



*Univ. Prof. Wolfgang Winter,
Institut für Tragwerkslehre und
Ingenieurholzbau,
TU Wien, A*

Wiener“misch“bau – Erdbebensicher Bauen

Wiener“misch“bau – Erdbebensicher Bauen

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. 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.

WANDSYSTEME				Montageprinzip		DECKENSYSTEME		
				GESCHOSSWEISE	GESCHOSSDURCHLAUFEND	DURCHLAUFEND	ZWISCHEN SCHOTTEN	
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

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

Beteiligt waren Forschungseinrichtungen, Planer, Behörden und des weiteren Holzbauunternehmen. Die Konsultanten wurden in den verschiedenen Arbeitsphasen in gruppen- und individuellen Projektbesprechungen zur Reflexion eingebunden.

In einem ersten Arbeitsabschnitt wurde das konstruktive Repertoire (Abb. 2.28) 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. In der Abb. sind berechnete Schallwerte angegeben.

D _{nTw} H ...Horizontal V ...Vertikal	Trennwand nicht durchgehend			Trennwand durchgehend		
	Leicht	Massiv zweischalig	Massiv einschalig	Leicht	Massiv zweischalig	Massiv einschalig
Leicht Decke nicht durchgehend						
Massiv						
Decke durchgehend	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> angeVS $\Delta R_w = 5\text{dB}$ freiVS $\Delta R_w = 10\text{dB}$ opt $\Delta R_w > 12\text{dB}$ </div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Annahme über den Beitrag der Fassaden: $R_{ff} = 65\text{dB}$ $R_{fd} \gg 65\text{dB}$ $R_{df} \gg 65\text{dB}$ </div>		
Massiv						

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

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 (siehe Abb. 8.1.1 und 8.3.2) und bezüglich Schallschutz (siehe Abb. 8.1.2 und 8.3.3) statisch-dynamischem Tragverhalten durchgemessen (siehe 8.5.1 und 8.5.5). Als Bauweise wurde die entwickelte Variante des handwerklichen Massivholzbaus ausgewählt (siehe Abb. 8.2.4). Die Messungen haben gezeigt, dass die Konstruktion die Schallschutzanforderung und die statisch-dynamischen Anforderungen erfüllt. Die Konstruktion zeigt ein ausgeprägtes plastisches Verhalten (siehe Abb. 8.5.5).

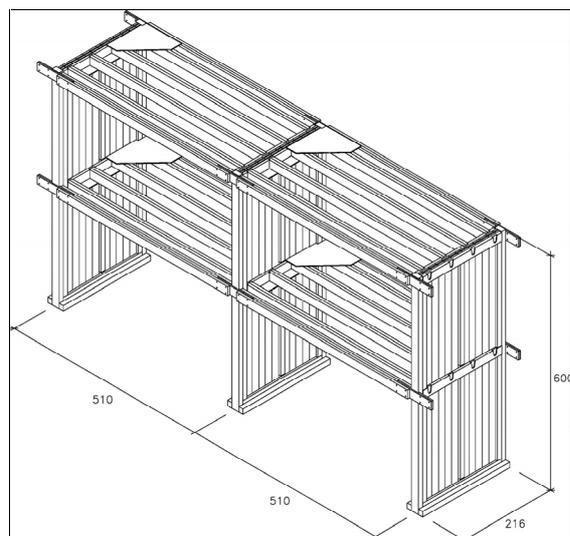


Abb. 8.1.1: Isometrische Darstellung des Prototyps



Abb. 8.3.2: Aufbau des Prototyps

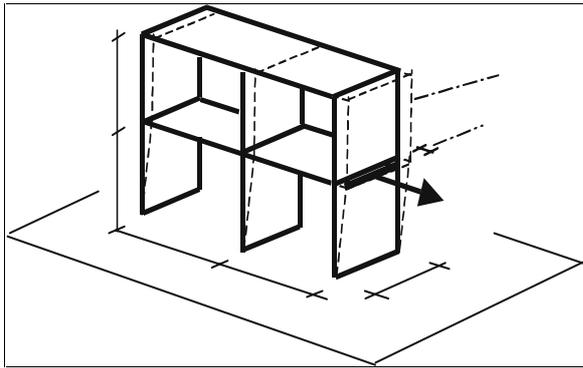


Abb. 8.5.1: Versuchsanordnung für statische Belastung



Abb. 8.3.3: Prototyp vor den Schallmessungen

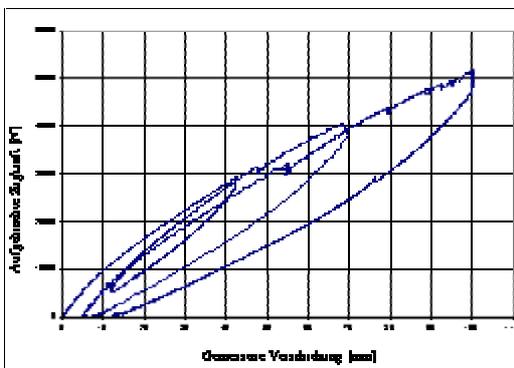


Abb. 8.5.5: Die Ergebnisse der statischen Belastung des Prototyps zeigen ein ausgeprägtes plastisches Verhalten (Kraftverschiebungsdiagramm für den Zustand 1)

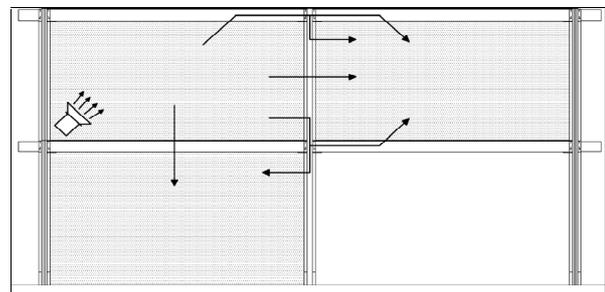


Abb. 8.1.2: Anordnung der Räume und Schallwege für die Schallmessungen am Prototyp

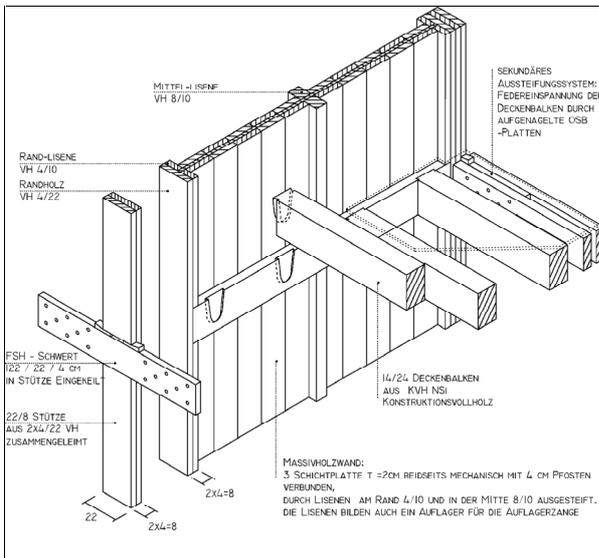


Abb. 8.2.4: Entwickelter handwerklicher Holzmassivbau des Prototyps (Montage des Rohbaus Knoten Wand – Decke mit Skelettstütze)

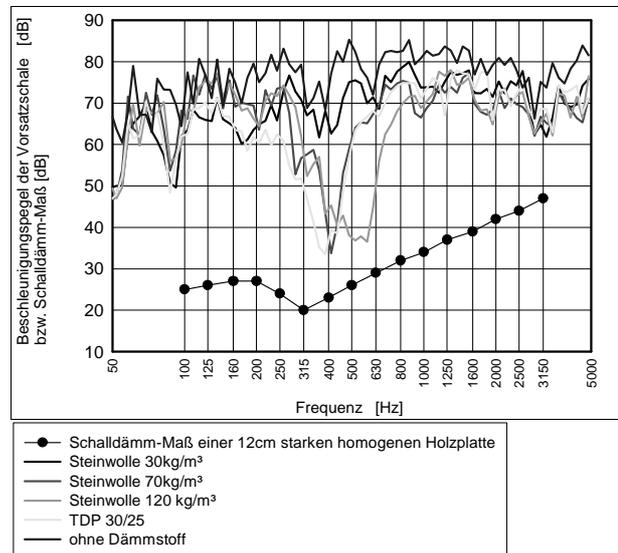


Abb. 5.25: Zusammenstellung der Beschleunigungspegel verschiedener Varianten einer Vorsatzschale und Gegenüberstellung mit dem Schalldämmmaß einer homogenen 12 cm starken Holzwand. Die signifikante Reduktion im Bereich von 250 bis 1000 Hz bei der Vorsatzschale mit gekoppelten Dämmschichten lässt insbesondere in Kombination mit einer massiven Holzwand, wo genau in diesem Bereich der Einbruch liegt, wesentlich bessere Schalldämmmaße erwarten.

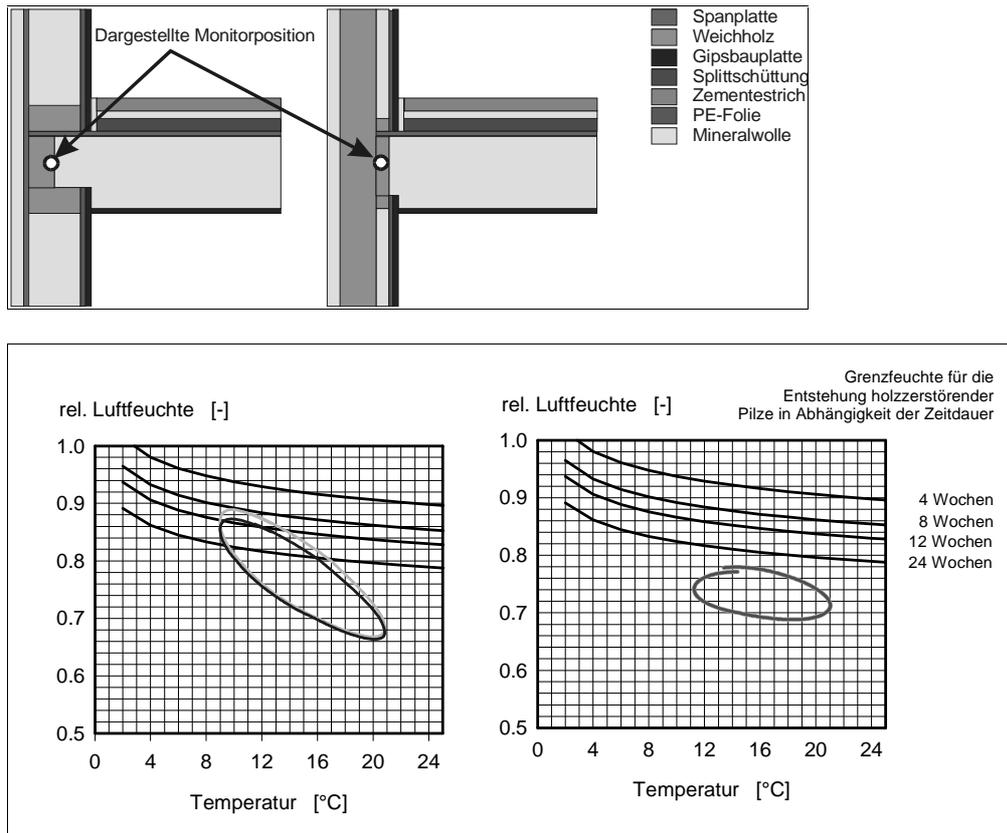


Abb. 3.51: Klimazustände an der kritischen Stelle des Anschlusses (Monitorposition) für den Rahmenbau (links) und der Pfostenwand (rechts) mit und ohne zusätzlicher Wärmedämmung; Innenklima: hohe Feuchtelast; Die Linien im oberen Bereich der Grafik geben die kritische Grenzfeuchte für die Entstehung holzerstörender Pilze in Abhängigkeit der Zeitdauer an. Bei der Pfostenwand (rechts) ist auch nach 24 Wochen hoher Feuchtelast keine Beeinträchtigung der Konstruktion zu erwarten. Beim klassischen Rahmenbau (links) könnte ohne Adaptierung der Konstruktion schon nach 8 Wochen hoher Feuchtelast die kritische Grenzfeuchte erreicht werden.

Erkenntnisse

Unter gleichen bauphysikalischen Anforderungen können sowohl die optimierten Rahmenbaulösungen als auch die entwickelten Massivholzwände mit den marktgängigen Betonmassivbauweisen kostenmäßig konkurrenzieren. (vgl. Tab. 7.6)

Die handwerklichen Massivholzlösungen können trotz des höheren Holzverbrauchs kostenmäßig mit den Rahmenbaulösungen mithalten. (vgl. Tab. 7.6)

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. (vgl. Tab. 7.6)

Bei entsprechenden Randbedingungen können vorgefertigte gebäudehohe Wandelemente geschosshohen Elementen kostenmäßig zumindest gleichwertig sein. Einzel verlegte vorbereitete Deckenbalken sind mit vorgefertigten Deckentafeln kostenmäßig vergleichbar. (vgl. Tab. 7.6 und 7.7)

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 (siehe Abb. 5.25).

Massivholzbau

Einschalige Wandkonstruktion mit vertikalen Pfosten und beidseitiger Vorsatzschale bei Montage mit haushohen Bauelementen.

Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten und verschiedenen Montageprinzipien (MW3, MW4)

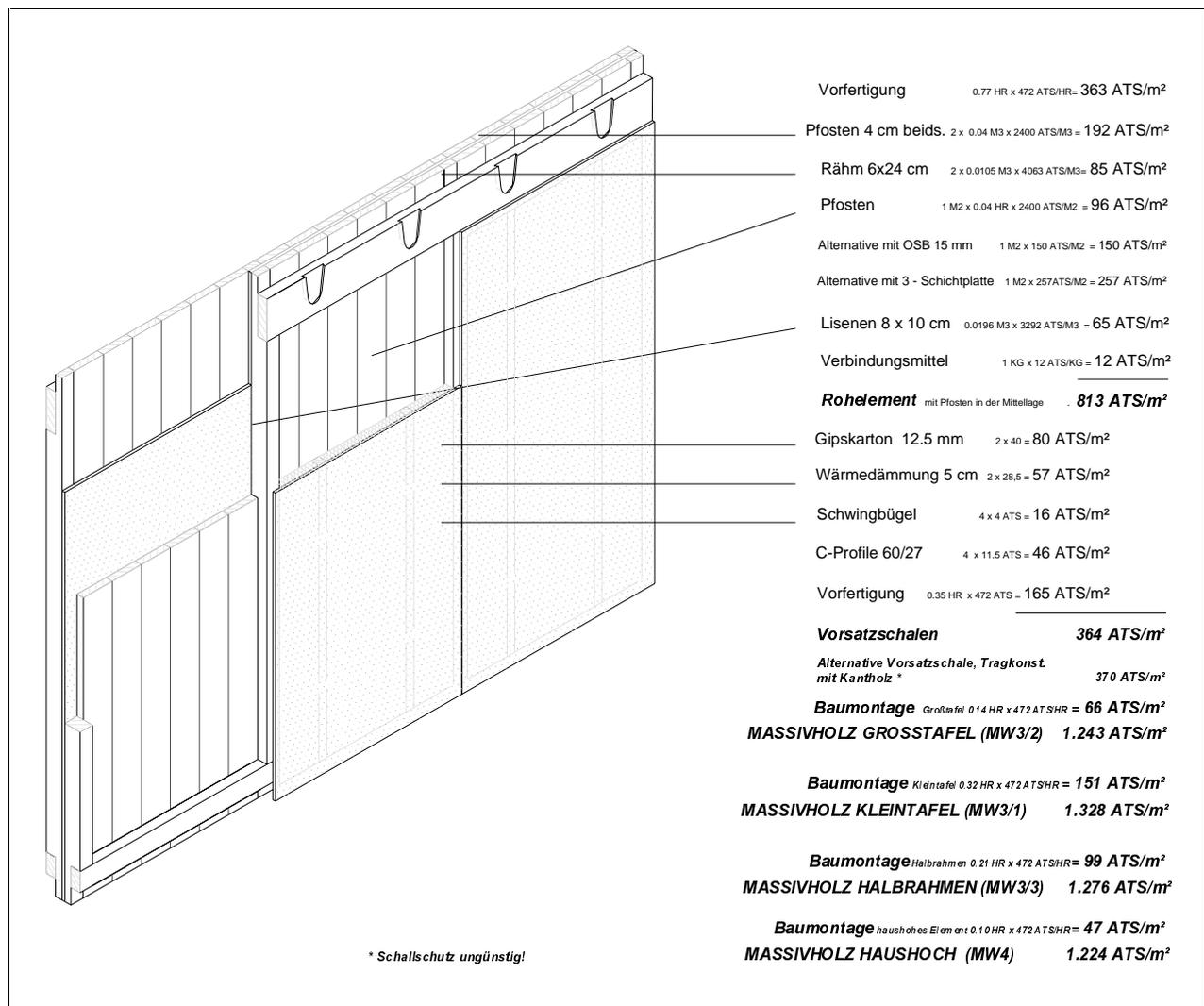


Abb. 7.10: Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten und verschiedenen Montageprinzipien (MW3, MW4)

Bez.	Tragwände (Wohnungstrennwände) Definition: Wand ohne Spachtelung, $U = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Kalkulationsansätze: Preisbasis 10/2000, exkl. USt., großvolumi	ATS/m ² Bauteil
	Holzrahmenbau	
RW2/1	Zweischalige Holzrahmenwand (eine Schale ATS 711,--/m ²)	1.422,--
RW3/1	Einschalige Holzrahmenwand mit versetzten Ständern	1.366,--
RW4/1	Einschalige Holzrahmenwand mit mittiger Scheibe	1.037,--
RWkb	System Kohlbacher (eine Schale ATS 631,--/m ²)	1.262,--
	Massivholzbauweise	
	Einschalige Holzmassivwand mit stehenden Pfosten	
MW3/1	mit geschosshohen Kleintafeln (Montage: ATS 151,--/m ²)	1.328,--
MW3/2	mit geschosshohen Großtafeln (Montage: ATS 66,--/m ²)	1.243,--
MW3/3	mit geschosshohen Halbrahmen (Montage: ATS 100,--/m ²)	1.276,--
MW4	mit gebäudehohen Großtafeln (Montage: ATS 47,--/m ²)	1.224,--
MW5	mit gebäudehohen Großtafeln mit Mehrschichtplatte und stehenden Pfosten	1.185,--
MWklh	System KLH	1.386,--
	Betonmassivbau	
BW1	Stahlbetonwand 20 cm mit einseitiger Vorsatzschale 4 cm WD	1.290,--
BW2	Mantelbetonmauerwerk 25 cm gesamt	1.179,--
BW3	Katzenberger Fertigteilwand 25 cm mit einseitiger Vorsatzschale 4 cm WD	1.083,--

Tab. 7.6: Gegenüberstellung der Errichtungskosten verschiedener Holz- und Betontragwände

Bez.	Decken Definition: Decke ohne Spachtelung Kalkulationsansätze: Preisbasis 10/2000, exkl. USt., großvolumiger sozialer Wohnbau	ATS/m ² Bauteil
	Holzbalkendecke	
	Rohdecke mit Untersicht (Federschiene mit 2 Lagen Gipskarton): 831,--	
RD1	mit Beschwerung auf Rohdecke und Trockenestrich (Aufbau: ATS 445,--/m ²)	1.276,--
RD2	mit leichtem, biegesteifen Sandwich-Trockenestrich (Aufbau: ATS 482,--/m ²)	1.313,--
RD3	mit elementiertem schwerem Trockenestrich (Aufbau: ATS 498,--/m ²)	1.329,--
RD4	mit Fließestrich in profilierter Pappschalung (Aufbau: ATS 477,--/m ²)	1.308,--
RD5	mit Fließestrich (Aufbau: ATS 372,--/m ²)	1.203,--
	Massivholzbauweise - Brettstapeldecke	
	Rohdecke montiert ohne Untersicht (Materialpreis ATS 5.486,--m ³): 949,--	
	Rohdecke mit Untersicht (Schwingbügel mit einer Lage Gipskarton): 1.111,--	
MD1	mit Zementestrich (Aufbau: ATS 407,--/m ²)	1.518,--
MDkb	Brettstapeldecke Kohlbacher Type D4-01	1.481,--
	Stahlbetondecke	
	Rohdecke, 18 cm: 784,--	
BD1	mit Zementestrich (Aufbau: ATS 401,--/m ²)	1.185,--

Tab. 7.7. Gegenüberstellung der Errichtungskosten verschiedener Holzdecken zur Stahlbetondecke

Alle Abbildungen aus:

Endbericht „Kostenbewusste Entwicklung von Bauweisen für den hochverdichteten Wohnungsbau in Holz unter besonderer Berücksichtigung künftiger Bauordnungen (am Beispiel einer 5-geschossigen Wohnanlage in Wien)“,
Forschungsprogramm Haus der Zukunft, Bereich Technologie- und Kompetenzentwicklung im Rahmen der Wirtschaftsbezogenen Grundlagenforschung
2001