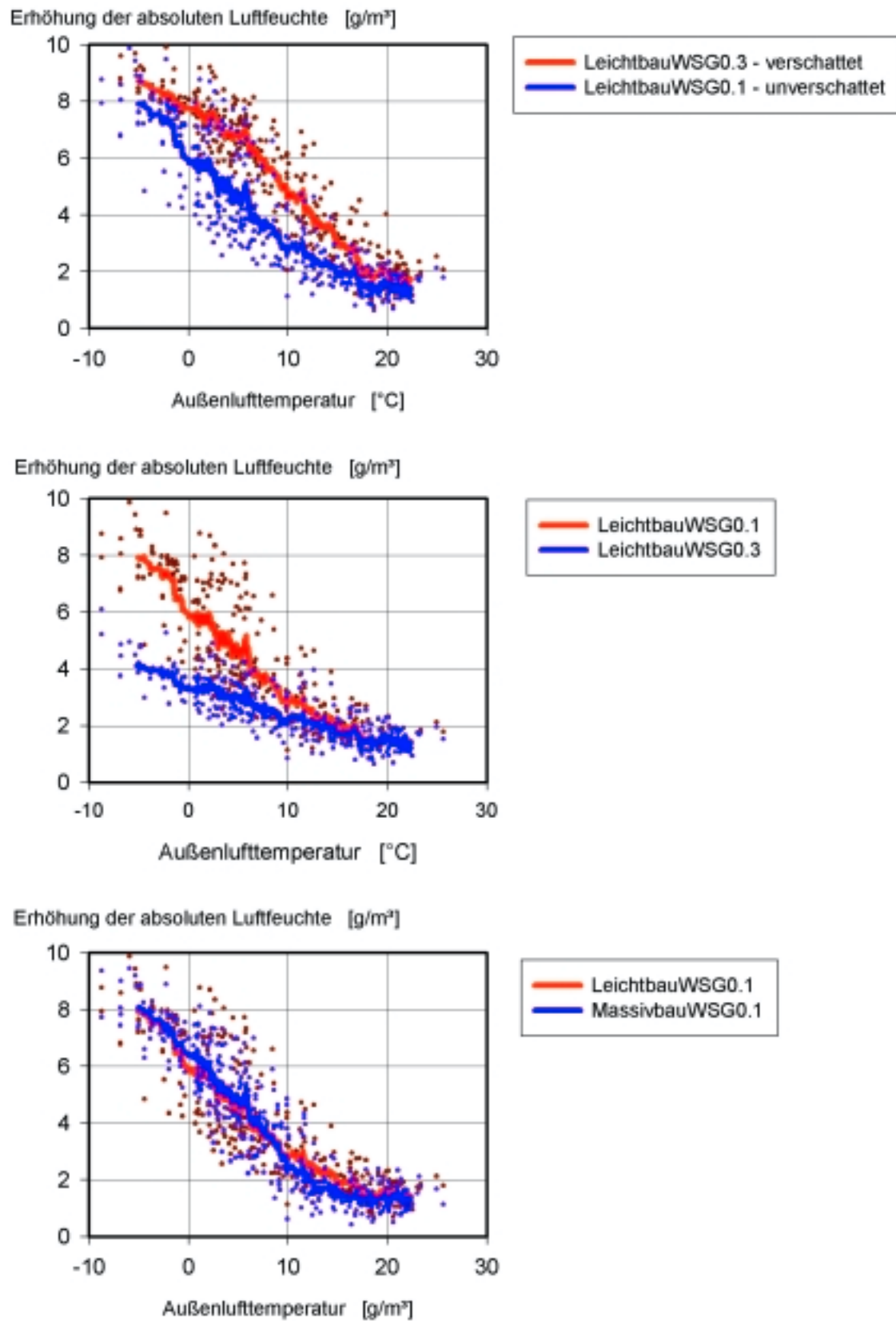


Abb. 3.30: Darstellung der Erhöhung der absoluten Luftfeuchte gegenüber der absoluten Außenluftfeuchte für die untersuchten Varianten; Die Punkte entsprechen den Tagesmittelwerten und die durchgezogene Linie dem Trend.

Aus den berechneten Innenklimaverläufen lässt sich der Feuchtefaktor ermitteln. In Anlehnung an die EN 13788 wird der Feuchtefaktor einerseits bezüglich des Risikos des Oberflächenkondensats und andererseits bezüglich des Risikos einer Schimmelpilzbildung ermittelt.

Risiko Oberflächenkondensat:

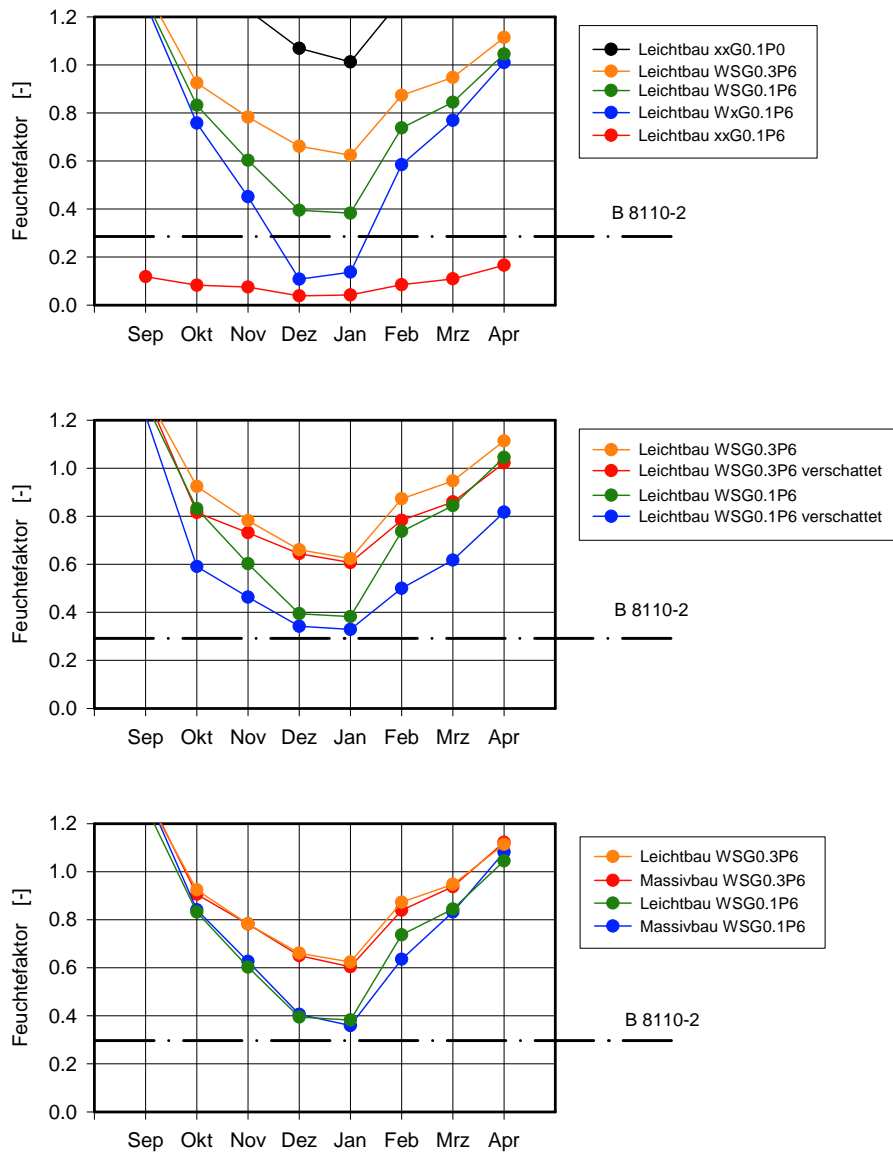


Abb. 3.31: Zusammenstellung der Feuchtefaktoren zur Vermeidung von Oberflächenkondensat für die untersuchten Varianten der Modellwohnung

Risiko Schimmelpilzbildung

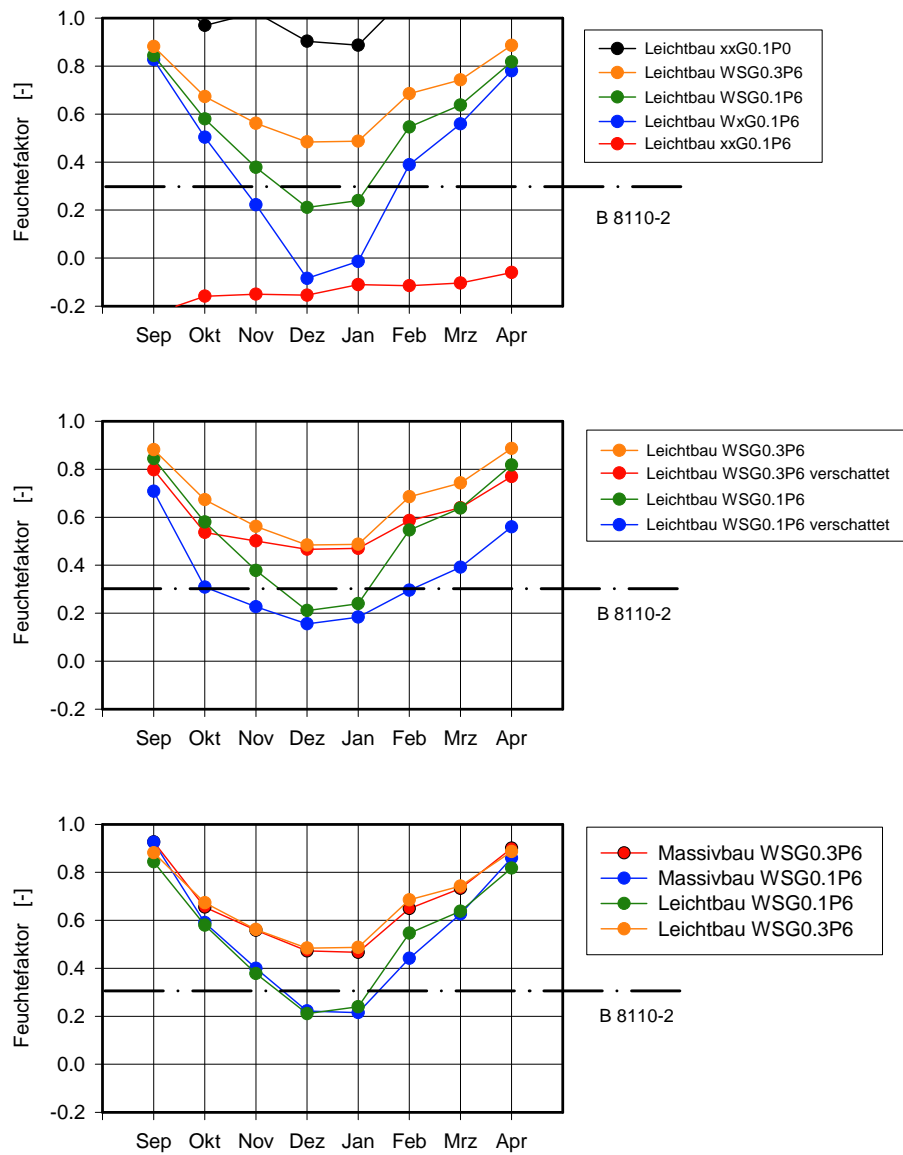


Abb. 3.32: Zusammenstellung der Feuchtfaktoren zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung für die untersuchten Varianten der Modellwohnung

3.2.4.2 Analyse der Konstruktionsvarianten für den Decke-Wand-Anschluss hinsichtlich der Durchfeuchtung aufgrund des Innenklimas

Die Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtefeldes innerhalb der verschiedenen Anschlussvarianten wurde mit dem Programm Wufi2D durchgeführt. Die verwendeten Klimarandbedingungen sind in den Abbildung 3.33 dargestellt.

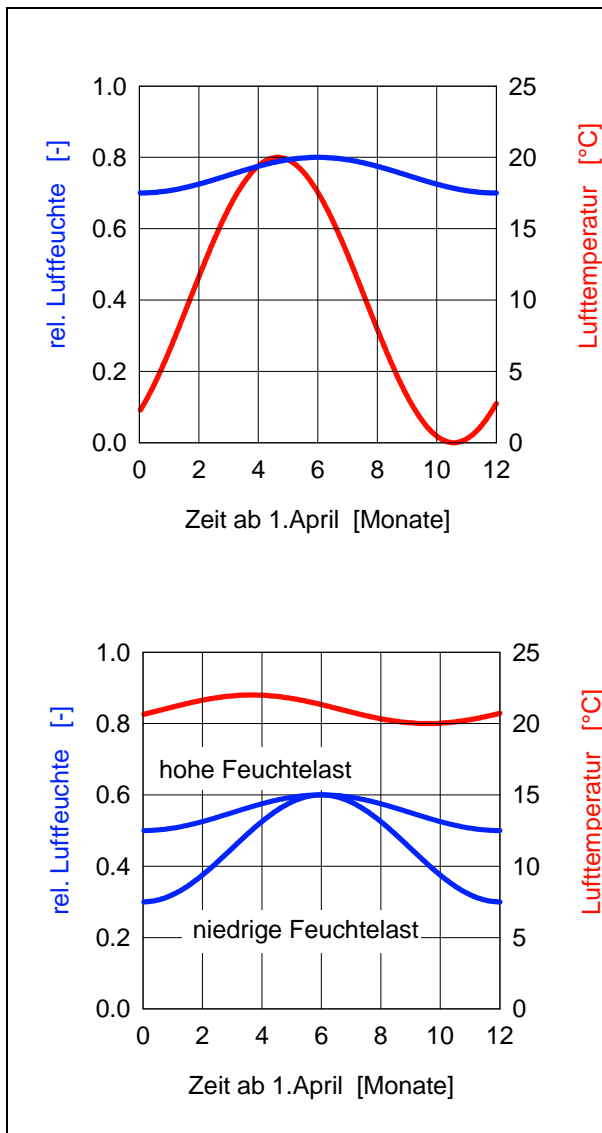


Abb. 3.33: Klimarandbedingungen für die Berechnung des feuchtetechnischen Verhaltens der Decke-Wand Anschlüsse

Die Materialdaten wurden der Datenbank des Programmes entnommen. Ein zusätzlicher Feuchteintrag durch Regen wurde bei den Berechnungen nicht berücksichtigt. Die betrachteten Außenwände sind deshalb mit einer Hinterlüftung der Wetterschutzschale zu verstehen.

Der Aufbau der Konstruktionen wurde unter dem Aspekt einer möglichst großen Trocknungsmöglichkeit im Falle eines Wasserschadens gewählt. Im Bereich der Deckenuntersichten wurde deshalb auf eine Dampfbremse verzichtet. Ein üblicher Aufbau ist in Abbildung 3.34 dargestellt. Wesentlich ist, dass die luftdichte Schicht durch die Dampfbremse und durch eine diffusionsoffene Bahn hergestellt wird. Im Zuge der Simulationen des Feuchtehaushaltes wird die diffusionsoffene Unterspannbahn wegegelassen, da der Einfluss auf den Feuchtetransport sehr gering ist.

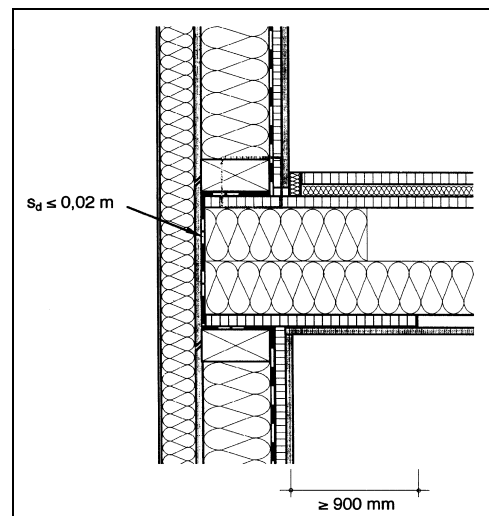
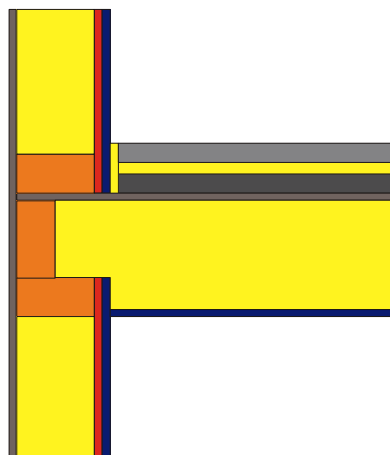


Abb. 3.34: Aufbau Decke-Wand

Im Zuge der Analyse wurden folgende Einflüsse studiert:

- € Ausführung der Wand bzw. Decke
- € Stärke der innenliegenden Dampfbremse der Außenwände
- € Zusätzliche außen liegende Wärmedämmung

Variante 1: "klassischer" Holzrahmenbau



- Spanplatte
- Weichholz
- Gipsbauplatte
- Splittschüttung
- Zementestrich
- PE-Folie
- Mineralwolle

Relative Luftfeuchte

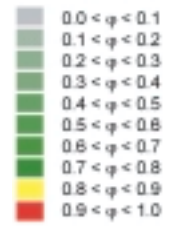
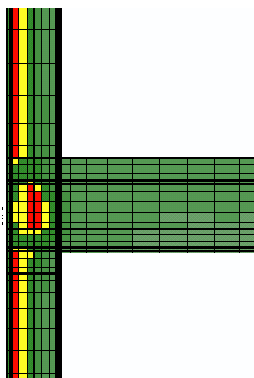
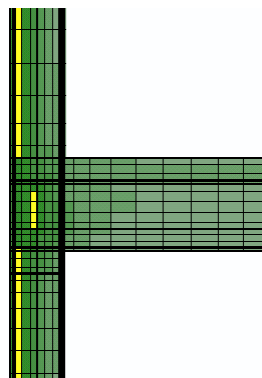


Abb. 3.35: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss

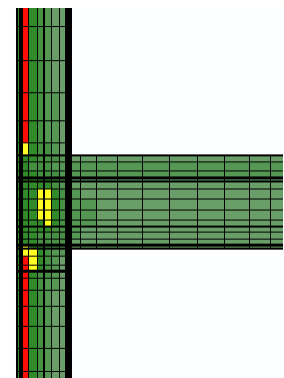
Innenklima ohne Dampfbremse



April - hohe Feuchtelast



April - niedrige Feuchtelast



Jänner - niedrige Feuchtelast

Abbildung 5.36: Relative Luftfeuchte in der Konstruktion

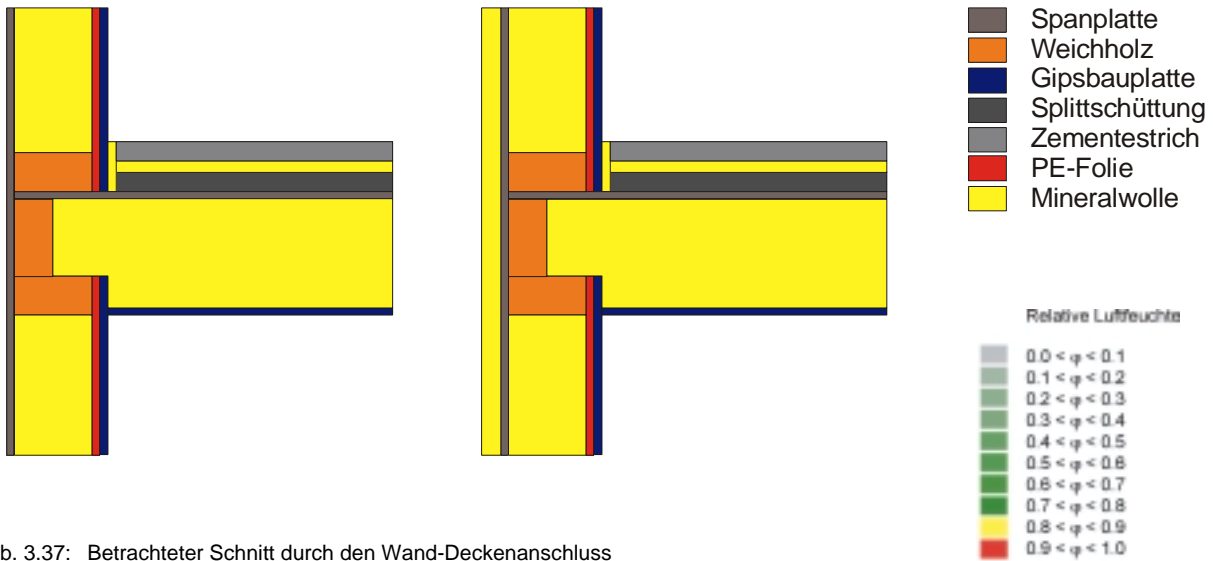


Abb. 3.37: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss ohne (links) und mit (rechts) zusätzlicher außen liegender Wärmedämmung

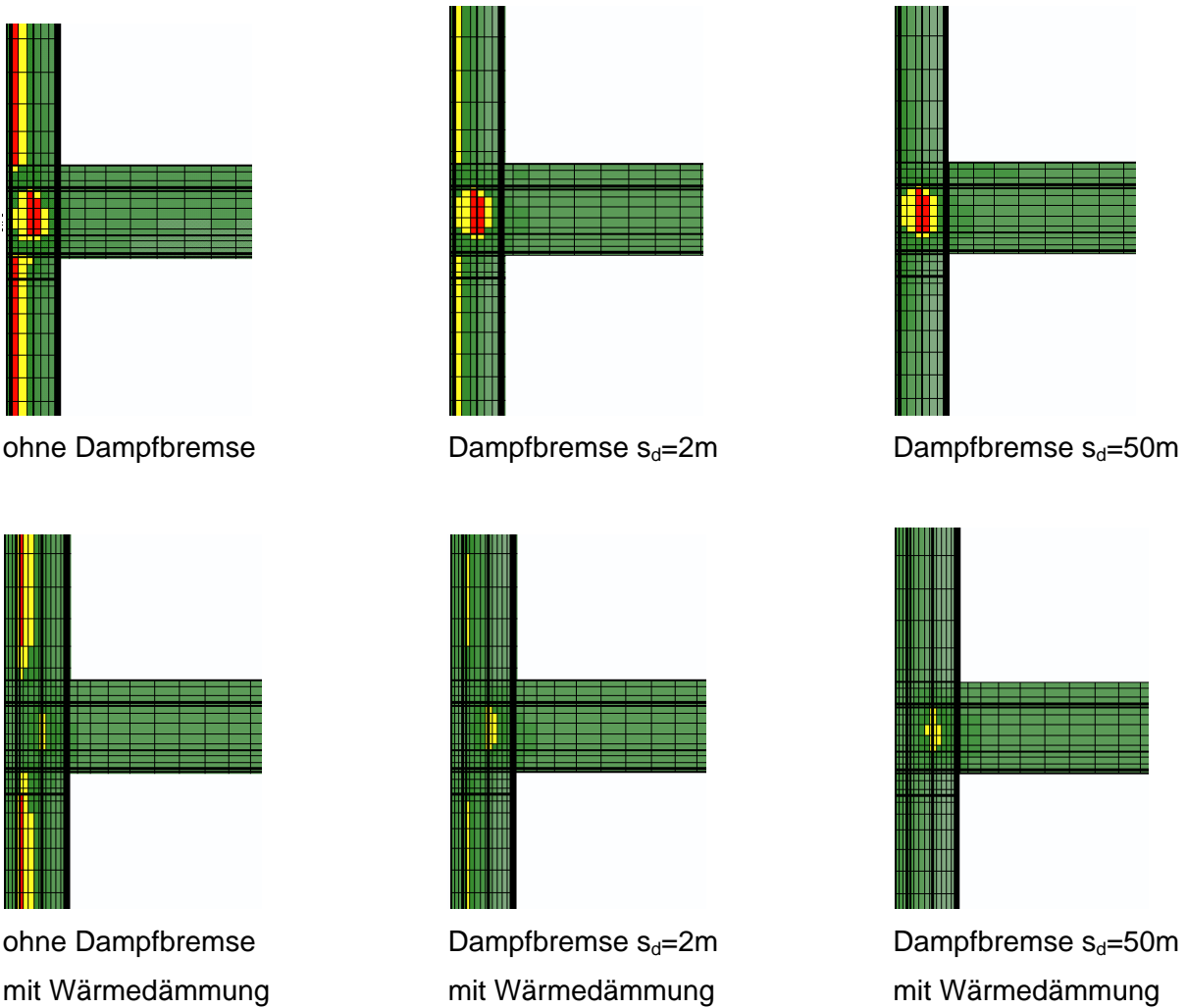
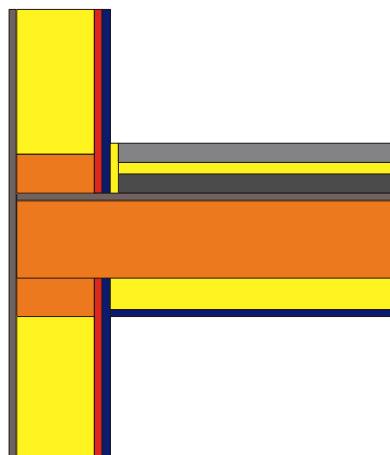


Abb. 3.38 Relative Luftfeuchte in der Konstruktion (Innenklima: hohe Feuchtelast)

Variante 2: Rahmenbauwand, Massivholzdecke



- Spanplatte
- Weichholz
- Gipsbauplatte
- Splittschüttung
- Zementestrich
- PE-Folie
- Mineralwolle

Relative Luftfeuchte

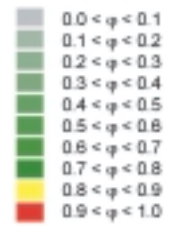
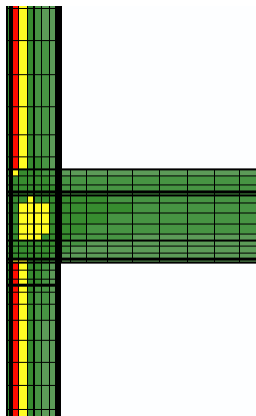
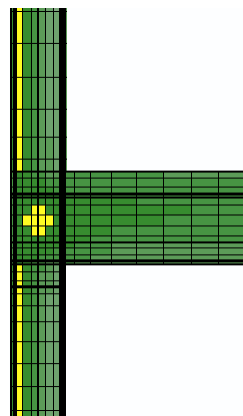


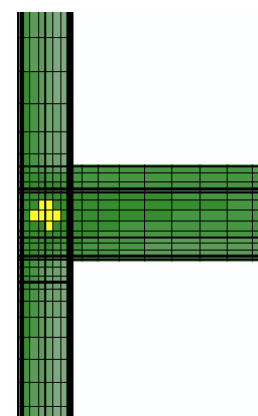
Abb. 3.39: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss



ohne Dampfbremse



Dampfbremse $s_d=2m$



Dampfbremse $s_d=50m$

Abb. 3.40: Relative Luftfeuchte in der Konstruktion (Innenklima: hohe Feuchtelast)

Variante 3: Rahmenbauvariante RW2

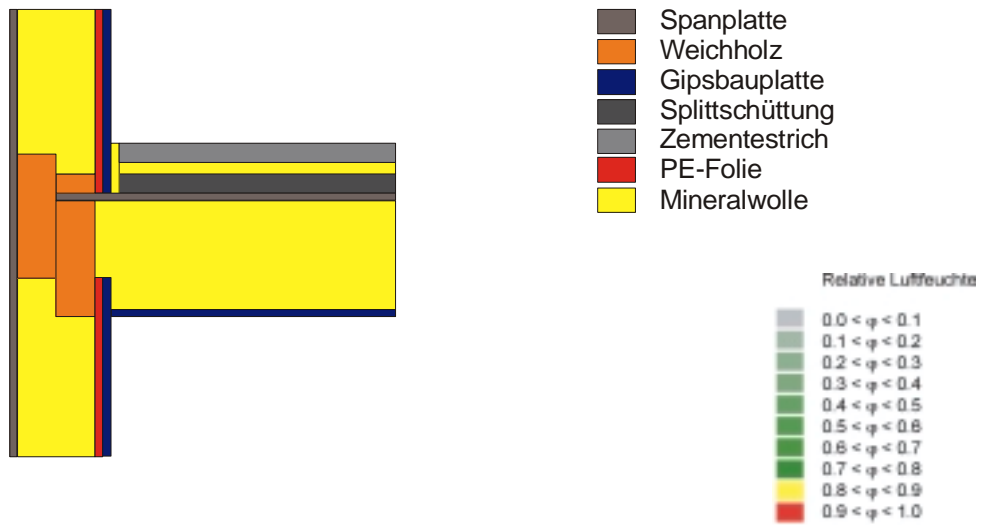


Abb. 3.41: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss

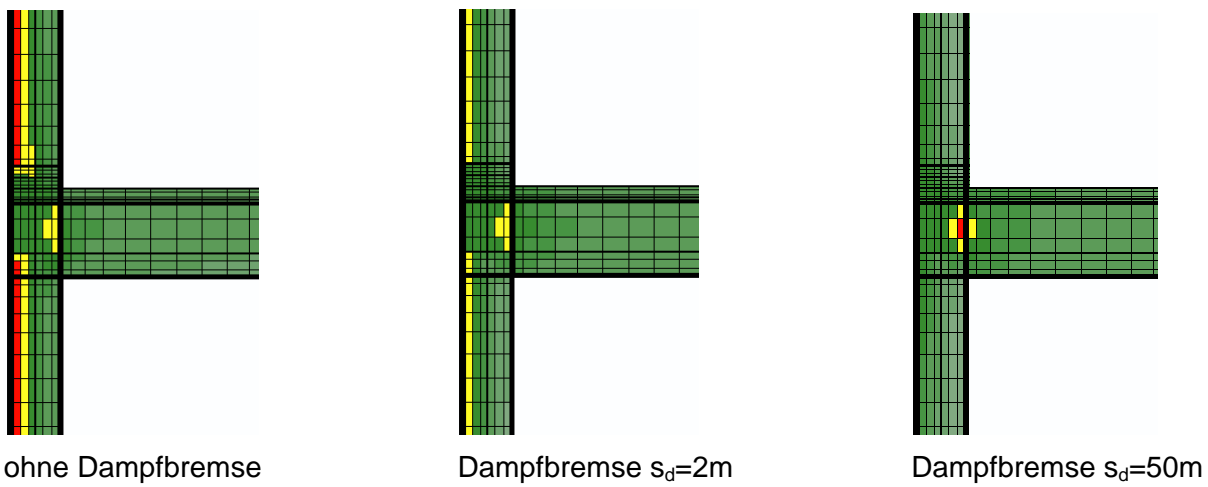


Abb. 3.42: Relative Luftfeuchte in der Konstruktion (Innenklima: hohe Feuchtelast)

Variante 4: Pfostenwand mit Holzbalkendecke

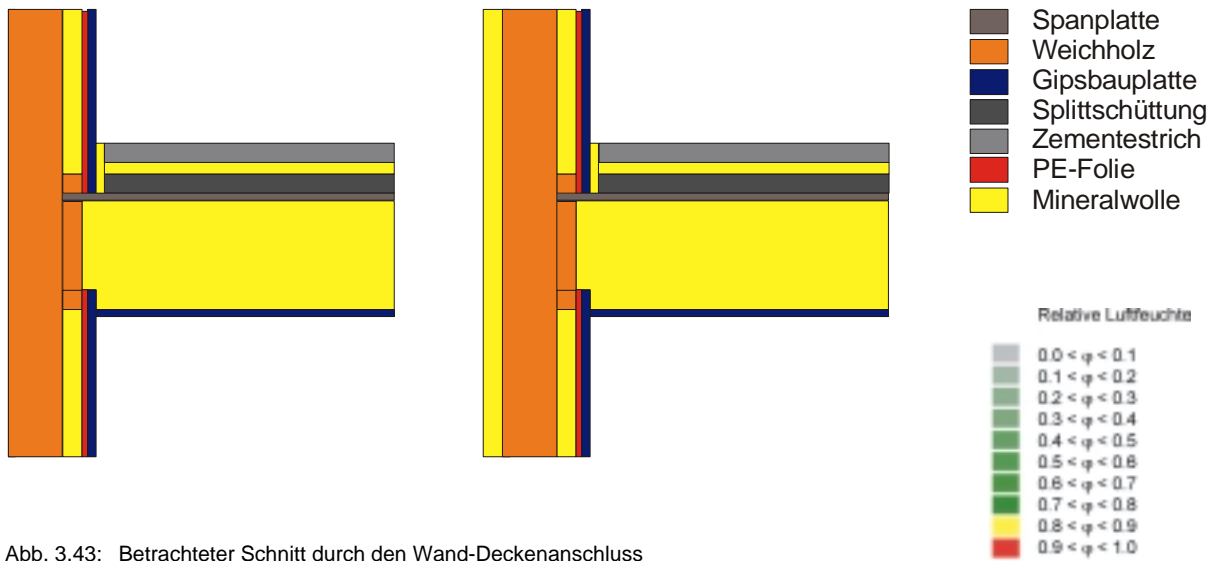


Abb. 3.43: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss ohne (links) und mit (rechts) zusätzlicher außen liegender Wärmedämmung

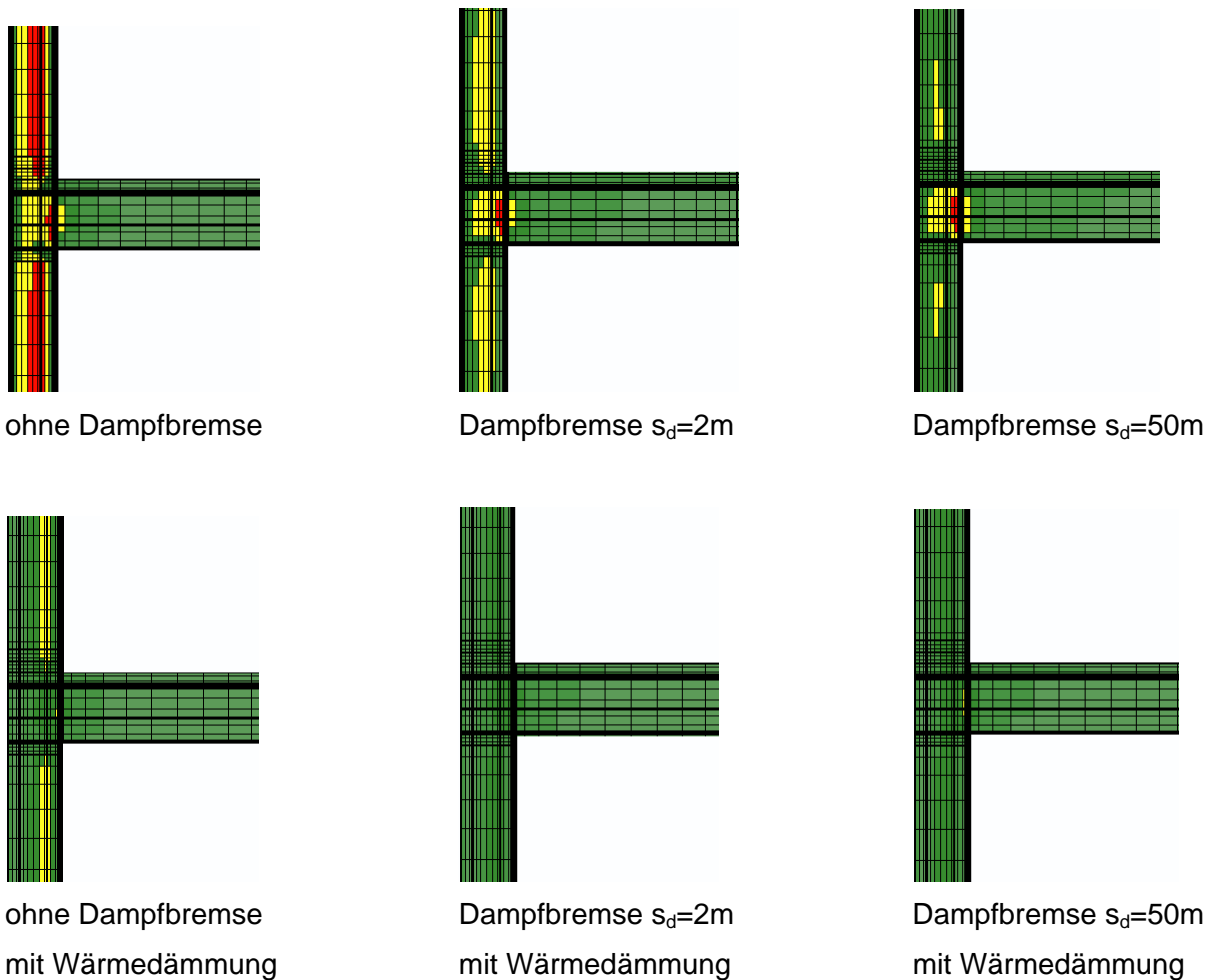


Abb. 3.44: Relative Luftfeuchte in der Konstruktion (Innenklima: hohe Feuchtelast)

Darstellung der Klimazustände an der kritischen Stelle des Anschlusses

Variante 1: "klassischer" Holzrahmenbau

Mit und ohne zusätzlicher Wärmedämmung

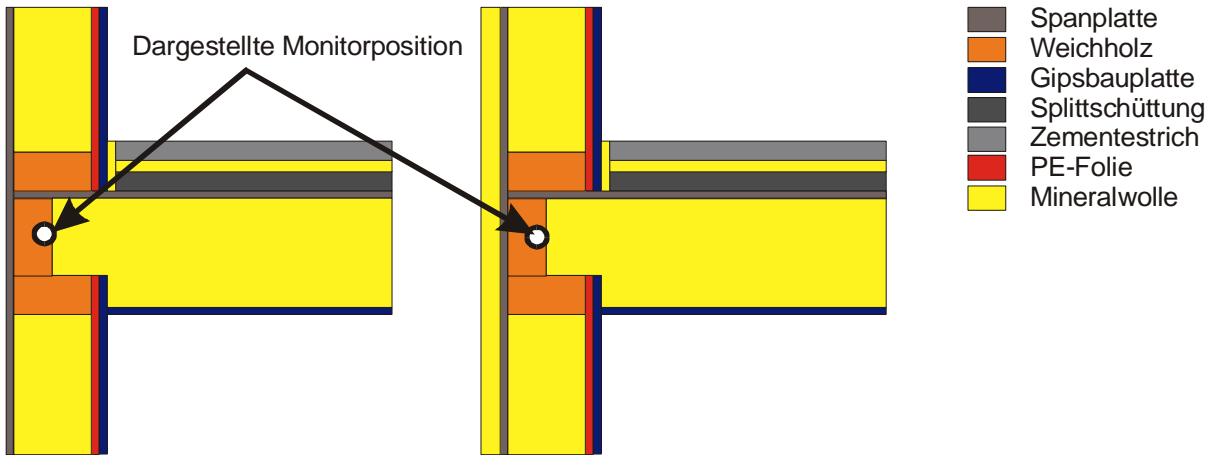


Abb. 3.48: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss zusammen mit der Monitorposition; ohne (links) und mit (rechts) zusätzlicher außen liegender Wärmedämmung

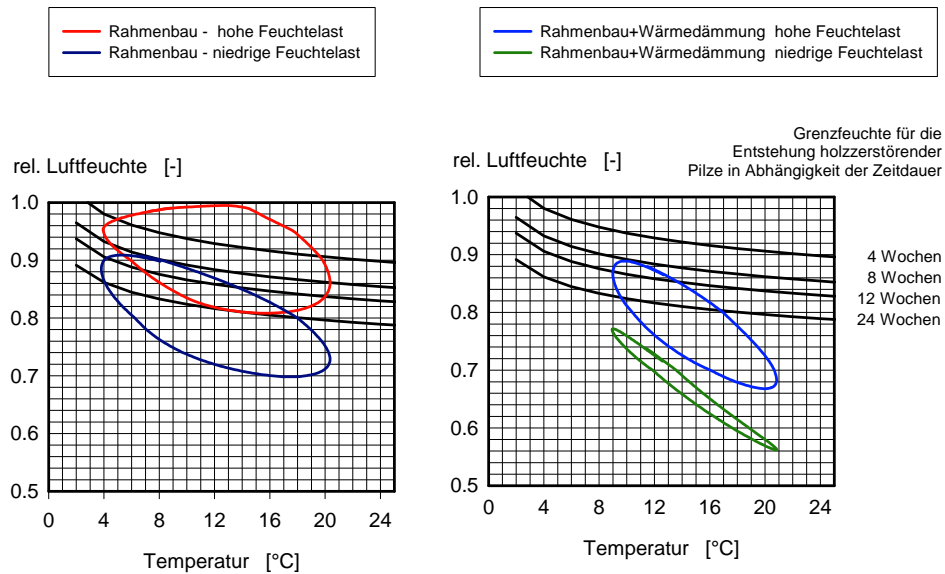


Abb. 3.49: Klimazustände an der Monitorposition für die Variante 1 mit und ohne zusätzlicher Wärmedämmung für ein Innenklima entsprechend der hohen bzw. niedrigen Feuchtelast

Vergleich Variante 1 und Variante 4

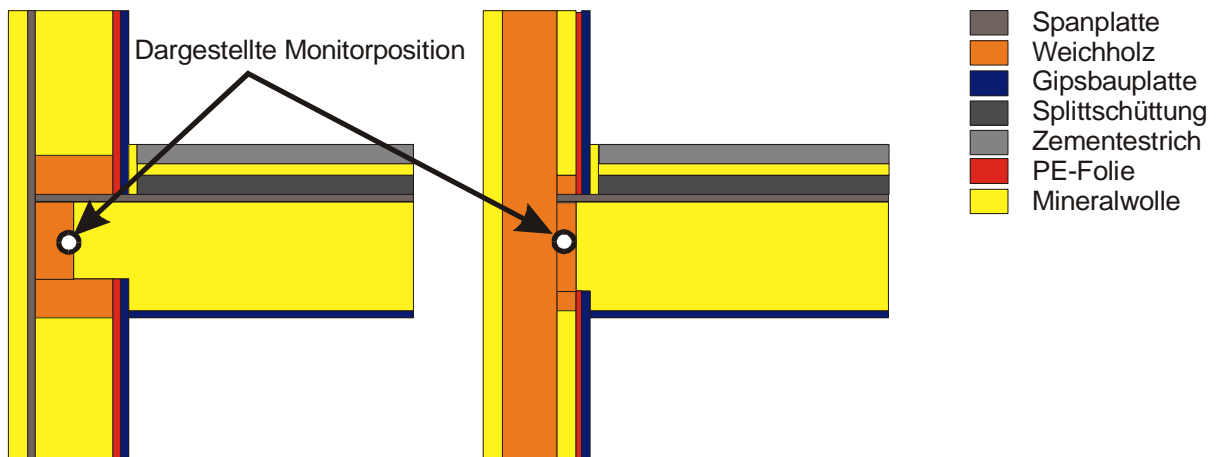


Abb. 3.50: Betrachteter Schnitt durch den Wand-Deckenanschluss zusammen mit der Monitorposition; Rahmenbau (links) und Pfostenwand (rechts) jeweils mit zusätzlicher außen liegender Wärmedämmung

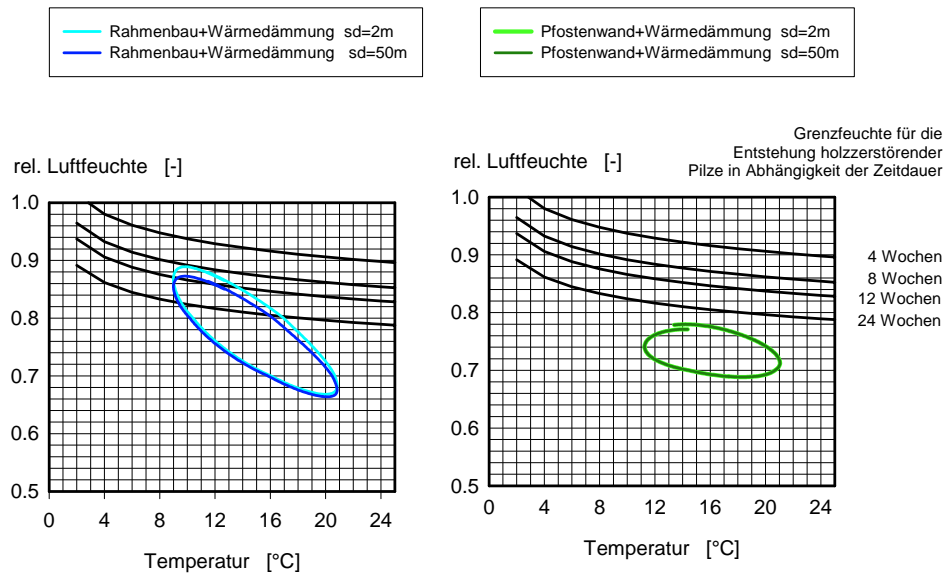


Abb. 3.51: Klimazustände an der Monitorposition für die Variante 1 mit und ohne zusätzlicher Wärmedämmung und einem s_d -Wert der Dampfbremse von 2 m bzw. 50 m (Innenklima: hohe Feuchtelast)

3.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der feuchtetechnischen Berechnungen

Im Rahmen der **Innenklimasimulationen** wurden das Lüftungsverhalten, die Besonnung der Wohnung und die Art der Bauweise untersucht.

Der Einfluss der Bauweise ist als gering einzustufen. Wesentliche Unterschiede ergeben sich aufgrund der Besonnung der Wohnung. Die stärkere Erwärmung der Wohnung in den Übergangsjahreszeiten führt aufgrund des dadurch vermehrten Lüftens zu einer wesentlichen Reduktion der Innenluftfeuchten.

Die zu unterschreitenden Temperaturfaktoren je nach Anforderung und Wohnungslüftung sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Wohnungslüftung	Maximaler Temperaturfaktor zur Vermeidung von	
	Oberflächenkondensation	Schimmelpilzbildung
Grundluftwechsel $n=0.1 \text{ h}^{-1}$ Stoßlüften	0.38	0.21
Erhöhter Grundluftwechsel $n=0.3 \text{ h}^{-1}$ Stoßlüften	0.62	0.48

Tab. 3.10: Zusammenstellung der maximalen Temperaturfaktoren von Baukonstruktionen zur Vermeidung von Oberflächenkondensation bzw. Schimmelpilzbildung je Wohnungslüftungssituation

Die Auslegung von Wärmebrücken nach ÖNORM B 8110-3 zur Vermeidung von Oberflächenkondensat (Anforderung von $f < 0,31$) kann durch die Berechnung bestätigt werden. Zur besseren Vermeidung von Schimmelpilzbildung könnte eine Auslegung auf $f < 0,21$ beitragen. Besonders durch die leichte Installation von Wärmedämmungen im Holzbau ist dieser Wert zu erreichen.

Eine Belüftung der Wohnungen (z.B.: durch eine Abluftanlage) würde auch bei einer Auslegung nach ÖNORM zu einer Verhinderung einer Schimmelpilzbildung beitragen. Im Falle einer Abluftanlage ist, aufgrund des entstehenden ständigen leichten Unterdruckes, besonders auf die Ausführung der Luftdichtheit der Holzbauteile zu achten.

Die **Analyse der Anschlussdetails** auf kritische Klimazustände aufgrund einer hohen Feuchtelast durch das Innenklima zeigte deutlich, dass eine Übertragung "funktionierender" Konstruktionen aus dem Bereich der Einfamilienhäuser (niedrige Feuchtelast) in den sozialen Wohnbau nicht ungefährlich ist. Zur Vermeidung kritischer Feuchtezustände in den Holzbauteilen trägt eine außen liegende Wärmedämmung (untersucht wurden hinterlüftete Varianten) wesentlich bei. Durch diese außen liegende Dampfbremse kann der Diffusionswiderstand der innenliegenden dampfbremsenden Schicht der Außenwände ebenso

reduziert werden. Dies führt zu Konstruktionen mit einem ausgeglicheneren Feuchtehaushalt, bei denen durch geringfügige Mängel in der luftdichten Schichte eventuell auftretende höhere Durchfeuchtungen besser abtrocknen können.

Durch einen höheren Holzanteil im Bereich des Anschlusses Außenwand-Decke ergibt sich ebenso eine Verbesserung der Klimazustände. Der höhere Diffusionswiderstand des Holzes und das ausgeglichene Temperaturfeld sind die Ursachen für dieses Verhalten.

4 Kritische Aspekte des Tragverhaltens

4.1 Setzungen

4.1.1 Probleme bei "eingeklemmten" Decken

Die vertikalen Setzungen der Traufe, z. B. durch Kriechen und Schwinden der tragenden Wände, vergrößern sich bei mehrgeschossigen Gebäuden proportional zur Gebäudehöhe und können Gesamtsetzungsmaße von 3 bis 8 cm erreichen. Diese hohen Gesamtsetzungen können für Verbindungen zu starren Einbauten, z.B. Aufzüge, aber auch für starre Fassadenverkleidungen kritisch sein.

Der Plattformrahmenbau hat bauartbedingt einen hohen Anteil von liegenden Hölzern in den lastabtragenden Wänden, was notwendigerweise zur Setzungsanfälligkeit führt. Die konstruktive Beherrschung dieses Phänomens ist eines der Kernanliegen heutiger Entwicklungen.

Die klassische Rahmenbaulösung ist in der Abbildung 4.1 zu sehen, wobei diese Konstruktionsart nur für ein- und zweigeschossige Objekte zu empfehlen ist.

Bei der Lösung nach dem Standardwerk des deutschen Zimmermeisterverbandes "Holzrahmenbau mehrgeschossig" [BDZ96] (Abbildung 4.1) sind die quer zur Faser gedrückten und an den Schwindsetzungen beteiligten Schwellen und Rähme durch minimal dicke Furnierschichtholzstreifen ersetzt. Diese haben zwar das gleiche Schwindmaß wie Vollholz, sind werkseitig jedoch auf eine sehr niedrige Holzfeuchte eingestellt. Aus der geringen Dicke und der niedrigen Holzfeuchte ergeben sich entsprechend geringe Setzungen, die vernachlässigt werden können.

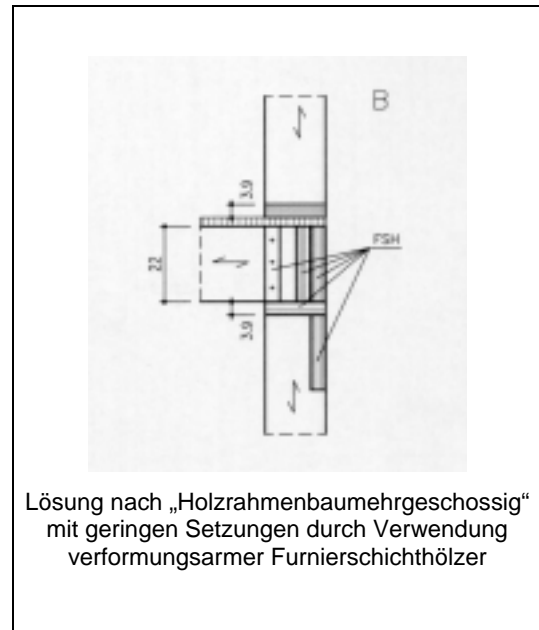
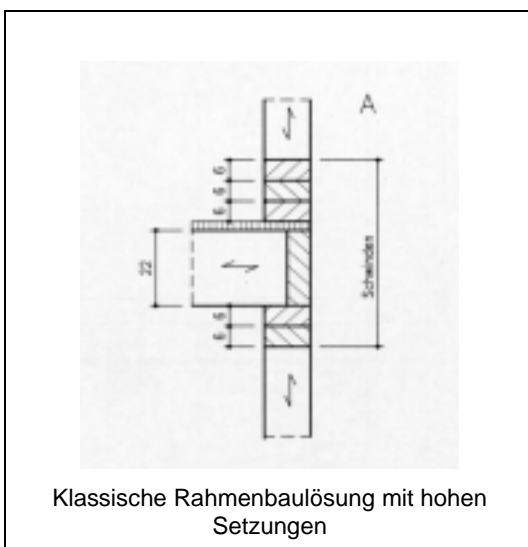


Abb. 4.1 Einklemmte Decken

Bei der Lösung des "Holzrahmenbaus mehrgeschossig" (Lösung B) ist die Höhe der quer liegenden Hölzer im Geschosstoß von 52 cm auf 29,8 cm verringert. Wesentlicher für das Verformungsverhalten ist die Verwendung eines Furnierschichtholzes, das geringere Schwindmaße und eine höhere Querdruckfestigkeit aufweist.

4.1.2 Durchgehende Wandkonstruktionen

Eine Lösung, um die Setzungsproblematik in den Griff zu bekommen, ist eine Konstruktionsform mit durchgehenden Wänden.

Im angloamerikanischen Raum wird diese Bauweise als "Balooframing" bezeichnet. Dabei werden die Deckenbalken seitlich an die durchgehenden Stützen genagelt.

Wird im Holzrahmenbau die Plattformbauweise eingesetzt (geschoss hohe Wandelemente), sind oft die Deckenkonstruktion innenseitig an der Wandkonstruktion befestigt um den Einfluss des Deckenschwindens auf die Wandsetzungen zu vermeiden. (Abb. 4.2)

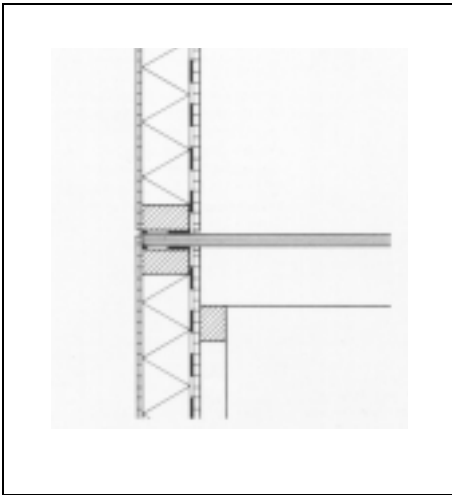


Abb. 4.2 Plattformbauweise - Deckenkonstruktion innenseitig an der Wandkonstruktion befestigt

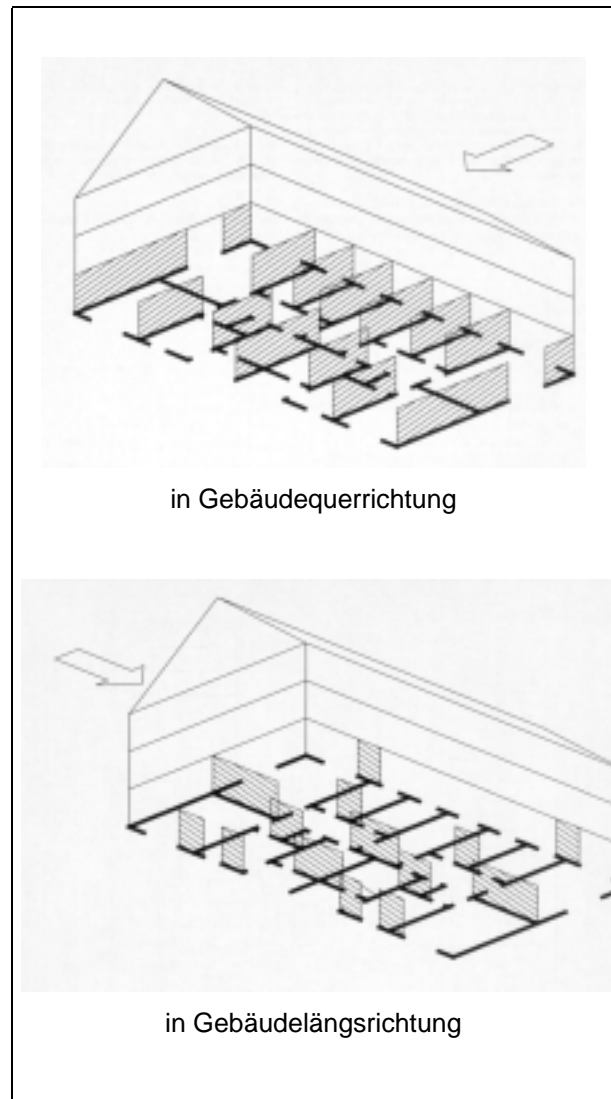
4.2 Aussteifungen

Der Unterschied zwischen eingeschossigen und mehrgeschossigen Bauten besteht nicht nur in den mit der Stockwerkszahl proportional ansteigenden Wind- und Erdbebenkräfte, sondern auch in den Verankerungskräfte, die sich überproportional erhöhen.

4.2.1 Anzahl und Lage der Aussteifungsscheiben unter Windbelastung

Bei üblichen Deckenspannweiten und Raumaufteilungen ergeben sich im Geschosswohnungsbau im Allgemeinen Gesamttragwerksstrukturen, die bezüglich der horizontalen Scheiben, also der Decken, problemlos sind. Das maßgebende Kriterium für den Holzrahmenbau ist die Anordnung und die notwendige Menge der aussteifenden Wandscheiben im Erdgeschoss.

Im Normalfall wird davon ausgegangen, dass die tragenden Wände über die Geschosse hinweg im Wesentlichen übereinander stehen. Aus den Lastannahmen und den in Frage kommenden Gebäudegeometrien leiten sich folgende "Faustregeln" ab, die für eine erste Vordimensionierung ausreichend sind. Bei diesen Faustregeln werden Gebäudehöhe, Eigenlasten und Verankerungskräfte berücksichtigt.



in Gebäudequerrichtung

in Gebäudelängsrichtung

Abb. 4.3 Gesamtlänge der aussteifenden Windscheiben

Für den Lastfall Wind werden laut "Holzrahmenbau mehrgeschossig" zur Abschätzung folgende Werte angegeben. Dabei wird die Gesamtlänge der aussteifenden Wandscheiben im Erdgeschoss in Bezug gesetzt zu der unter Wind stehenden Fassadenlänge.

4 Vollgeschosse	Laufmeter Windscheibe im Erdgeschoss pro m Fassade
sehr günstig:	2,7 m
günstig:	1,5 m
möglich:	1,0 m
3 Vollgeschosse	
sehr günstig:	2,0 m
günstig:	1,1 m
möglich:	0,8 m

D.h. bei einem Viergeschosser mit 7 m Abstand der Wände würde eine 10 m lange Aussteifungswand noch als günstig betrachtet werden.

4.2.2 Verankerungen

Durch die zunehmende Hebelwirkung der Wind- und Erdbebenkräfte entstehen in den aussteifenden Wandscheiben, soweit diese nicht verlängert werden können - was meist wegen der Gebäudeform nicht möglich ist - hohe Kippkräfte, die oft durch das Eigengewicht der Decken nicht kompensiert werden können.

In diesen Fällen ist das gesamte Gebäude gegen das Abheben in die Fundamente zu verankern. Diese Verankerungen müssen in der Regel in den aussteifenden Wänden bis zur Traufe geführt werden. Speziell bei den Unterbrechungen der Wände durch die "eingeklemmten" Decken stellt die Weiterführung der Verankerungen ein erhebliches konstruktives Problem dar. Vorteilhaft sind Konstruktionen mit durchgehenden Wänden, wo sich dieses Problem nicht stellt.

Die Lastableitung erfolgt für den Lastfall Wind in der Art, dass die durch Wind normal zur Ebene beanspruchten Wände die Last über Biegung in die Decken übertragen. Die somit in horizontaler Richtung beanspruchten Decken stützen sich ihrerseits auf diese Wandscheiben, welche in Windangriffsrichtung orientiert sind. Dadurch wird die Windkraft von den Decken auf die beschriebenen Wandscheiben weitergeleitet und von diesen auf die Fundamente bzw. die Kellerdecke übertragen. Im Lastfall Erdbeben ist die Lastweitergabe ähnlich.

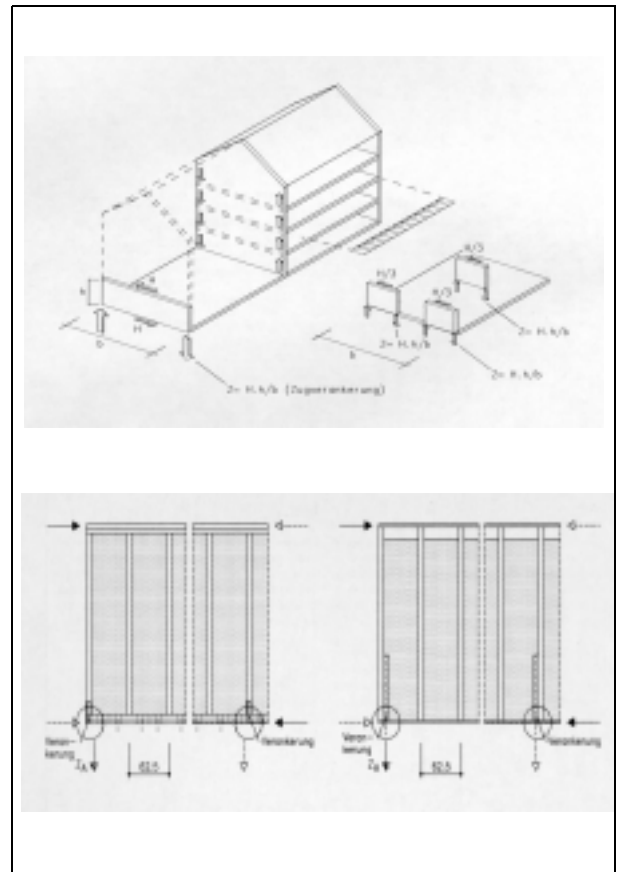


Abb. 4.4 Verankerung der abhebenden Kräfte im Untergrund

4.3 Schwingungen, Erdbeben

Unter den möglichen dynamischen Beanspruchungen der Bauelemente werden im Wohnungsbau vor allem Deckenschwingungen unter Belastung und Gebäudeschwingungen bei Erdbeben berücksichtigt.

Holzbalkendecken sind bezüglich Schwingungen relativ anfällig, besonders bei größeren Spannweiten, da E-Moduli und Steifigkeiten in der Regel geringer sind als bei Stahlbetondecken. In der Vergangenheit gab es keine speziellen Vorschriften für die Schwingungsbemessung, die Decken wurden "stillschweigend" überdimensioniert. Im Gegensatz dazu sieht die neue Generation der Eurocodes nun spezielle Vorschriften zum Schwingungsnachweis bei Holzbalkendecken vor, die allerdings noch nicht in die nationalen Ö-Normen übernommen wurden. Dies ist in nächster Zukunft zu erwarten.

Bezüglich dynamischer Beanspruchung durch Erdbeben hat sich die Einschätzung in Europa auch nördlich der Alpen in den letzten Jahrzehnten geändert. Speziell im Alpenraum (Schweiz, Österreich) wird heute mit wesentlich stärkeren Erdbeben gerechnet als in der Vergangenheit. Auf europäischer Ebene wurde ein spezieller Eurocode (EC 8) [EC8] für Erdbebenlasten erarbeitet und die nationalen Normen (auch die Ö-Normen B 4015, Teile 1 und 2) [ONB197] und [ONB2] wurden diesem angepasst. Die neuen Belastungsannahmen und Bemessungsvorschriften

wurden so ausgelegt, dass entweder die klassische Methode der "quasistatischen" Berechnung mit Ersatzlasten angewendet werden kann oder auch genauere dynamische Berechnungen möglich sind. In vielen komplexeren Fällen liefert die "dynamische" Methode wirklichkeitsnähere Ergebnisse.

4.3.1 Neue Erdbebennorm in Österreich

Die erhöhte Erdbebenbeanspruchung, die sich aufgrund der Anwendung der neuen Ö-Normen B 4015 Teil 1, "Belastungsannahmen im Bauwesen, Außergewöhnliche Einwirkungen, Erdbebenwirkungen, Grundlagen" (1. Okt. 1997) und B 4015 Teil 2, "Berechnungsverfahren" (1. Aug. 1999) ergibt, überlagert mit ständigen Lasten und einem Teil der Verkehrslasten ist in den meisten Fällen das maßgebende Kriterium zur statischen Vor-dimensionierung gewisser tragenden Bauteile.

Bei einer Berechnung nach der quasistatischen Methode betragen die horizontalen Ersatzkräfte auf jeder Geschossdecke nach der "neuen" Erdbebennorm bis zu achtfache Werte verglichen mit der "alten" ÖNORM B 4015 (1. April 1979) [ONB179], was auch die Abbildung 4.5 (Vergleich anhand eines Fallbeispielen einer mehrgeschossigen Holzrahmenbauweise) verdeutlichen soll.

Für die Auslegung der Gebäudestruktur fordern die neuen Ö-Normen:

- ⊘ Bauwerke sollen schwache Erdbeben ohne Schäden überstehen
- ⊘ Bei "Starkbeben" soll die Tragfähigkeit des Bauwerkes erhalten bleiben; es darf zu keinem Einsturz kommen. Die Verformungen sind dabei nicht begrenzt. Dazu ist ein duktiles (nicht sprödes, zähes) Verhalten des Bauwerkes vorteilhaft. Je mehr plastische Verformungsreserven vorhanden sind, desto geringer ist die Gefahr eines Bauwerkversagens.

Die genannten Ö-Normen geben viele generelle Hinweise, wie ein günstiges Schwingungsverhalten eines Gebäudes erreicht werden kann.

Falsch konzipierte Gebäude können bei den neuerdings hohen anzusetzenden Erdbebenlasten nicht durch Überdimensionierungen "gerettet" werden. Geometrie, Struktur und Massen müssen beim Entwurf bedacht werden.

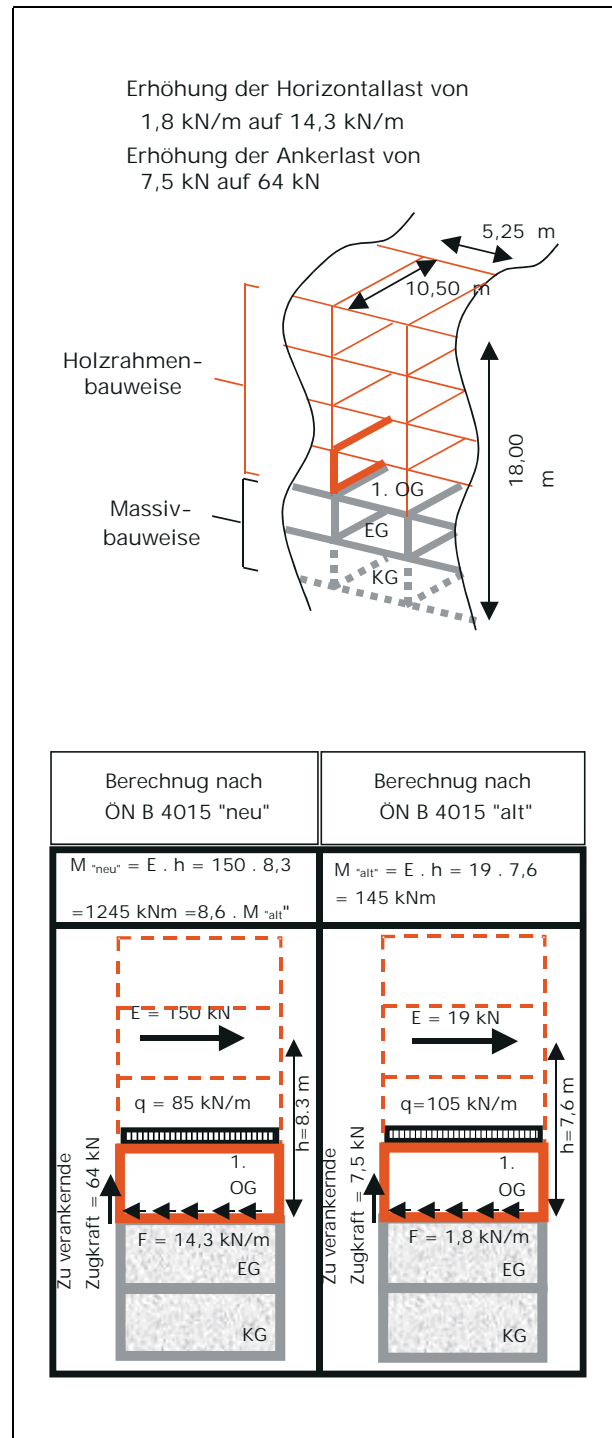


Abb. 4.5 Vergleich der Belastungen im Erdbebenfall pro Querschotte an einem Fallbeispiel: Schottenbauweise mit nach beiden Seiten offenen Fassadenflächen. Abstand der Querschotten: 5,25 m, Gebäudetiefe: 10,50 m

4.3.2 Auswirkungen der neuen Erdbennorm auf verschiedene Bauweisen

4.3.3 Stahlbetonbauweise

Anhand des Fallbeispiels (ein fünfgeschossiges Gebäude mit Querschotten, keine Aussteifungs-scheiben in Gebäudelängsrichtung; Abstand der Querschotten: 5,25 m, Gebäudetiefe: 10,50 m; siehe Abbildung 4.5) wurden die Auswirkungen der Erdbenenbeanspruchung untersucht.

Bei der Schottenbauweise kann für Baukonzepte mit großen Fassadenöffnungen und ohne massive Aussteifungskerne die Aussteifung nur über biegesteife Wände-Decken Verbindungen erreicht werden. Die zusätzliche Bewehrung für die Decken bzw. Schottenwände würde in diesem Fall ca. 1/3 mehr betragen. Diese Tatsache und der komplizierte Einbau der Bewehrung lassen die reine Schottenbauweise trotz der Einsparungen und das Wegfallen von Aussteifungskernen unwirtschaftlich werden.

4.3.4 Holzbauweisen

Es wurden drei Holzbauweisen hauptsächlich auf die maßgebende Belastung "Erdbeben" nach der neuen ÖNORM B 4015 beim Fehlen eines aussteifenden Treppen- oder Sanitärkernes untersucht.

Variante 1: klassische Rahmenbauweise

Bei der Holzrahmenbauweise entsteht die Schwierigkeit die großen Schubflüsse über die Beplankungen einzuleiten. Beim Beispieltyp nach Abbildung 4.5 muss im Erdgeschoss für eine horizontale Erdbebenersatzlast von 14,5 kN/m bemessen werden. Diese Beanspruchung übersteigt die in den Zulassungen für aussteifende Wandbeplankungen angegebenen Werte (z.B. Holzrahmenwand mit beidseitiger Beplankung durch Gipsfaserplatten bei einreihiger Vernagelung alle 5 cm: zulässiger Horizontalschub ca. 7,5 kN/m). Entsprechend müssten andere Platten oder wesentlich dichtere Vernagelungen eingesetzt werden, was zu konstruktiven Schwierigkeiten und höheren Kosten führt.

Variante 2: Holzmassivbauweise (Brettstapelbauweise)

Bei der Holzmassivbauweise stellt die Aussteifung in Gebäudequerrichtung wegen der hohen Steifigkeit der Wandkonstruktionen kein Problem dar. In Gebäudelängsrichtung ist allerdings die Aussteifung nur durch eine Kombination von einer auf die gesamte Gebäudebreite durchgehenden, biegesteifen Knotenausbildung (zwischen Decken und Wandelementen) und oder eine Skelettrahmenkonstruktion mit biegesteifen Knoten an den beiden Gebäudelängsseiten zu erzielen.

Variante 3: Kombination aus Holzmassivwänden und Tramdecken

Hier gelten die gleichen Aussagen wie bei der Variante 2. Eine größere Steifigkeit in Gebäudelängsrichtung kann durch eine höhere Anzahl von Skelettrahmenkonstruktionen (gebildet aus Stützen in der Holzmassivschotte und Balken der Tramdecke) innerhalb des Gebäudes erzielt werden.

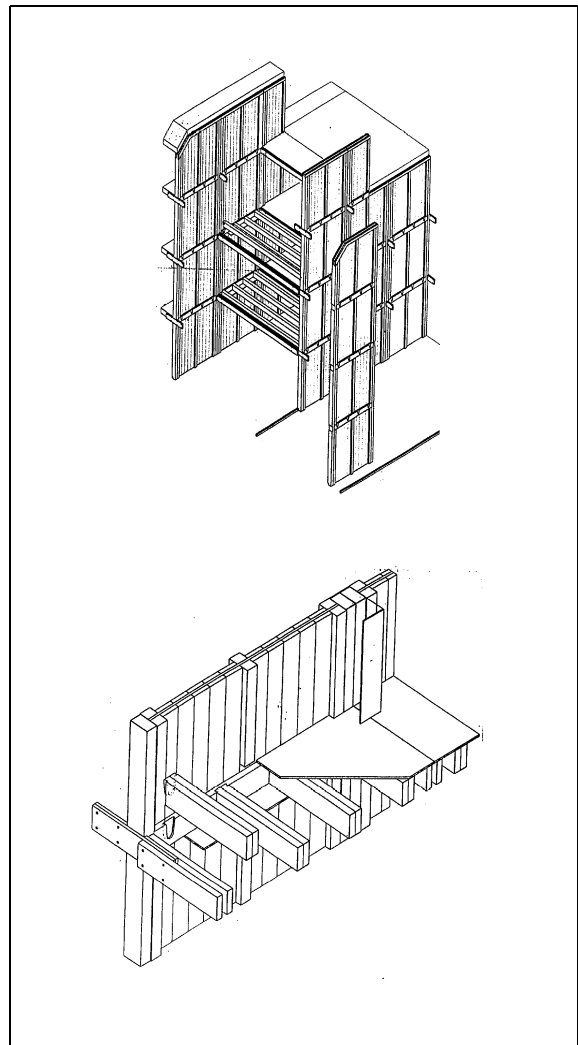


Abb. 4.6 Kombination aus Holzmassivwänden und Tramdecken

4.3.5 Fazit

Es ist generell festzustellen, dass Holzkonstruktionen aufgrund ihres geringen Gewichtes, ihrer Duktilität und ihrer dissipativen (energieabsorbierenden) Zonen im Bereich der Verbindungen für den Lastfall Erdbeben gut geeignet sind, wenn ihre relative Weichheit auch bei schwachen Erdbeben berücksichtigt wird.

Prinzipiell sind alle drei Bauweisen in Holzbau (Holzrahmenbauweise, Holzmassivbauweise und deren Kombination) aus statischer Sicht möglich. Eine Einspannung der Wände in die Stahlbetonwände von EG ist meist vorteilhaft.

Wand- und Aussteifungselemente, die über alle Geschosse durchlaufen, sind geschossweise unterbrochenen Wandelementen vorzuziehen.

Die Ausbildung von biegesteifen Rahmenecken und durchgehenden Stützen (Wänden) ist in Europa wegen der geringen Anzahl von realisierten mehrgeschossigen Holzkonstruktionen wenig bekannt. In Japan wird diese Technik speziell bei mehrgeschossigen Holzkonstruktionen seit Jahrhunderten erfolgreich angewandt.

Da Berechnungsmodelle zur Erfassung des Verhaltens von biegesteifen Rahmenecken bei derartigen Kombinationsbauweisen in Holzbau nicht vorliegen, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes für die Kombinationsbauweise ein Prototyp gefertigt und statischen und dynamischen Tests unterzogen (siehe Kapitel 9).

5 Detailentwicklung

Die Entwicklung der letztendlich im Kostenteil berechneten Varianten (drei im Holzrahmenbau, RW2 und RW3 als zweischalige Wandlösung, RW4 als einschalige Wandlösung beziehungsweise drei Varianten im Holzmassivbau MW3, MW4, MW5, alles einschalige Wände mit unterschiedlichen Materialien und Elementgrößen) erfolgte in verschiedenen Optimierungsschritten, die in drei Zwischenberichten dargestellt wurden. In diesem Kapitel wird versucht die wichtigsten Entwicklungsphasen nachzuzeichnen und die im Kostenteil berechneten „Endlösungen“ zu beschreiben.

Die unterschiedliche zeichnerische Darstellung und die ursprüngliche Nummerierung der Varianten wurde beibehalten.

5.1 Varianten in Rahmenbauweise

5.1.1 Zweischalige Holzrahmenwand (RW2)

Die traditionelle Bauart des Holzrahmenbaus, bei der die Deckenbalken zwischen den Wandelementen „eingeklemmt“ wird, wurde in Anbetracht der geforderten Mehrgeschossigkeit von Anfang an ausgeschlossen. Bei den entwickelten Lösungen wird der Deckenbalken am Rähm seitlich angeschlossen. Der Anteil des quer zur Faser gedrückten Holzes (traditioneller Holzbau: oberes und unteres Band, eingeklemmter Deckenbalken) und somit die Setzungen werden verringert.

Im klassischen Holzrahmenbau werden mehrere liegende oder stehende Hölzer als umlaufende Bänder mit „Ringankerwirkung“ zur Querkraftverteilung eingesetzt. Bei den entwickelten Lösungen wird diese Funktion durch ein einziges durchgehendes Element erfüllt.

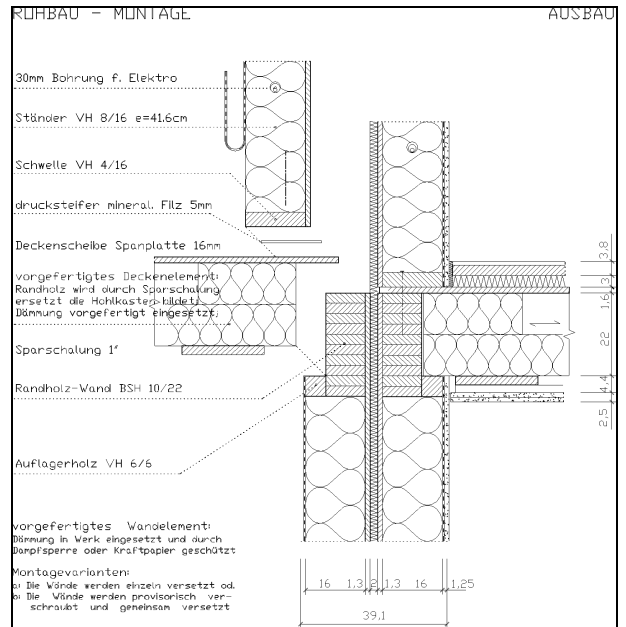


Abb. 5.1: Variante Rähm aus Brettschichtholz, Querschnitt

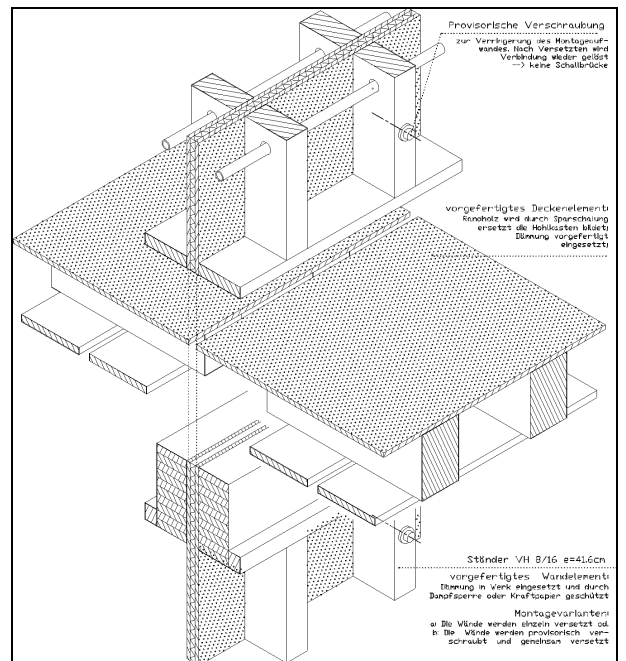


Abb. 5.2: Variante Rähm aus Brettschichtholz, Axonometrie

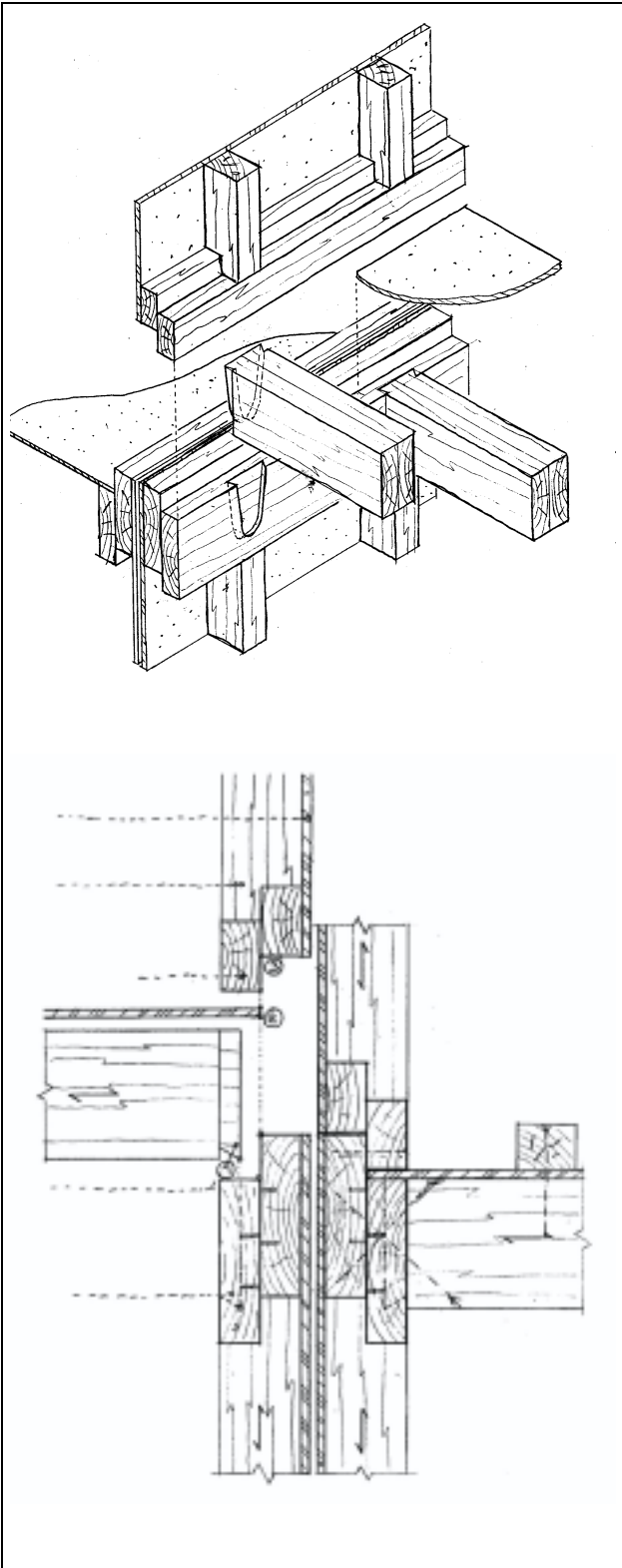


Abb. 5.3 und 5.4: Variante Rähm aus stehenden Pfosten, Rohbau und Montage (Explosionszeichnung)

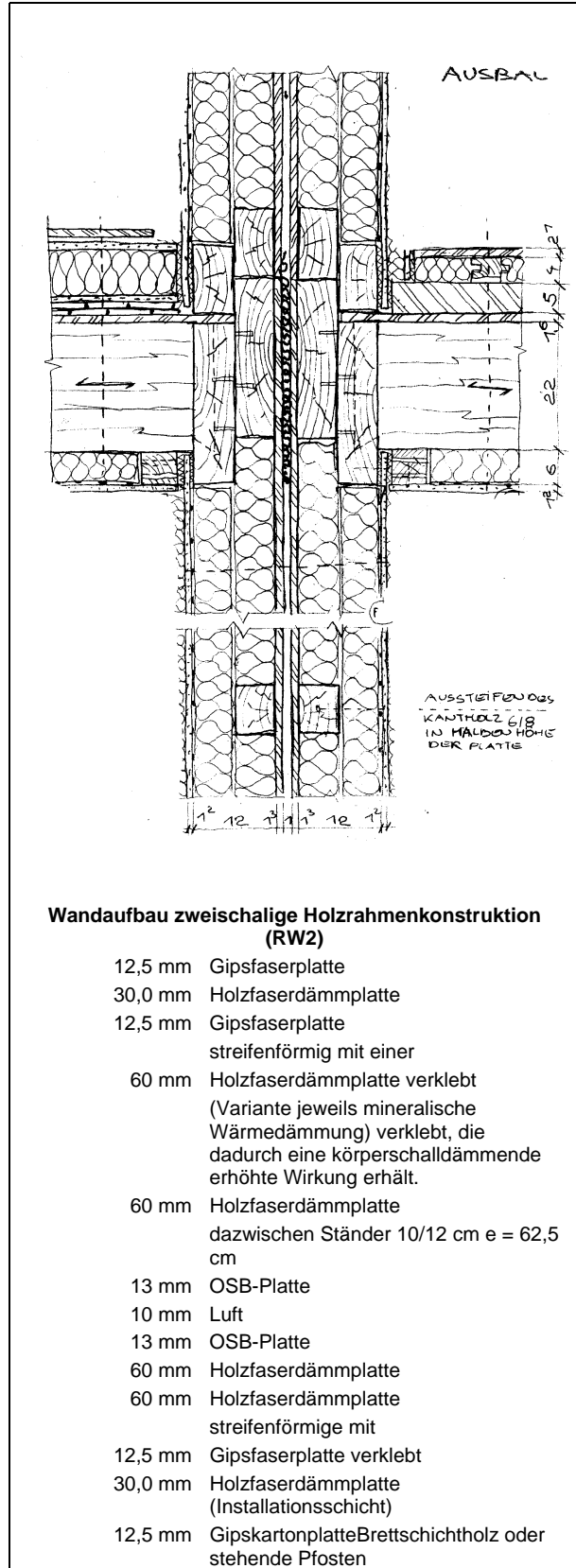


Abb. 5.5: Variante Rähm aus stehenden Pfosten, Ausbauzustand mit zweiter Vorsatzschale

Bei beiden Varianten der zweischaligen Holzrahmenwand wird ein aus liegenden verleimten Brettern (Brettschichtholz) oder stehenden Pfosten (Fichtenholz) zusammengesetzter Rähm verwendet. Gegenüber einem quer zu Faserrichtung beanspruchten Vollholz hat ein solcher Rähm den Vorteil, dass werkseitig die optimale Holzfeuchte eingestellt werden kann. Aus der geringeren Dicke und der niedrigeren Holzfeuchte ergibt sich geringeres Schwindmaß und somit entsprechend geringere Setzungen als bei der traditionellen Holzrahmenbauweise.

Die möglichen Vorteile des Rähms aus stehenden Pfosten gegenüber der Ausführung mit Brettschichtholz sind der theoretisch geringere Herstellungsaufwand und die einfache Fertigung.

Außerdem ermöglicht der Versatz der stehenden Pfosten eine falzartige Verbindung der Wände, die eine einfache Übertragung der horizontalen Schubkräfte durch Verschraubung oder Vernaglung ermöglicht. Dies führt zu einer einfachen, aber höchst wirkungsvollen Stoßausbildung bezüglich Kraftübertragung.

5.1.1.1 Anschluss Wand - Deckenbalken

Die Verbindung des Balkens mit dem Rähm erfolgt mittels formschlüssiger Holz-Holz Verbindung in Form eines konischen Schwalbenschwanzes. Der Vorteil dieser Verbindung ist ein automatisches Zusammenziehen der Bauteile durch die konische Geometrie. Aus statischer Sicht bewirkt die Schwalbenschwanzspannung eine Drehfedereinspannung, die durch die Rahmenwirkung die Montageabwicklung ohne zusätzliche Abspannungen ermöglicht. Diese Wirkung wird nach der Beplankung mit der Deckenscheibe noch verstärkt.



Abb. 5.6: konische Schwalbenschwanzverbindung bei einem Bauvorhaben Fa. Ettwein

Eine Verbesserung der Schwalbenschwanzverbindung kann durch einen Passschnitt erreicht werden, der nach der Montage mit Hartholz verkeilt wird.

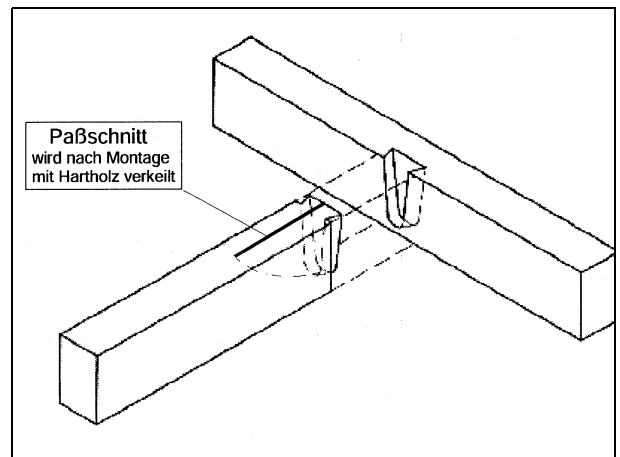


Abb. 5.7: Verbesserung des Passsitzes durch Verkeilung (Quelle unbekannt)

Anstatt der Schwalbenschwanzverbindung oder zu deren Verstärkung können schräg angeordnete Schrauben mit durchgehendem Gewinde angeordnet werden. Die Schrauben bewirken eine Querdruckverstärkung, da sie, anders als Sondernägeln, gegen Eindrücken ins Holz den gleichen Widerstand aufweisen wie gegen Herausziehen aus dem Holz. Versuche an Haupt- und Nebenträgeranschlüssen einer passgenauen Schwalbenschwanzverbindung haben eine deutliche Verminderung des Verschiebungsverhaltens (Schlupf) infolge Querkraft im Anschluss ergeben.

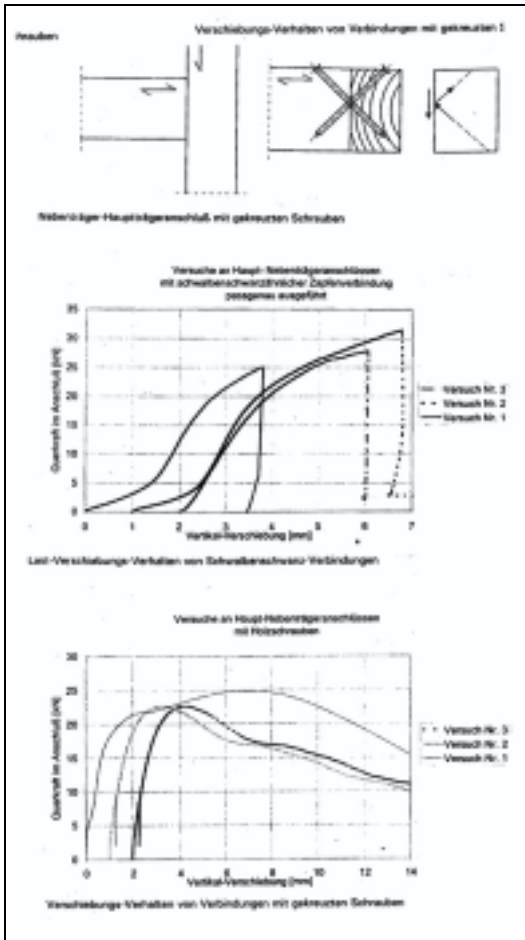


Abb. 5.8: Vergleich des Tragverhaltens von Hirschholzverschraubungen von Schwalbenschwanzverbindung (Quelle unbekannt)

5.1.1.2 Vorsatzschale

Platz für allfällige Installationen kann eine Vorwandinstallation bieten (siehe Detailzeichnung). Vorteile dieser Variante sind eine verbesserte Schalldämmung und ein besserer Brandwiderstand.

In einem weiteren Optimierungsschritt wurde die zweite Vorsatzschale aus Kostengründen weggelassen. Eine bauphysikalische Überlegung hatte zum Ergebnis geführt, dass die geforderten Schallschutzwerte auch mit einer Vorsatzschale pro Seite erreicht werden könnten. Allerdings wurde eine 15,0 mm dicke Trittschalldämmplatte zwischen den beiden Schalen hinzugefügt.

5.1.2 Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern (RW3)

Obwohl ein einschaliger Wandaufbau bauphysikalische Nachteile (Schallschutz) mit sich bringt, wurde wegen der geringeren zu erwartenden Kosten bei der Montage die einschalige Holzrahmenwand entwickelt. Die notwendige Dicke der Wandkonstruktion kann außerdem verringert werden. Um die bekannten Schallschutzprobleme bei durchgehenden Ständern zu umgehen, wurden schalltechnisch entkoppelte, versetzte Ständer vorgesehen. Um das Einklemmen der Decke zu vermeiden, wird die Last aus der Decke über seitliche Ständer in die Wand eingeleitet.

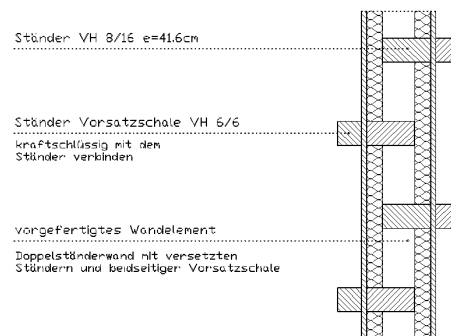
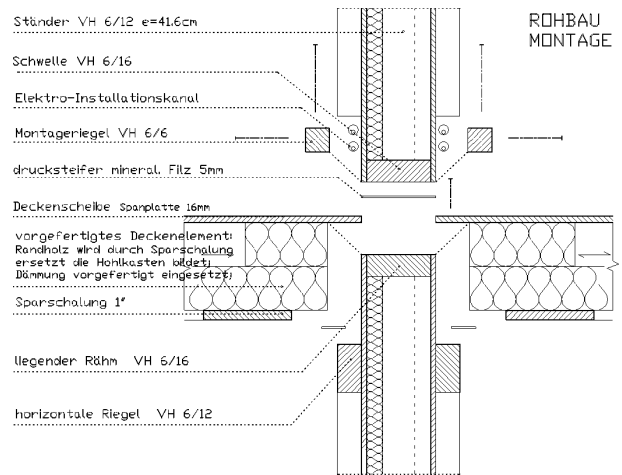


Abb. 5.9: Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern, Rähm aus Vollholz, Montage

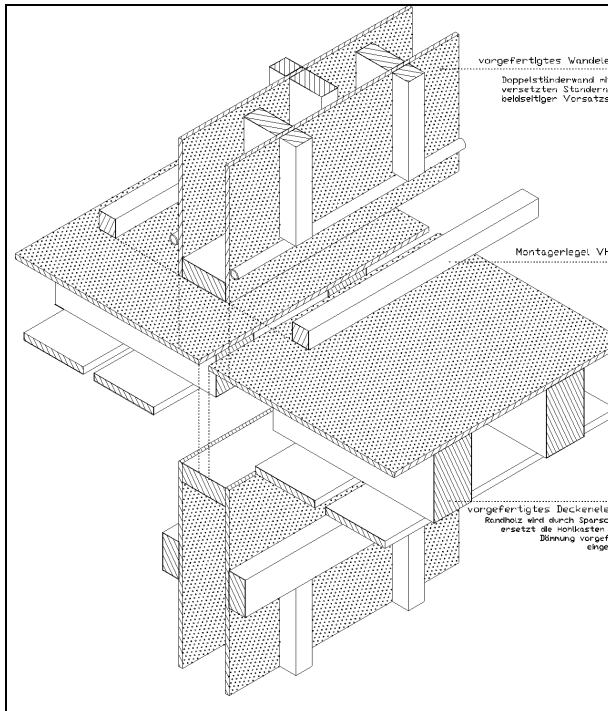


Abb. 5.10: Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern, Rähm aus Vollholz, Montage, Explosionszeichnung

Eine Weiterentwicklung dieser Lösung wird möglich durch den Einsatz der Schwalbenschwanzverbindung; dadurch konnte das seitlich angebrachte Auflagerholz entfallen. An den zusammengesetzten Querschnitt des Rähms aus drei 6 cm dicken Pfosten werden Wand- und Deckenelemente mit falzartiger Ausbildung angeschlossen. Mit Hilfe von mechanischen Verbindungsmitteln kann sehr leicht eine kraftschlüssige Verbindung der Elemente hergestellt werden. Aufgrund der axialen Anordnung ist eine günstige Kräfteinleitung gewährleistet.

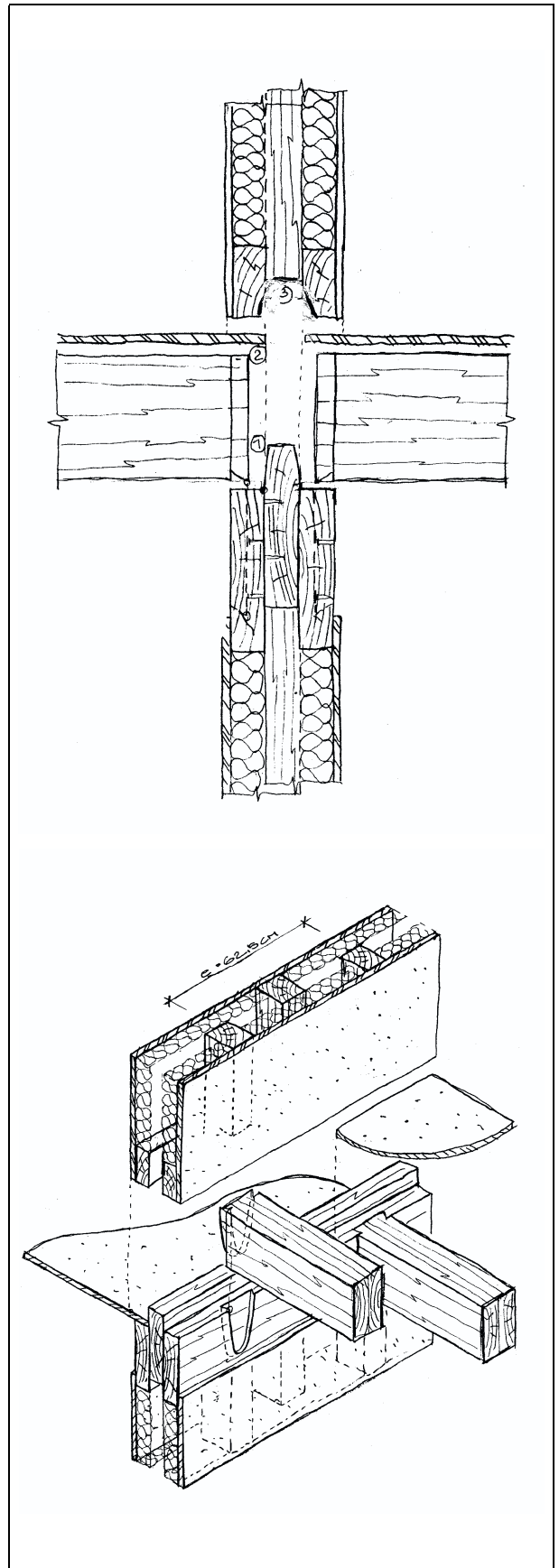


Abb. 5.11 und 5.12: Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern, Rähm aus stehenden Pfosten, Montage

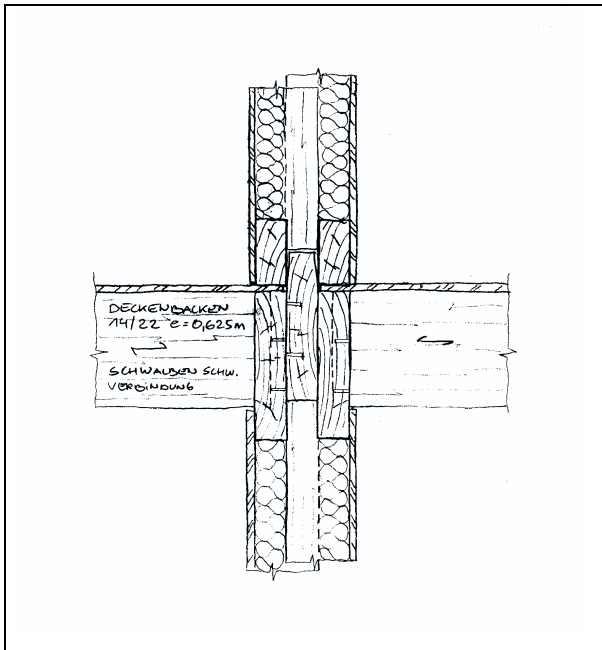


Abb. 5.13: Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern, Rähm aus stehenden Pfosten, Rohbauzustand

5.1.2.1 Vorsatzschale

Um den Schalldämmwerten einer zweischaligen, komplett getrennten Wand (RW2) näher zu kommen, wurden nicht nur die Ständer versetzt und entkoppelt, sondern es wurde eine zusätzliche Vorsatzschale mit einer 30,0 mm Holzfaserdämmplatte angeordnet. Bei der im Kostenteil berechneten Lösung wurde diese Holzfaserdämmplatte durch eine Trittschalldämmplatte ersetzt.

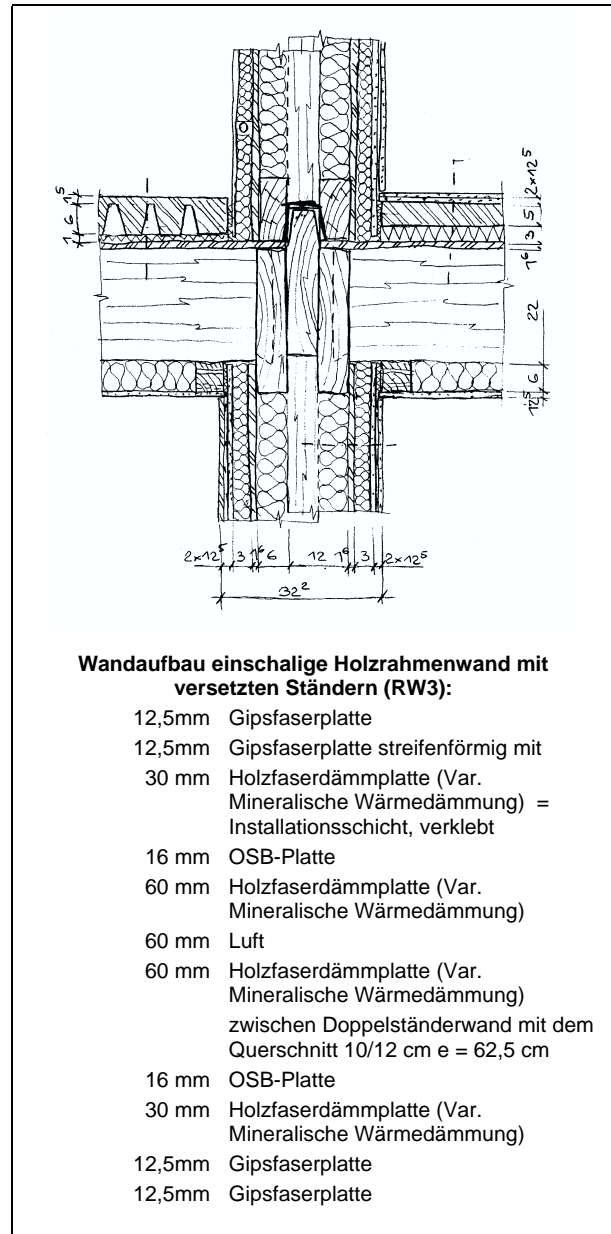


Abb. 5.14: Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern, Rähm aus stehenden Pfosten, Ausbaustand

5.1.3 Variante einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe (RW4)

Anstelle von zwei seitlichen Platten (einschalige Wand RW3) wird eine aussteifende Platte in der Mitte der Wandkonstruktion angeordnet, die die Holzrahmenkonstruktion primär in Längsrichtung zusätzlich aussteift. Bei gleicher Gesamtdicke ist die Aussteifungswirkung einer einzigen dickeren Platte wegen der geringeren Knickgefahr wesentlich höher als die von zwei dünnen Platten.

Durch die Anordnung Kernscheibe anstelle von zwei seitlichen Wandscheiben wird die Wandkonstruktion ein nach beiden Seiten offenes Element. Nachträgliche Installationen können leichter vorgenommen werden.

Anstelle der zwei Platten (RW2) wird durch eine mittig eingeschobenen Platte die Wandkonstruktion in Längsrichtung ausgesteift. Durch die feste Verbindung beider Rippen mit der gleichen Platte wird das Trägheitsmoment unter Vertikallasten ebenfalls wesentlich erhöht im Vergleich zur Lösung mit den komplett entkoppelten Ständern (RW3).

Aufgrund der konstruktiven Ausbildung können bei der Vernagelung der mittigen Platte mit dem Rähm mehrere übereinander liegende Nagelreihen angebracht werden, was die Übertragungsmöglichkeit von Horizontallasten wesentlich erhöht.

Der kraftschlüssige Verbund ist hierbei leicht durch einen eingelegten Furniersperrholzstreifen (hochfestes FSH), der als Zapfen in die Schlitze der Wandelemente geschoben wird, herzustellen.

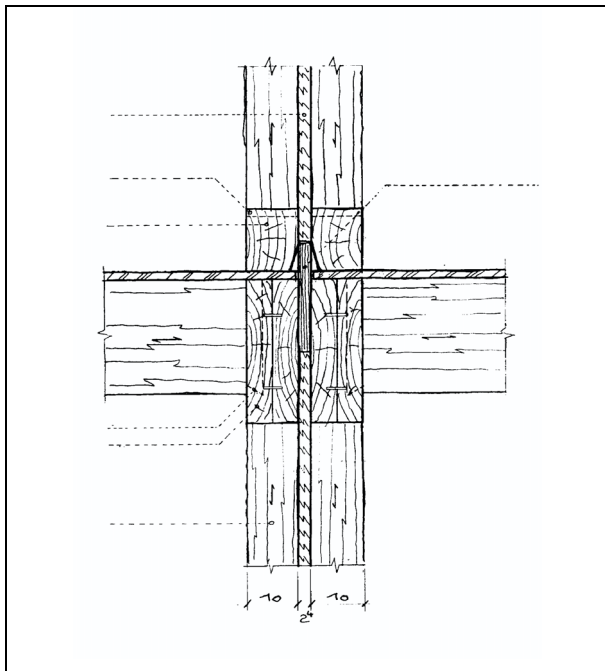


Abb. 5.15: Variante einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe, Rohbauzustand

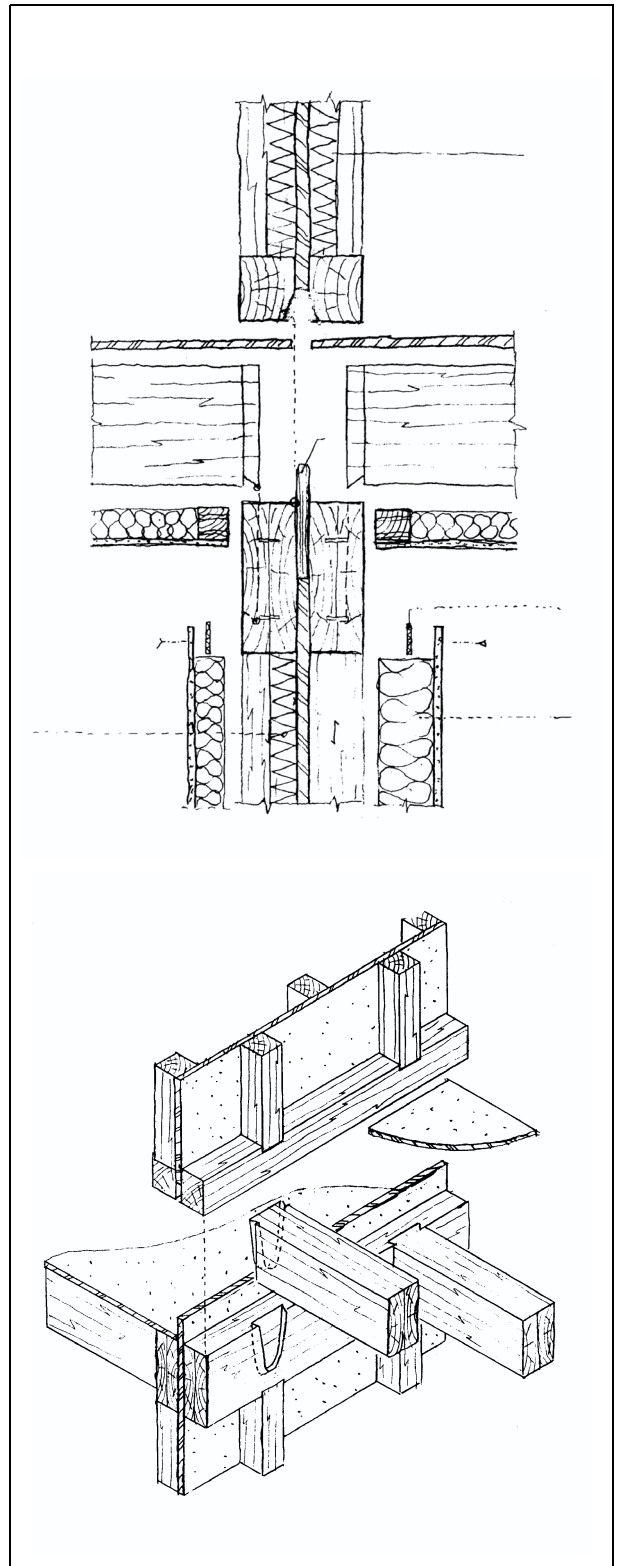


Abb. 5.16: Variante einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe, Montage

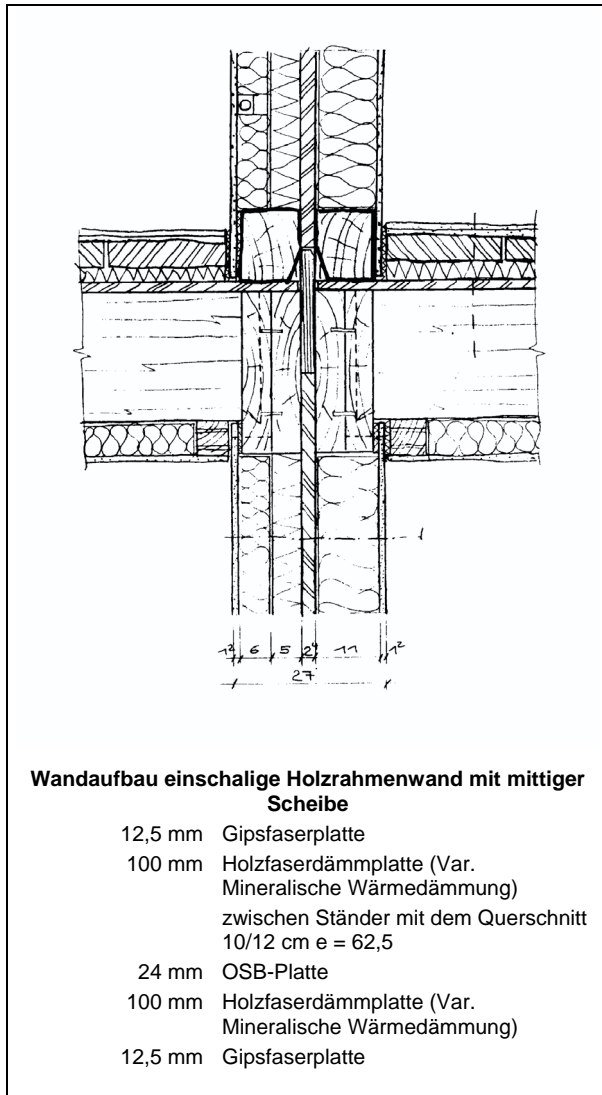


Abb. 5.17: Variante einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe, Ausbauzustand

5.1.3.1 Schalltechnischer Aspekt

Da die Rippen und die Kernplatte aus statischen Gründen fest miteinander verbunden sind, entstehen kritische Schallbrücken. Es wurde vermutet, dass eine einzige Vorsatzschale zur notwendigen Verbesserung des Schallschutzmaßes nicht ausreichen würde. Deshalb wurden bei der im Kostenteil berechneten Variante beidseitig eine zusätzliche Vorsatzschale mit 3 cm Wärmedämmfilz vorgesehen. Außerdem wurde die Schalldämmung der ersten Vorsatzschale durch Anordnung von zwei Schichten unterschiedlicher Schalldämmmaterialien verbessert (60 mm Holzfaserdämmplatte und 35 mm Trittschalldämmplatte).

5.2 Varianten in Holzmassivbauweise

Die entwickelten Varianten stellen eine Mischung des extrem leichten Rahmenbaus und der massiven Vollholzbauweise dar. Dabei wurden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt:

Verbesserung des Brandschutzes verglichen mit der Rahmenbauweise, Verringerung der Materialmenge verglichen mit der massiven Vollholzbauweise.

Im Vergleich zur Holzrahmenbauweise ist der Materialaufwand zwar höher, jedoch werden keine hohen Anforderungen an die Qualität des Holzes gestellt. Wenn beim Rahmenbau getrocknete, gehobelte Qualitätshölzer eingesetzt werden müssen, können bei den Pfostenwänden geringerwertige, eventuell ungehobelte Holzsortimente eingesetzt werden.

Die äquivalente Wandstärke bei der Rahmenbauweise beträgt circa 4 bis 5 cm; die bei der Massivholzwand circa 16 cm (volle Wandstärke). Die Dicke der Pfostenwand von 10 bis 12 cm liegt etwa in der Mitte.

Die Pfosten werden nicht wie bei industriell hergestellten Massivholzwänden verleimt, sondern handwerklich mit mechanischen Verbindungsmitteln verbunden. Die Pfostenwand kann von jeder Zimmerei, nicht nur von wenigen Spezialfirmen hergestellt werden. Außerdem weisen mechanisch verbundene Bauteile wesentlich geringere Schwind- und Quellmaße und bei nicht durchgehenden Fugen bessere Schallabsorptionswerte auf.

Ansonsten hat die entwickelte, handwerklich hergestellte Holzmassivbauweise die gleichen Vorteile gegenüber der Holzrahmenbauweise wie die Holzmassivbauweise: wie hohe Traglast unter vertikaler und horizontaler Last, ausgeglichener Feuchtehaushalt und bessere Wärmespeicherung.

Wie bei den vorangegangenen Varianten wurde auch hier versucht, das Einklemmen der Decken zu vermeiden und eine vertikale Lastübertragung ohne Unterbrechung (Hirnholz auf Hirnholz) zu ermöglichen.

5.2.1 Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten (MW3, MW4)

Die Pfostenwand besteht aus drei kreuzweise zueinander vernagelten Pfostenlagen. Seitlich werden horizontale und vertikale Riegel zur zusätzlichen Versteifung angenagelt.

Zwischen den einzelnen Pfosten sind circa 4,0 mm breite Dehnungsfugen, die Zwangskräfte und daraus resultierende Rissbildung infolge Schwinden der Querschnitte verhindern sollen. Jeder Pfosten schwindet, ohne seine Lage zu verändern. Das Verziehen des Wandelementes wird durch den quer angeordneten Rähm 8/14 und die Schwelle 8/28 verhindert.

Die Lasten aus den Deckenbalken werden über den oberen horizontalen Riegel (Rähm) in die Wand abgeleitet.

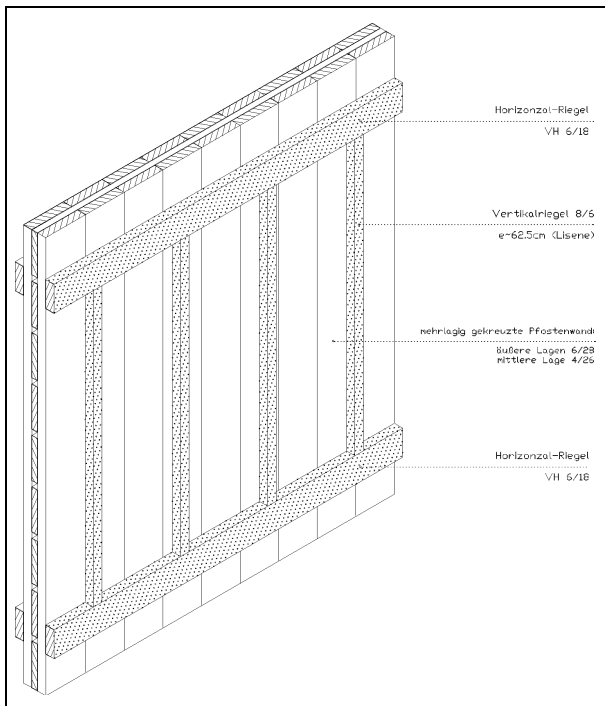


Abb. 5.18: Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten

Die Anforderungen des Schallschutzes werden durch das Flächengewicht und hauptsächlich durch die beidseitig vorgesetzten Vorsatzschalen erreicht.

5.2.2 Einschalige Massivwand mit Mehrschichtplatte und stehenden Pfosten (MW5)

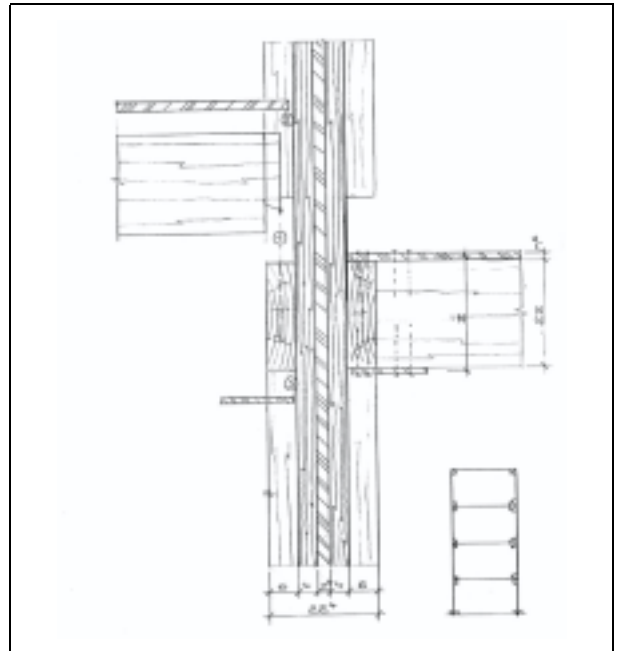


Abb. 5.19: Mischkonstruktion einschalige Pfostenwand, durch Skelett versteift, Mehrschichtplatte auf beiden Seiten mit stehenden Pfosten beplankt
Aufbauprinzip mit geschossdurchlaufenden Großtafelementen - Rohbau

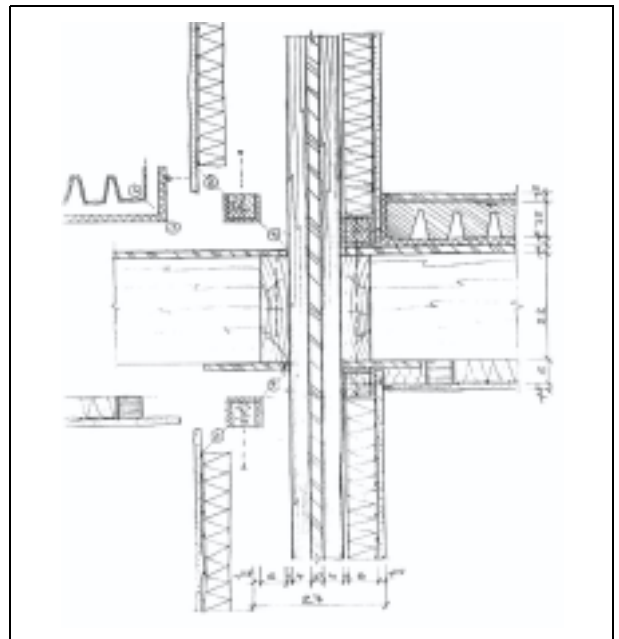


Abb. 5.20: Mischkonstruktion einschalige Pfostenwand - Ausbau

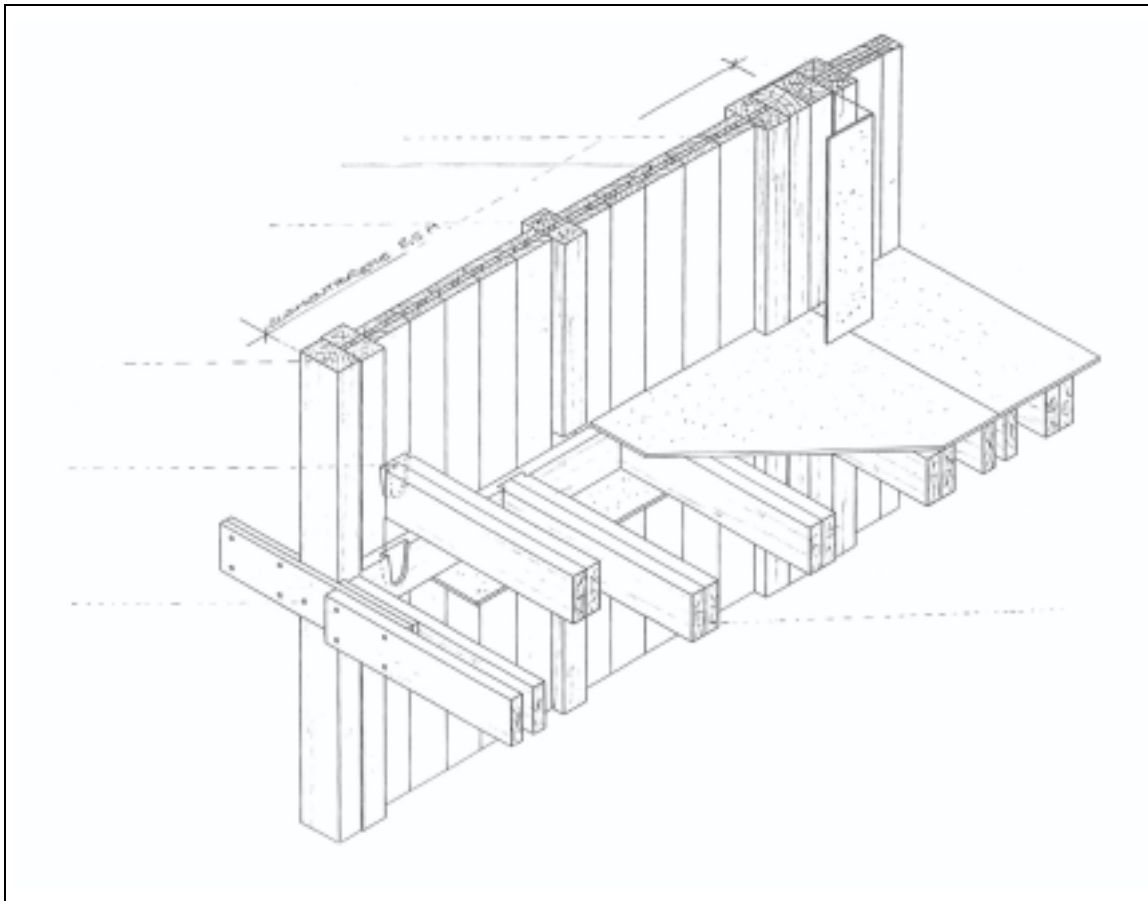


Abb. 5.21: Mischkonstruktion: Einschalige Pfostenwand, durch Skelett versteift
 Mehrschichtplatte auf beiden Seiten mit stehenden Pfosten beplankt
 Aufbauprinzip mit geschossthroughlaufenden Großtafelelementen

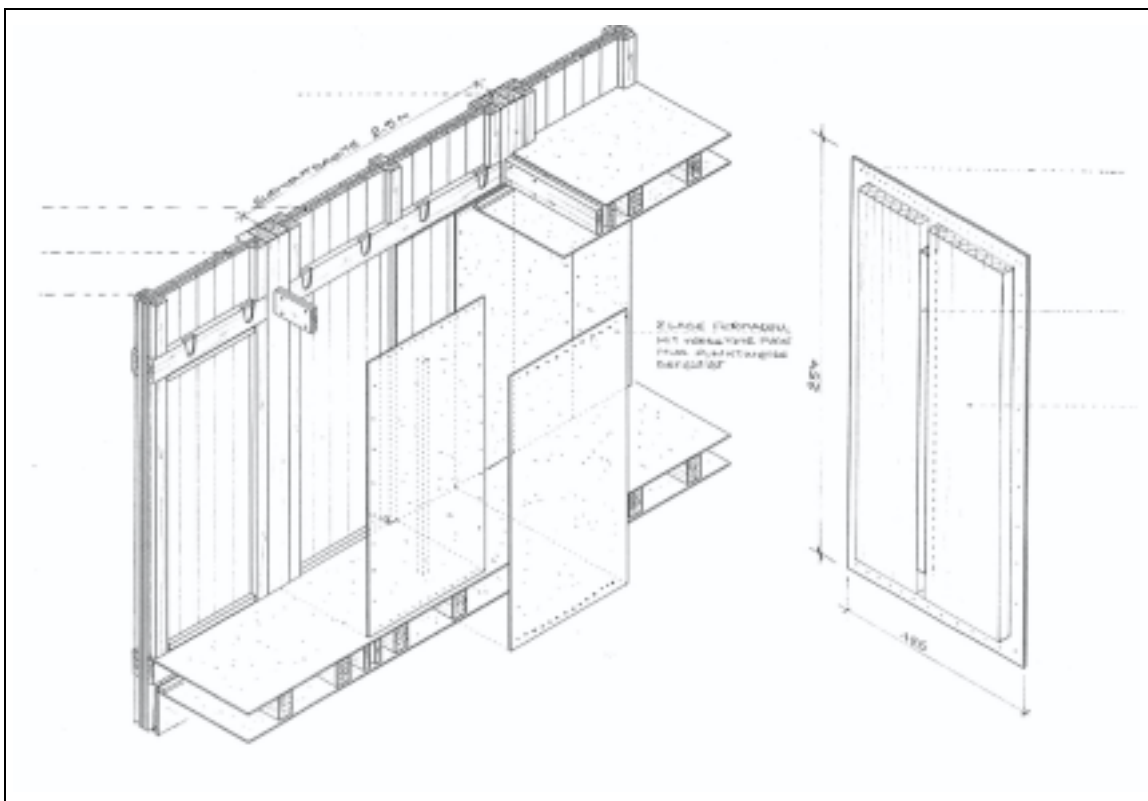


Abb. 5.22: Einschalige Massivwand mit Mehrschichtplatte und stehenden Pfosten

Im Kern besteht das geschossdurchlaufende Massivholzwandelement aus einer 20 bis 24 mm starken Dreischichtplatte, die beidseitig mit 4 cm starken Pfosten mechanisch verbunden ist. Weiters werden am Rand und in der Mitte beidseits Lisenen (8/8 Vollholz) mechanisch mit der 3-Schichtplatte verbunden, die durch 4 cm tiefe Ausklinkungen ein Auflager für die Auflagerzange bilden. Bei den Zangen kann, wenn die Gefahr des Verziehens besteht, durch seitliches Verleimen zweier Pfosten mit dem Querschnitt 4/24 die Formstabilität erhöht werden.

Querschnitt: geschossdurchlaufende, 20 mm dicke Dreischichtplatte, bei der die ca. 6 mm dicken Decklagen vertikal und die mittlere Lage horizontal verlaufen sollen. Die beidseits angeordneten geschossdurchlaufenden Lisenen 8/8 und die 40 mm dicken Pfosten werden ohne Spiel an der Dreischichtplatte befestigt.

6 Brandverhalten

6.1 Ausgangslage

Das Forschungsprojekt behandelt den verdichteten Wohnbau mit entsprechender Bebauungsdichte und entsprechenden Gebäudehöhen. Diese Situation findet sich unter anderem in Wien wieder. Wien hat seit kurzem eine ebenso auf diese Situation hinzielende Bauordnung. Die Wiener Bauordnung lässt grundsätzlich Holzbauten bis zu einer Höhe von fünf Geschossen zu.

Die Wiener Bauordnung wurde aus brandschutztechnischer Sicht überarbeitet, am 15. Dezember 2000 im Wiener Landtag beschlossen und ist im LGBl 2001/37 vom 16. April 2001 kundgemacht worden.

Nachfolgend eine Kurzfassung wichtiger den Holzbau betreffender Punkte:

Außenwände (§ 99/2 und 2a)

- € ebenerdig: fh (F30)
- € 2 Hauptgeschosse, nicht tragend: fh (F30)
- € 2 Hauptgeschosse, tragend: hfh (F60)
- € 3, oder 3+1 Hauptgeschosse: hfh (F60), Außenseite schwer brennbar
- € 4+1 Hauptgeschosse: hfh (F60), wenn das Erdgeschoss fb (F90) in den wesentlichen Teilen nicht brennbar ist, und die Dachgeschossaußenseite nicht brennbar oder das Dachgeschoss um mindestens 2 m zurückversetzt ist.

Hohlräume: Über mehrere Geschosse führende Hohlräume sind unzulässig, ausgenommen durch vorgehängte Fassadeteile bis zu 6 cm Tiefe (§ 99/2b).

Wohnungstrennwände und tragende Wohnungsinnenwände (§ 100/2 und 2a)

- € ebenerdig: fh (F30)
- € bis 3+1 Hauptgeschosse: hfh (F60)
- € 4+1 Hauptgeschosse: hfh (F60), wenn das Erdgeschoss fb (F90) in den wesentlichen Teilen nicht brennbar ist.

Brandwände (§ 101/3a)

- € Brandwände oder Branddecken: fb (F90) brennbar
- € Brandabschnitt max. 1.000 m² Summe über alle Geschosse
- € Brandabschnitt größer 1.000 m² mit Sprinkler und Alarmierung

Feuermauer (Nachbargrenze): fb (F90) nicht brennbar (§ 101/1)

Decken (§ 103/3, 4, 5)

- € über Keller: fb (F90) nicht brennbar
- € ebenerdig: fh (F30)
- € bis 3+1 Hauptgeschosse: hfh (F60)
- € 4+1 Hauptgeschosse: hfh (F60), wenn das Erdgeschoss fb (F90) in den wesentlichen Teilen nicht brennbar ist.

Abdichtung bei Feuchträumen (§ 103/8)

Zweiter Rettungsweg (§ 106/1a)

- € z.B. Zweiter Verbindungsweg, Feuerwehrlaternen, Fluchthilfen an der Außenwand
- € Parapetoberkante bis 13 m: Zugang mit Feuerwehrlaternen
- € Parapetoberkante höher als 13 m: Feuerwehrlaternen

Fluchtweglänge (§ 106/2)

- € Stiegen von Türen in Wohnungen max. 40 m

Boden-, Wand- und Deckenbeläge der Verbindungswege (§ 106/4a)

- € bis 2 Hauptgeschosse: keine Anforderungen
- € mehr als 2 Hauptgeschosse: schwer brennbar
- € mehr als 4+1 Hauptgeschosse¹: nicht brennbar

Laubengang (§ 106/4b)

offen und Fluchtmöglichkeit in zwei Richtungen » keine fh (F30) Fenster und Türen

Stiegen (§ 106/5)

- € bei einem Hauptgeschoss: fh (F30)
- € bis 3+1 Hauptgeschosse¹: hfh (F60)
- € 4+1 Hauptgeschosse¹: hfh (F60), wenn das Erdgeschoss fb (F90) in den wesentlichen Teilen nicht brennbar ist.

Löschwasserversorgung (§ 91/5)

- € 1,0 l je m² und Minute normal²
- € 1,5 l je m² und Minute bei Holz²

¹ Dachgeschoss ist Nebengeschoss

² bezogen auf die Fläche des größten Brandabschnitts

Installationsschächte (§ 96/1a)

Keine Übertragung von Feuer und Rauch während der für die jeweiligen Trennwände vorgeschriebenen Feuerwiderstandsdauer

Produkte (§ 97/7)

Es gilt die EWR-Anerkennungsklausel, d.h. Produkte oder Herstellungsverfahren, die in einem EWR-Staat entsprechend der gültigen Normen und technischen Vorschriften „rechtmäßig“ angewendet werden, können für Wien nicht ausgeschlossen werden. Es können höchstens ergänzende Tests vorgeschrieben werden.

Legende:

fh.....feuerhemmend (F30)

hfh.....hochfeuerhemmend (F60)

fb.....feuerbeständig (F90)

6.2 Auslegungsvorschlag der Stadt Wien

Senatsrat DI Ferdinand Schmid³ von der Magistratsabteilung 35B⁴ der Stadt Wien hat eine interne Richtlinie mit brandschutztechnischen Anforderungen an Wohn- und Bürogebäude mit hölzernen Tragkonstruktionen für das Magistrat der Stadt Wien erstellt und gestattet, sie in diesem Kontext abzdrukken. Aus Gründen der besseren Wiedererkennbarkeit wurde die ursprüngliche grafische Darstellung beibehalten.

3 seit 31. Jänner 2001 Senatsrat in Ruhe

4 Die Magistratsabteilung 35 existiert als eigenständige Magistratsabteilung nicht mehr und ist größtenteils in die Magistratsabteilung 37 eingegliedert

MA 35-B 58

Wien, 18. Dezember 2000

Wohn- und Bürogebäude mit hölzernen Tragkonstruktionen,
brandschutztechnische Anforderungen

A l l g e m e i n e s

1 Die nachfolgenden Richtlinien gelten für Gebäude mit hölzernen Tragkonstruktionen.

Sie gelten nicht für Klein-, Reihen- und Sommerhäuser.

Kursive Textstellen sind informativ.

(a) Gebäude mit brennbaren Baustoffen (in Form von Vollholz, Holzwerkstoffen, organischen Dämmstoffen etc.) sind vor allem aus folgenden Gründen gegenüber massiven Gebäuden in brandschutztechnischer Hinsicht gefährdeter:

Höhere Brandlast

Beteiligung an der Rauchgasentwicklung

Gefahr von Nachzündungen

Bildung von Glutnestern

Brandentstehung innerhalb der Konstruktion (Kurzschluß o.ä.)

Brandweiterleitung bzw. -einleitung über die Installation

(b) Aus diesem Grund sind im Sinne § 97 Abs. BO für Wien brandschutztechnische Anforderungen zu stellen, die über die reinen Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse der einzelnen Bauteile hinausgehen.

(c) Erschwerend kommt hinzu, dass derzeit noch für einige Bereiche wie Brandschutztüren, Installationsführung, Kabel- und Rohrabschottungen in Holzbauteilen etc. Verwendbarkeitsnachweise im gewünschten Umfang fehlen.

2 Nachweise

2.1 Bauteile

Die für die brandschutztechnisch relevanten Bauteile (Außenwände, Trennwände, tragende Scheidewände, „Trenndecken“, Stiegen und Brandschutztüren, etc.) geforderte Feuerwiderstandsklasse ist durch Prüfberichte bzw. Gutachten einer dafür akkreditierten Prüfstelle oder gemäß ÖNORM B 3800-4 nachzuweisen.

2.2 Brandschutztechnische Details

Brandschutztechnische Details gemäß den Punkten 3.2, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 7, 10.3, 11 und 12 sind womöglich zeichnerisch darzustellen und den Einreichunterlagen (§ 63 Abs. 1 BO für Wien) anzuschließen.

W ä n d e u n d D e c k e n

3 Allgemeines

3.1 Die folgenden Ausführungen gelten vor allem für „brandschutztechnisch relevante hölzerne Bauteile“:

- Außenwände
- Trennwände
- Tragende Scheidewände
- „Trenndecken“ (Decken unter- bzw. oberhalb von Wohn- oder Betriebseinheiten)

3.2 „Brandschutztechnisch ungeschwächte Bauteilebene“

Ein oder mehrere Bauteilschichten sollen in angrenzende „brandschutztechnisch relevante Bauteile“ möglichst weit hineinragen. Stumpf gestoßene Bauteilanschlüsse sind jedenfalls unzulässig.

Damit soll eine Brandrisikoerhöhung insbesondere in folgenden Fällen reduziert werden:

- *Brandweiterleitung durch vertikale oder horizontale Fugen bei Wand- bzw. Deckenanschlüssen oder im Bereich von Installationsdurchdringungen.*
- *Vorhandensein potentieller Entzündungsquellen im Bauteilinneren.*

3.3 „Fire stop“

Hohlräume in Bauteilen sind an den Enden durch mindestens 2 cm dicke Elemente aus Vollholz, Holzwerkstoffen oder Steinwolle (Rohdichte mind. 120 kg/m³) abzuschotten.

Diese Maßnahme soll die Weiterleitung von Feuer, aber vor allem von Rauch in angrenzende Bauteile hintanhalt.

3.4 Bekleidungen (Beplankungen)

3.4.1 Grundsätzlich sind „brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ anzustreben. Diese

müssen nichtbrennbare Oberflächen haben und sicherstellen, dass während der Brandbeanspruchung und der Abkühlphase die Temperaturen auf der Oberfläche der hölzernen Tragkonstruktionen unter 300° C bleiben, um eine Entzündung auszuschließen.

(a) Als wirksam sind vor allem Brandschutzplatten anzusehen, bei denen die Schutzwirkung über die Brandbeanspruchungsdauer erhalten bleibt (gilt z.B. für Brandschutzplatten aus Gips, bei denen ein Glasvlies eine frühzeitige Rissbildung verhindert).

(b) Bei Bekleidungen aus unterschiedlichen Werkstoffen kann die Rissbildung durch unterschiedliche Dehnungen im Brandfalle noch verstärkt werden.

(c) Die Gefahr bei der Verwendung brennbarer Bekleidungen liegt

- neben der höheren Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung und der schnelleren Ausbreitung von Feuer und Rauch vor allem im
- höheren Risiko des Eintritts einer Durchzündung (Flashover).

Gefährlich ist beim „Flashover“ neben den sprunghaft ansteigenden Temperaturen und der rasanten Brandausbreitungsgeschwindigkeit vor allem die Druckwelle, die durch eine Volumenvergrößerung um das 4-fache innerhalb einer Zehntelsekunde beim Entzünden brennbarer Gase entsteht (und damit auch die schnellere Verrauchung benachbarter Räume begünstigt).

3.4.2 Es sind mehrlagige Bekleidungen mit versetzten Fugen anzustreben. Beim Anschluß derartiger Bauteile untereinander sind die Stöße der Bekleidungen stufenfalsartig auszubilden.

3.4.3 Bei brandschutztechnisch relevanten einlagigen Bekleidungen sind die Stöße zu hinterlegen oder in geeigneter Weise zu schützen.

(a) Fugen erhöhen die Gefahr

- des lokalen Aufheizens des Hohlraums,*
- des Austretens von brennbaren Gasen und*
- des Durchtritts von Rauch und Gasen.*

(b) Bei hochfeuerhemmenden Bauteilen sollten akustische Federschienen nur bei zweilagiger Bekleidung eingesetzt werden.

3.5 Dämmstoffe

3.5.1 Nichtbrennbare Dämmstoffe mit ausreichend hoher Rohdichte und hohem Schmelzpunkt sind anzustreben, bei brennbaren Bekleidungen erforderlich.

3.5.2 Brennbare Dämmstoffe müssen ausreichendes Stehvermögen im Brandfalle (wie z.B. Zellulosefaserdämmstoffe) aufweisen.

Schwerbrennbarkeit ist anzustreben.

3.6 Hohlräume

Der Hohlraumquerschnitt ist mindestens zu 70 % mit Dämmstoff zu füllen.

Damit sollen Konvektionsflächen minimiert werden.

4 Wände

4.1 Außenwände

4.1.1 Außenwandverkleidungen sollten aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass bei auch nur teilweise brennbaren Außenwandverkleidungen sich der Wärmefluss aus einer im Vollbrand stehenden Wohnung derart vergrößert, dass innerhalb der Interventionszeit der Feuerwehr nicht nur das nächste, sondern auch darüber liegende Geschoße gefährdet sind.

4.1.2 Vorgehängte Fassaden

4.1.2.1 Vorgehängte Fassaden aus brennbaren Baustoffen bedürfen einer gesonderten Genehmigung, als Grundlage der Beurteilung ist ein Prüfbericht nach ÖNORM B 3800-3 Abschn. 4 erforderlich.

4.1.2.2 Brennbare Dämmstoffe sind unzulässig.

4.2 Deckenanschlüsse

Über flächigen Kontakt angeschlossene Tragelemente sind gegenüber Anschlüssen ausschließlich über Stahlformteile zu bevorzugen.

4.3 Brandschutztüren

Das Brandverhalten der Türen ist unter Berücksichtigung der Einbausituation (konkreter Wandaufbau) nachzuweisen (Punkt 2.1).

Prüfberichte können durch Gutachten einer dafür akkreditierten Prüf Stelle ersetzt werden, die sich auf Prüfergebnisse von Türen in Metallständerwänden beziehen, jedoch die konkrete Einbausituation berücksichtigen müssen.

Bei tragenden Holzstehern ist eine zusätzliche Beanspruchung im Brandfalle z.B. durch die Wärmeleitung der Zargensenkschrauben zu vermeiden.

Eine „Kapselung“ der Holzquerschnitte (Schutz vor Entzündung) z.B. durch Einlegen von Gipsplatten- oder Steinwollestreifen ist empfehlenswert.

5 Decken

Brandschutztechnisch relevante unterseitige Schichten sind im Bereich nichttragender Scheidewände durchgehend anzuordnen.

D a c h b e r e i c h

6 Brandabschnitt

§ 101 Abs. 3 lit. c BO ist zu beachten.

7 Traufenbereich

Der Traufenbereich ist so auszubilden, dass ein Brandüberschlag in den Dachraum hintangehalten wird.

Belüftungsöffnungen im Traufenbereich sind zu vermeiden bzw. nur im unbedingt notwendigen Ausmaß zulässig und in geeigneter Weise (z.B. durch aufschäumende Stoffe) zu sichern, um eine Brandübertragung in den Dachraum auszuschließen.

V e r b i n d u n g s w e g e

8 Beläge

Nichtbrennbare Boden-, Wand- und Deckenbeläge sind anzustreben.

Zumindest dürfen die folgend angeführten Brennbarkeits- bzw. Qualmbildungsklassen nach ÖNORM B 3800-1 bzw. B 3810 nicht unterschritten werden:

Gebäude	Max. 2 Hauptgeschoße	Mehr als 2 Hauptgeschoße
Gänge	B 1	B 1, Q 1
Stiegen	B 1	A

H a u s t e c h n i k

9 Allgemeines

Die haustechnischen Einrichtungen dürfen

- nicht zur Brandursache werden,
- den Feuerwiderstand der relevanten Bauteile nicht beeinträchtigen und

- die Übertragung von Rauch nicht begünstigen.

Vorteilhaft sind gedämmte „Vorwandinstallationen“ für die Leitungsführung, da sie eine

- brandschutztechnische Verbesserung der Bauteilanschlüsse bewirken und die

- Schalllängsleitungsämmung verbessern.

10 Elektrische Leitungen

Hinsichtlich der Errichtung elektrischer Anlagen in Gebäuden, die vorwiegend aus brennbaren Baustoffen bestehen, gibt TRVB B 115 (Brandschutz in Wohn- und Bürogebäuden) im Anhang A Hinweise.

10.1 Die Kabelführung ist so zu planen, dass die Anzahl der Bohrungen (Durchgang von Kabeln durch Holzbauteile) minimiert wird.

Als Ursache eines Brandes innerhalb von Bauteilen kommt in aller Regel nur die Fehlerleistung der installierten elektrischen Betriebsmittel (Kabelanlagen, Klemmstellen, Schalter u.ä.) in Verbindung mit einem Wärmestrom in Frage. Um die Wärmeübertragung vom Kabel etc. auf brennbare Materialien zu minimieren, genügt die Führung der Kabelanlagen in einfachen Blechkanälen.

10.2 Werden elektrische Leitungen durch brandschutztechnisch relevante Bauteile geführt und der Lochquerschnitt entspricht nicht annähernd dem Kabelquerschnitt, so muss der Restquerschnitt z.B. mit Gips zugespachtelt werden.

Bei der Durchführung gebündelter Leitungen (mehr als drei Kabel) sind Kabelabschottungen nach ÖNORM B 3836 (Brandverhalten von Bauteilen - Abschottungen von Kabeldurchführungen) in derselben Feuerwiderstandsklasse wie diejenige der Trennwände bzw. „Trenndecken“ zu verwenden. Im Eignungsnachweis muss die besondere Problematik hölzerner Konstruktionen Berücksichtigung finden.

10.3 Ständerwände

Steck-, Schalter- und Verteilerdosen in Ständerwänden dürfen nicht unmittelbar gegenüberliegend eingebaut werden. Im Bereich derartiger Einbauten muss die brandschutztechnisch notwendige Dämmschicht mindestens noch 30 mm dick sein, sofern nicht andere Maßnahmen wie z.B. Einhausung mit Brandschutzplatten getroffen werden.

Anzustreben ist eine Kapselung der Dosen mit Gipspachtelmasse ($d > 30$ mm).

11 Rohrleitungen

11.1 Beim Durchgang von Rohrleitungen durch brandschutztechnisch relevante Bauteile sind nachweislich geeignete Abschottungen - in derselben Feuerwiderstandsklasse wie diejenige des Bauteiles - zu verwenden.

Die Mehrzahl der auf dem Markt befindlichen Rohraberschottungssysteme darf nur für Wände aus Beton oder Mauerwerk einer bestimmten Dicke verwendet werden, jedoch z.B. nicht bei Leichtwänden. Systeme für Metallständerwände sind vielfach geeignet, wenn im Anschlussbereich eine Kapselung der Holzquerschnitte z.B. durch Einlegen von Gipsplatten- oder Steinwollestreifen vorgenommen wird.

11.2 „Rohrisolierungen“

Die brandschutztechnische Eignung brennbarer Dämmungen beim Durchgang von Rohrleitungen durch Bauteile ist gesondert nachzuweisen.

12 Installationsschächte

Installationsschächte müssen so beschaffen sein, dass im Brandfalle innerhalb der für Trennwände und „Trenndecken“ geltenden Feuerwiderstandsdauer die Übertragung von Feuer und Rauch in andere Wohn- oder Betriebseinheiten vermieden wird.

Hinweise enthält die Richtlinie MA 35-B 23 (Installationsschächte).

13 Feuerstätten und Verbindungsstücke

Hinsichtlich der Anordnung von Feuerstätten und Verbindungsstücken im Bereich brennbarer Baustoffe gelten die §§ 2 bis 5 der Wiener Feuerpolizeiverordnung 1988, LGBl. für Wien Nr. 5/1989.

Weitere Hinweise enthält TRVB H 105 (Feuerstätten für feste Brennstoffe).

14 Rauch- und Abgasfänge

Rauch und Abgasfänge müssen zu Bauteilen aus brennbaren Baustoffen und von Einbaumöbeln einen ausreichenden Abstand aufweisen.

Nähere Hinweise enthalten z.B. Zulassungen.

A l a r m i e r u n g s e i n r i c h t u n g e n

15 *Die Anordnung von sogenannten „Homemeldern“ gemäß ÖNORM EN ISO 12239 im Vorraum (Ausgangsbereich) und in den Aufenthaltsräumen wird empfohlen.*

Der Zusammenschluss von Homemeldern aus verschiedenen Bestandseinheiten ist nicht empfehlenswert.

L ö s c h w a s s e r v e r s o r g u n g

16 *Empfohlen wird eine Löschwassermenge von mind. 1,5 l je m² und Minute, bezogen auf die Fläche des größten Brandabschnittes.*

6.3 Beurteilung der erarbeiteten Varianten

Senatsrat DI Ferdinand Schmid¹ von der Magistratsabteilung 35B² der Stadt Wien, im Bauverfahren zuständig für den baulich-konstruktiven Brandschutz, wurde um eine Stellungnahme zu den untersuchten und entwickelten Konstruktionen gebeten. Aus dieser geht hervor, dass aus brandschutztechnischer Sicht die im Forschungsprojekt genannten Konstruktionen realisierbar sind.

MAGISTRAT DER STADT WIEN

MAGISTRATSABTEILUNG 35

Allgemeine baubehördliche Angelegenheiten

A-1200 Wien, Dresdner Straße 75, 4. Stock

Telefon: 4000

Telefax: 4000/99/92110

e-mail: post@m35.magwien.gv.at

MA 35-B/21-14/2000

Wien, 18. Dezember 2000

Bei Antwortschreiben bitte
Geschäftszahl anführen!

DVR: 0000191

Parteienverkehr:

Dienstag und Donnerstag

von 8.00 Uhr - 12.30 Uhr

Projekt „Spöttlgasse“, Brandschutztechnische Beurteilung von Wand- und Deckenaufbauten

Schöberl & Pöll OEG
Ybbsstraße 6/30
1020 Wien

Sehr geehrte Damen und Herren!

Im Sinne Ihrer Schreiben vom 20. Juni, 31. Oktober und vom 7. Dezember 2000 wird zum Brandverhalten von Wand- und Deckenaufbauten mit hölzernen Tragkonstruktionen wie folgt Stellung genommen:

I. Vorbemerkung:

1. Es ist heute unbestritten, dass Bauteile mit brennbaren Baustoffen (z.B. mit Holzkonstruktionen) Feuerwiderstandsdauern von 90 Minuten und mehr erreichen können. Dabei ist allerdings eine in brandschutztechnischer Sicht einwandfreie Planung, Ausführung, Nutzung (!) und Wartung Voraussetzung. Wenn man von grundsätzlichen Bedenken gegenüber Bauteilen mit brennbaren Baustoffen absieht (z.B. höhere Brandlast, Weiterbrand nach Ende der vorgesehenen Feuerwiderstandsdauer), bestehen derzeit eben Bedenken vor allem hinsichtlich einer nicht einwandfreien Ausführung und Nutzung.

¹ seit 31. Jänner 2001 Senatsrat in Ruhe

² Die Magistratsabteilung 35 existiert als eigenständige Magistratsabteilung nicht mehr und ist mit der Magistratsabteilung 37 verschmolzen.

Leider existieren noch keine verlässlichen Statistiken, die einen tatsächlichen Vergleich von Massivbauten und solchen mit hölzernen Konstruktionen hinsichtlich des Brandverhaltens (Brandentstehung, -verlauf etc.) ermöglichen. Aus den vorgenannten Gründen gibt es daher z.B. in Wien auf Grund des § 97 Abs. 1 der Bauordnung für Wien Beschränkungen bzw. zusätzliche Auflagen bei der Verwendung von Bauteilen mit hölzernen Konstruktionen.

2. Mit der internen Richtlinie zur Zahl MA 35-B 58 (siehe Beilage) wird der Versuch unternommen, brandschutztechnische Schwachstellen bei Wohn- und Bürogebäuden mit hölzernen Tragkonstruktionen zu erfassen.
3. Gemäß "Techniknovelle" der Bauordnung für Wien werden künftig Gebäude mit hölzernen Tragkonstruktionen in wesentlich größerem Umfang als bisher verwendet werden können. Bei Gebäuden mit mehreren Hauptgeschoßen gelten voraussichtlich folgende Anforderungen:
 - Außenwand: F 60 (Verkleidung außen mindestens B 1)
 - Trennwände und tragende Scheidewände: F 60
 - Decken:
 - Keller: F 90 (A)
 - Sonstige Decken: F 60
4. Die folgende Stellungnahme in Punkt II bezieht sich ausschließlich auf Wände und Decken. Hinsichtlich sonstiger brandschutztechnisch relevanter Details wird auf die interne Richtlinie zur Zahl MA 35-B 58 verwiesen.

In der Richtlinie wird allerdings nicht auf Maßnahmen eingegangen, die den Brandüberschlag von einem Geschoß in das nächste verzögern.

5. Nicht unerwähnt sollen in diesem Zusammenhang die sogenannten "Home-Melder" sein (siehe hiezu auch Punkt 15 der bereits mehrfach erwähnten internen Richtlinie zur Zahl MA 35-B 58). Dabei handelt es sich um sogenannte Rauchmelder, die die Nutzer einer Wohn- oder Betriebseinheit frühzeitig von einem Brandausbruch informieren sollen (wobei ein derartiges System streng von einer Brandmeldeanlage im Sinne TRVB 123 zu unterscheiden ist). In der überwiegenden Zahl der Fälle sind Brandtote durch Rauch und nicht durch Flammeneinwirkung im Brandfalle ums Leben gekommen. Die Anordnung der Melder bezweckt eine drastische Verringerung der Zahl der Brandtoten.

Hiezu ist allerdings festzustellen, dass die Nützlichkeit von sogenannten Home-Meldern in Massivbauten genauso groß ist wie in Gebäuden mit hölzernen Tragkonstruktionen. Im letzteren Fall haben sie allerdings noch den zusätzlichen Vorteil, dass im Fall eines Entstehungsbrandes Rauchgase in andere Bestandseinheiten detektiert werden, die über Wände und Decken weitergeleitet wurden.

³ Die Stellungnahme wurde im Originaltext beibehalten, allerdings verweisen Fußnoten auf die entsprechenden Kapitel dieses Endberichts.

⁴ Zeichnerische Darstellung und Beschreibung siehe Kapitel 5.1.1

⁵ Zeichnerische Darstellung und Beschreibung siehe Kapitel 5.1.2

⁶ Zeichnerische Darstellung und Beschreibung siehe Kapitel 5.1.3

⁷ Zeichnerische Darstellung und Beschreibung siehe Kapitel 5.2.1 und 5.2.2

⁸ Zeichnerische Darstellung und Beschreibung siehe Kapitel 5.1.1, 5.1.2, und 7.3.1.5

⁹ Angaben über den Schall- und Wärmeschutz der Wiener Bauordnung. Durch die Novellierung der Wiener Bauordnung (LGBl 2001/37 vom 16. April 2001) sind die Daten nicht mehr aktuell.

¹⁰ Der vollständige Abdruck befindet sich im Kapitel 6.2 Auslegungsvorschlag der Stadt Wien.

6. Die derzeit noch in Wien geltenden Anforderungen hinsichtlich Brand-, Wärme- und Schallschutz mögen der beiliegenden internen Richtlinie zur Zahl MA 35-B 43 entnommen werden. Mit der schon erwähnten Techniknovelle werden sich Anforderungen an das Brandverhalten als auch an den Wärmeschutz ändern.
- II. Stellungnahme zum Dritten Zwischenbericht des Instituts für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau der Technischen Universität Wien vom Oktober 2000.³
1. Allgemeines
- 1.1 Die Ermittlung der Feuerwiderstandsklasse (Brandwiderstandsklasse nach ÖNORM B 3800-2) eines Bauteils kann entweder durch Bemessung nach ÖNORM B 3800-4 oder durch einen Brandversuch in einer dafür akkreditierten Prüfstelle erfolgen. In letzterem Falle werden allerdings Fragen der Brand- bzw. Rauchweiterleitung in andere Bauteile nicht erfaßt.
- 1.2 Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass bei tragenden Scheidewänden nur Anforderungen an das Brandverhalten, jedoch nicht hinsichtlich des Wärme- und Schallschutzes gestellt werden.
- 1.3 Es besteht gegen die in den nachfolgenden Punkten 2-4 genannten Konstruktionen des Dritten Zwischenberichtes bei Einhaltung der angegebenen Maßnahmen kein grundsätzlicher Einwand. Aus brandschutztechnischer Sicht gilt jedoch die folgende Reihenfolge (mit fallender Wertigkeit):
- Massive nichtbrennbare Oberflächen mit gleichwertigem Übergang zu anderen Bauteilen.
 - Abschottung aller Hohlräume am Ende eines Bauteils.
 - Nichtbrennbare Dämmstoffe
- 1.4 Baustoffe
- Nicht genormte brandschutztechnisch relevante Elemente sollten in der Ausschreibung genau beschrieben werden (gilt z.B. für Gipsfaserplatten).
- 1.4.1 Die Verwendung von Baustoffen der Brennbarkeitsklasse B 3 ist auszuschließen.
- 1.4.2 Zwischen Gipskarton-Bauplatten, Gipskarton-Feuerschutzplatten und Gipsfaserplatten bestehen brandschutztechnisch geringe Unterschiede. Ein Austausch bei gleichbleibender Dicke ist nicht immer möglich.
- 1.4.3 OSB-Platten
- Ohne näheren Nachweis sollten brandschutztechnisch relevante Platten den Typen 2, 3 bzw. 4 nach ÖNORM EN 300 (Dichte ³ 700 kg je m³) entsprechen.
- 1.4.4 Mineralisch gebundene Holzwolle-Dämmplatten
- Brandschutztechnisch relevante mineralisch gebundene Holzwolle-Dämmplatten sollten der ÖNORM B 6021 entsprechen und ohne näheren Nachweis eine Dichte von mindestens 350 kg je m³ aufweisen.
- 1.5 Verkleidungen
- 1.5.1 Stöße (Fugen) sollten Abschnitt 5.3 der ÖNORM B 3800-4 entsprechen.
- 1.5.2 Bei Zweilagigkeit sollten die einzelnen Lagen gegeneinander versetzt werden.
- 1.5.3 Verarbeitungsnormen wie z.B. die ÖNORM B 3415 sind einzuhalten.
- 1.5.4 Im Knotenbereich (Anschluß von Bauteilen untereinander) sind die Stöße dicht auszuführen und bei Zweilagigkeit der Verkleidung falzartig auszubilden. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine brandschutztechnisch richtige Stoßausbildung schallschutztechnisch problematisch sein wird. Eine Klärung - bei brandschutztechnisch problematischen, aber schallschutztechnisch unabdingbaren Konstruktionen - könnte durch einen Kleinbrandversuch herbeigeführt werden.
- 1.6 Außenwand
- 1.6.1 Außenwandverkleidungen sollten aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Brennbare

Verkleidungen sollten zumindest schwerbrennbar (Brennbarkeitsklasse B 1 nach ÖNORM B 3800-1) sein.

Dämmstoffe sollten nicht brennbar sein.

Grundsätzlich wäre bei Verwendung brennbarer Baustoffe ein Nachweis erforderlich, dass ein ausschließlich durch die Verwendung brennbarer Baustoffe bedingter Brandüberschlag in angrenzende höhere Geschoße nicht möglich ist.

1.6.2 Auf mögliche brandschutztechnische Schwachstellen im Bereich der Fenster (Rolladen- kisten etc) und Türen ist zu achten.

1.7 Metallische Verbindungsmittel

Bei metallischen Verbindungsmitteln ist im Brandfalle die Hitzweiterleitung zu beachten. Insbesondere gilt:

1.7.1 Das Durchnageln mehrerer Verkleidungsschichten ist weitgehend zu vermeiden.

1.7.2 Schrauben sind mit Brandschutzplatten abzudecken.

2. Wände

2.1 Holzrahmenbauwände

2.1.1 RW2 (Seite 16 bis 17)⁴

- Der über mehrere Geschoße durchgehende Luftraum zwischen den beiden Wandschalen ist brandschutztechnisch ungünstig.
- Die Brennbarkeitsklasse der Holzfaserdämmplatte wäre zu klären.
- Im Knotenbereich (Anschluß von Bauteilen untereinander) sind die Stöße dicht auszuführen und bei Zweilagigkeit falzartig auszubilden. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine brandschutztechnisch richtige Stoßausbildung schallschutztechnisch problematisch sein kann.
- Die Gleichung $F 30 + F 30 = F 60$ ist nicht immer korrekt, da in der Regel die zweite Schicht bereits thermisch vorgeschädigt wird.

2.1.2 RW3 (Seiten 18 und 19)⁵

- Die Brennbarkeitsklasse der Holzfaserdämmplatte wäre zu klären.
- Im Knotenbereich (Anschluss von Bauteilen untereinander) sind die Stöße dicht auszuführen und bei Zweilagigkeit falzartig auszubilden. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine brandschutztechnisch richtige Stoßausbildung schallschutztechnisch problematisch sein kann.
- Auf Seite 19 müsste es in der Zeichnung rechts unten offensichtlich an Stelle von RW1 RW3 lauten.

2.1.3 RW4 (Seiten 20 und 21)⁶

- Für die Feuerwiderstandsklasse F 60 wären zwei Lagen 12,5 mm Gipsfaserplatten erforderlich. Die vorgesehene Variante (12,5 mm Brandschutzplatte auf 100 mm Holzwolle-Dämmplatte) bedarf eines brandschutztechnischen Eignungsnachweises. Ein derartiger Nachweis ist nicht erforderlich, wenn entweder
 - (a) die Brandschutzplatte so befestigt wird, dass sie innerhalb von 30 Minuten im Brandfalle nicht abfällt, oder
 - (b) die mineralisch gebundene Holzwolle-Dämmplatte einen raumseitigen Porenverschluss mit mineralischen Bindemitteln aufweist.
- In beiden Fällen ist dennoch eine geeignete Befestigung der mineralisch gebundenen Holzwolle-Dämmplatte an der OSB-Platte erforderlich.

- Die Brennbarkeitsklasse der Holzfaserdämmplatte wäre zu klären.
- Im Knotenbereich (Anschluss von Bauteilen untereinander) sind die Stöße dicht auszuführen und bei Zweilagigkeit falzartig auszubilden. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine

brandschutztechnisch richtige Stoßausbildung schallschutztechnisch problematisch sein kann.

- Auf Seite 21 müsste es offensichtlich in der Zeichnung rechts unten anstelle von RW3 RW4 heißen.

2.2 Massivholzwände MW 3-5 (Seiten 23 bis 33)⁷

- Im Knotenbereich (Anschluss von Bauteilen untereinander) sind die Stöße dicht auszuführen und bei Zweilagigkeit falzartig auszubilden. Hier ist zu berücksichtigen, dass eine brandschutztechnisch richtige Stoßausbildung schallschutztechnisch problematisch sein kann.
- Die vorgesehene Verkleidung aus 12,5 mm Gipsfaserplatte und 60 mm mineralisch gebundene Holzwolle-Dämmplatte wäre bei Verwendung entsprechender Materialien und einer brandschutztechnisch geeigneten Befestigung sowie einer geeigneten Knotenausbildung (siehe hierzu den vorstehenden Einschub) kein Problem. Sollte aus schallschutztechnischen Problemen eine entsprechende Befestigung der Platten sowie eine brandschutztechnisch geeignete Kapselung im Knotenbereich nicht möglich sein, müsste erforderlichenfalls ein Nachweis unter Berücksichtigung der Feuerwiderstandsdauer der Verkleidung (Zeitpunkt bis zum Abfallen der Verkleidung und Abbrand der Massivholzwand -unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit) geführt werden.
- Auf die brandschutztechnisch richtige Ausbildung der Verbindung der Massivholzwandelemente untereinander wird hingewiesen (Fugenabdeckung, Schutz der Schrauben).

3. Decken RD1 bis 4 (Seiten 17, 19, 21, 22 und 28)⁸

Beim gegenständlichen Bauvorhaben ist eine Ausführung in der Feuerwiderstandsklasse F 60 (hochfeuerhemmend) erforderlich.

3.1 Brandbeanspruchung von unten

Die geforderte Feuerwiderstandsklasse kann wie folgt erreicht werden:

- Anordnung von 2 x 12,5 mm Gipsfaserplatten oder dergleichen.
- Anordnung von Verkleidungen gemäß ÖNORM B 3800-4 Abschnitt 5.3.
- Beurteilung der Gesamtdecke nach den Grundsätzen der ÖNORM B 3800-4 unter Berücksichtigung der Erhaltung der Tragfähigkeit.

3.2 Brandbeanspruchung von oben

Auch hier muss die Erhaltung der Tragfähigkeit (unter Beachtung von ÖNORM B 4100-2 Abschnitt 2.3.4.6) gewährleistet sein.

Beläge:

(a) Auf höhere Anforderungen z.B. im Bereich der Stiege wird hingewiesen.

(b) Ein Austausch des Belages (z.B. eines Holzfußbodens) ist unter Umständen von Einfluß auf das Gesamtverhalten der Decke.

RD1 und 3:

Die Betonplatten sind knirsch zu stoßen.

RD2:

Der Fußbodenaufbau ist vermutlich für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse F 60 ausreichend, für eine abschließende Beurteilung wäre jedoch das genaue Material der einzelnen Schichten bzw. deren Abbrandraten (siehe hierzu auch Abschnitt 5.1 der ÖNORM B 3800-4) erforderlich.

In diesem Zusammenhang wäre auch zu klären, ob im Sinne des angegebenen Aufbaus auf Seite 22 die innere Schichte der Sandwich-Platte aus einer Holzfaserverplatte oder aus einer Holzwolle-

Dämmplatte (gemäß letztem Absatz) besteht.

RD4:

Auch hier ist der Fußbodenaufbau vermutlich für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse F 60 ausreichend, doch ist eine abschließende Beurteilung erst nach Kenntnis des Brandverhaltens des Fertigparketts (Abbrandrate) bzw. der Fließestrichkonstruktion (Profilierung!) möglich. Selbstverständlich ist für einen Fußbodenaufbau gemäß Ihrem Schreiben vom 7. Dezember 2000 (5 cm Splitt, Glaswolle TDP 35/30 und 5 cm Fließestrich) ein Nachweis nicht erforderlich, dabei wird ein nichtprofilierter Estrich vorausgesetzt.

Auch hier ist dem Knoten (Übergang Fußbodenkonstruktion zur Wandverkleidung) hinsichtlich eines möglichen Einbrandes besondere Beachtung zu schenken.

Bemerkt wird:

A: Das gegenständliche Schreiben wird auch per e-mail übersandt werden.

B: Vorsorglich wird darauf aufmerksam gemacht, dass Trennwände gemäß § 100 Abs. 3 BO für Wien zwischen Wohnungen bzw. zwischen Wohnungen und Verbindungswegen ein bewertetes Schalldämm-Maß R_w von mindestens 58 dB (zwischen Wohnungen und Betriebseinheiten von 65 dB) aufweisen müssen.

Gemäß § 103 Abs. 3 BO für Wien gilt dies auch für Decken von Wohnungen und Aufenthaltsräumen, die überdies einen bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ von nicht mehr als 48 dB aufweisen müssen.

Wir informieren Sie, dass Ihre Daten im Zuge der Bearbeitung in unserem Protokoll und in unserer Textverarbeitung automationsunterstützt verarbeitet werden (§ 24 Datenschutzgesetz 2000).

Mit freundlichen Grüßen

Für den Abteilungsleiter:

Kl. 92171

Dipl.-Ing. Schmid

Senatsrat

Beilagen:

1. MA 35-B 43⁹
2. MA 35-B 58¹⁰

