



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

master's thesis

Konzeptionelle Entwicklung von Wand- und Deckenaufbauten mit Holzleichtbetonbestandteilen am Beispiel von Wohngebäuden in Österreich

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen
Grades

Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Associate Professor Dipl.-Ing. Dr.techn. Alireza Fadai

Institut für Architektur und Entwerfen

E 259.2 Abteilung für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

VON

Kathrin Schwaiger

Matr.-Nr.: 0825657

Auhofstraße 101-111/8/3

1130 Wien

Wien, am 29.05.2017

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen – die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 29.05.2017, Kathrin Schwaiger

Kurzfassung

Konkretes Ziel dieser Arbeit stellt ein optimierter Verbund von konventionellen Massivbausystemen, als tragende Schicht, und dessen Symbiose mit Holzleichtbeton, als sinnvoll eingesetztes Plattenelement, dar. Dabei werden drei Bausysteme im Kontext eines sechs geschoßigen Wohngebäudes in Wien auf dessen Kompatibilität mit Holzleichtbeton überprüft und aufgrund von weiteren architektonischen Aspekten bewertet. Die Wahl der Massivbauweise rührt einerseits daher, dass ein Wohngebäude, z.B. im Gegensatz zu einem Bürokomplex, die großflächige Flexibilität in der Grundrissgestaltung nicht benötigt. Wohnräume sind kleinteiliger und können sich in die Tragstruktur besser einfügen. Andererseits führt die Wahl einer Massivbauweise zu einer besseren Vergleichbarkeit, da insbesondere beim Mauerwerksbau und Stahlbetonbau die Massivbauweise die konventionelle Art des Bauens in diesem Kontext darstellt. Bei der Verwendung von Holzleichtbeton werden die aktuell am Markt vorkommenden, optimalen Produkte für den Einsatz als Fassadenelement, als Wandbekleidung, als Trockenestrich und als Montagedecke gesucht und bewertet.

Die ersten Kapitel umfassen die Grundlagen der Arbeit sowie den aktuellen Stand der Forschung in Bezug auf Holzleichtbeton und auf die vorherrschenden Massivbausysteme im österreichischen bzw. Wiener Wohnbau. Es werden Rahmenbedingungen geschaffen. Im nächsten Abschnitt wird versucht, die Nachteile der Bausysteme mithilfe von Holzleichtbeton aufzuzeigen und zu verringern. Weiters werden die drei Bausysteme mit zusätzlichen Instrumenten bewertet, um ein optimiertes System in dem gewählten Kontext zu finden. Insgesamt werden drei Bewertungsphasen durchlaufen. Diese sind als Erstes das Treffen einer Vorauswahl innerhalb der drei Bausysteme Holz, Stahlbeton und Mauerwerk, als Zweites die Bewertung der ausgewählten Massivtragsysteme und zuletzt eine Bewertung der Holzleichtbetonbestandteile. Zur Schaffung eines funktionierenden Raumes werden nicht nur Wand- und Deckenaufbauten, sondern auch die Bauteilanschlüsse mit Hilfe von Detailzeichnungen aufgezeigt.

Der letzte Abschnitt beinhaltet eine Zusammenfassung der Ergebnisse und einen Ausblick für mögliche, weiterführende Arbeiten. Die Ergebnisse zeigen vorallem eine gute Kompatibilität der Massivbauweise Brettsper Holz und dem Plattenelement Holzleichtbeton. Insbesondere bei thermischen und akustischen Eigenschaften, z.B. beim Schallschutz, bietet Holzleichtbeton der tragenden Schicht Brettsper Holz einen guten Partner. Der Ausblick zeigt, dass Holzleichtbeton als Verbundelement mit Holz, Beton oder sonstigen Materialien ein Potential aufweist, welches zum Teil auch schon genutzt wird.

Abstract

This master's thesis extends this research project by a conceptional development of wall and floor constructions by means of architectonically relevant aspects and the establishment of component connections.

Therefore three building systems in the context of a six-storey residential building in Vienna are tested and evaluated for its compatibility with wood-based concrete on the basis of further architectural aspects. The choice of the solid construction is due to the fact that a residential building, e.g. in contrast to an office complex, does not require large-area flexibility in floor plan design. Residential areas are smaller in size and can be better integrated into the supporting structure. On the other hand, the choice of a solid construction leads to a better comparability, since in the case of masonry construction and reinforced concrete, the solid construction represents the conventional type of building in this context. When using wood-based concrete, the optimal products which are currently on the market are searched for and evaluated for the use as facade elements, as wall coverings, as dry floors or as a mounting ceiling.

First of all and fundamentally in this thesis is to explore the existing resources of wood-based concrete as well as to explain the dominant structural systems in the Austrian or rather Vienna market of residential buildings. Furthermore the legal framework conditions are described. The next section attempts to demonstrate and reduce the disadvantages of building systems by means of wood-based concrete. A total of three evaluation phases are carried out. These are the first to make a pre-selection within the three construction systems of wood, reinforced concrete and masonry, the second is the evaluation of the selected solid support systems and, lastly, an evaluation of the wood-based concrete components. Further instruments will evaluate the three building systems in order to find an optimal system set into the chosen context. In order to create a functioning room, not only wall and ceiling constructions but also the component connections are visualized by detailed drawings.

The last section contains a summary of the results and an outlook for possible further research. The results present basically a good compatibility of solid wood constructions of plywood and wood-based concrete. Considering the thermal and acoustic characteristics (e.g. sound protection) wood-based concrete and the supporting layer plywood match ideally. The outlook shows that wood-based concrete as a composite element with wood, concrete or other materials has a potential and is already being used partially.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Methodik.....	2
2. Holzleichtbeton.....	13
2.1 Grundlagenermittlung.....	14
2.1.1 Geschichtliche Entwicklung.....	14
2.1.2 Marktsituation.....	15
2.1.2.1 Holzwolle-Leichtbauplatte (HWL-Platte).....	16
2.1.2.2 Zementgebundene Spanplatte.....	17
2.1.2.3 Holzspanbeton.....	18
2.2 Stand der Forschung.....	19
2.2.1 Eigenschaften.....	19
2.2.1.1 Festigkeit.....	19
2.2.1.2 Schallschutz und Raumakustik.....	19
2.2.1.3 Brandschutz.....	22
2.2.1.4 Wärmeschutz.....	22
2.2.2 Verwendung.....	24
2.2.2.1 Gebäudehülle.....	24
2.2.2.2 Innenraum.....	27
3. Mehrgeschoßiger Wohnbau.....	30
3.1 Rahmenbedingungen	30
3.2 Konventionelle Bausysteme.....	48
3.2.1 Allgemein.....	49
3.2.1.1 Geschichtliche Entwicklung.....	49
3.2.1.2 Derzeitiger Stand.....	49
3.2.2 Mauerwerk.....	51
3.2.2.1 Mauersteine.....	51
3.2.2.2 Mauermörtel.....	55
3.2.2.3 Eigenschaften.....	56
3.2.2.4 Systeme im Mauerwerksbau.....	57
3.2.3 Stahlbeton.....	63

3.2.3.1 Beton.....	63
3.2.3.2 Bewehrungsstahl.....	64
3.2.3.3 Spannstahl.....	65
3.2.3.4 Verbundwerkstoff Stahlbeton.....	65
3.2.3.5 Eigenschaften.....	66
3.2.3.6 Tragwerk.....	68
3.2.3.7 Tragsysteme.....	70
3.2.4 Holzbau.....	71
3.2.4.1 Eigenschaften.....	71
3.2.4.2 Klassifizierung.....	72
3.2.4.3 Systeme im Holzbau.....	73
3.2.5 Vorauswahl Bausysteme.....	77
3.2.5.1 Wand.....	79
3.2.5.2 Decke.....	131
3.3. Wand- und Deckenaufbauten.....	145
3.3.1 Wand.....	146
3.3.1.1 Tragendes Bausystem.....	147
3.3.1.2 Verwendung Holzleichtbeton.....	231
3.3.1.3 Detaillierung.....	254
3.3.2 Decke.....	255
3.3.2.1 Tragendes Bausystem.....	257
3.3.2.2 Verwendung Holzleichtbeton.....	333
3.3.2.3 Detaillierung.....	347
3.3.3 Bauteilanschlüsse.....	350
3.3.3.1 Detaillierung.....	350
4. Ergebnisse.....	354
4.1 Vorauswahl der Bausysteme.....	354
4.1.1 Bewertungssystem.....	356
4.1.2 Ergebnis – Wand.....	357
4.1.2.1 Mauerwerksbau.....	357
4.1.2.2 Stahlbetonbau.....	358
4.1.2.3 Holzbau.....	359
4.1.3 Ergebnis – Decke.....	360
4.1.3.1 Mauerwerksbau.....	360
4.1.3.2 Stahlbetonbau.....	361
4.1.3.3 Holzbau.....	362

4.2 Bewertung der tragenden Bausysteme – Wand.....	363
4.2.1 Bewertungssystem.....	363
4.2.2 Aspekt 1: Verbesserungen durch den Einsatz von HLB.....	365
4.2.3 Aspekt 2: Ökologische Bewertung	367
4.2.4 Aspekt 3: Aufwand und Chancen.....	368
4.3 Bewertung der tragenden Bausysteme – Decke.....	370
4.3.1 Bewertungssystem.....	370
4.3.2 Aspekt 1: Verbesserungen durch den Einsatz von HLB.....	372
4.3.3 Aspekt 2: Ökologische Bewertung.....	373
4.3.4 Aspekt 3: Aufwand und Chancen.....	374
4.4 Bewertung der tragenden Bausysteme – Wand und Decke....	376
4.5 Verwendung Holzleichtbeton.....	378
4.5.1 Bewertungssystem.....	378
4.5.2 Anwendungsbereich 1: Verlorene Schalung.....	380
4.5.3 Anwendungsbereich 2: Fassadenelement.....	381
4.5.4 Anwendungsbereich 3: Wandbekleidung / Montagedecke.....	382
4.5.5 Anwendungsbereich 4: Trockenestrich.....	383
4.6 Bewertung Holzleichtbeton.....	384
4.6.1 Anwendungsbereich 1: Verlorene Schalung.....	384
4.6.2 Anwendungsbereich 2: Fassadenelement.....	385
4.6.3 Anwendungsbereich 3: Wandbekleidung / Montagedecke.....	385
4.6.4 Anwendungsbereich 4: Trockenestrich.....	386
5. Diskussion der Ergebnisse.....	387
6. Zusammenfassung.....	390
6.1. Grundlagenermittlung.....	390
6.2. Ergebnisse.....	395
6.2.1 Vorauswahl der Bausysteme.....	395
6.2.1.1 Wand.....	395
6.2.1.2 Decke.....	396
6.2.2 Bewertung der tragenden Bausysteme.....	397
6.2.2.1 Wand.....	398
6.2.2.2 Decke.....	400

6.2.3 Verwendung von Holzleichtbeton.....	401
6.2.3.1 Holzleichtbeton als verlorene Schalung.....	401
6.2.3.2 Holzleichtbeton als Fassadenelement.....	402
6.2.3.3 Holzleichtbeton als Wandbekleidung.....	403
6.2.3.4 Holzleichtbeton als Montagedecke.....	404
6.2.3.5 Holzleichtbeton als Trockenestrich.....	405
7. Ausblick.....	406
8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis.....	408
9. Abkürzungsverzeichnis.....	421

1. Einleitung

Über viele Jahrhunderte diente Holz als nachwachsender Baustoff oftmals als Primärkonstruktion für unterschiedlichste Bauten. Um 1900 wurde in Mitteleuropa etwa die 10-fache Menge an Massivholz für Baukonstruktionen verwendet als heutzutage. Nach der Entwicklung von Stahlbeton Mitte des 19. Jahrhunderts, wurde weitestgehend auf Holz bei Bauten verzichtet.

Durch die Neubewertung der aktuellen Klimasituation in der heutigen Gesellschaft spielt der Energiehaushalt auch beim Bauen eine immer größere Rolle.¹ Der Energieaufwand für das Heizen und Kühlen von Gebäuden kann mittels konstruktiver Maßnahmen bei Neubauten als auch Sanierung bereits bestehender Objekte deutlich reduziert und optimiert werden. Vermehrt Materialien zu verwenden, die einen geringeren Energieverbrauch und CO₂-Emissionen während des gesamten Lebenszyklus besitzen, würde schon einen Teil dazu beitragen, die Umwelt zu schützen. Das ist einer der Gründe warum Holz in unterschiedlichster Zusammensetzung wieder an Bedeutung gewinnt. Holz besitzt auch weitere Vorteile wie ein gutes Raumklima und eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit im Gegensatz zu bspw. Beton. Seit dem Zweiten Weltkrieg gibt es in Österreich strikte Vorgaben zum Feuerwiderstand in Gebäuden. Das erklärt auch, warum bei mehrgeschoßigen Bauten in Wien für gewöhnlich nicht Holz verwendet wurde.²

Um die Vorteile des Holzes weiter zu nutzen, jedoch die Nachteile so gut wie möglich zu kompensieren, beschäftigt sich das Institut für Architekturwissenschaften, Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau im Zuge des vom FWF (Wissenschaftsfonds) geförderten Forschungsprojektes WooCon *"Wood-based concrete: building construction with composite elements of wood-concrete compound and timber"* mit der Entwicklung, dem praktischen Einsatz und der Optimierung von Verbundsystemen in ökologischer Holzleichtbetonverbundbauweise.

In der vorliegenden Diplomarbeit werden die bereits vom ITI und von Firmen bzw. Herstellern resultierenden Arbeiten und Ergebnisse um die in den folgenden Seiten erläuterten Themen erweitert. Es werden die derzeit am österreichischen Markt verfügbaren Holzleichtbetonplattenelemente auf dessen Einsatzmöglichkeiten überprüft.

1 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, Kurzfassung

2 vgl. Stahl 2011, S. 1

1.1 Problemstellung und Methodik

Hintergrund

Es existieren bereits Forschungsarbeiten, die die Produktion und Anwendung von Elementen mit zementgebundenen Holzpartikeln erläutern. Weiters gibt es einzelne Versuche von Holzleichtbeton zum Wärmedurchgangswiderstand, zur Schallabsorption, zum Brandschutz, zur Wärmeleitfähigkeit und bezüglich der Betondruckfestigkeit der Bauteile aus Holzleichtbeton. Daneben wurde nachgewiesen, dass Holzleichtbeton ein guter Lichtregulator im Innenraum ist. Mögliche Anwendungsbereiche wurden insbesondere im Teilprojekt 17 „*Holzbau der Zukunft*“ klar dargestellt.³ Besonders eine Holzleichtbeton-Verbundbauweise im Deckenbereich wurde oftmals in den vorangegangenen Diplomarbeiten experimentell und analytisch untersucht. Vereinzelt wurden auch Wände mit Holzleichtbetonbestandteilen erläutert, wie z.B. Wandbauarten mit Schalungssteinen. Die Ergebnisse der bestehenden Arbeiten und Forschungen zeigen oftmals rechnerische Aspekte und beziehen sich oft auf Standpunkte, die Tragfähigkeit, Schubverhalten, etc. beleuchten.

³ vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 3-106

Ziel und Zweck

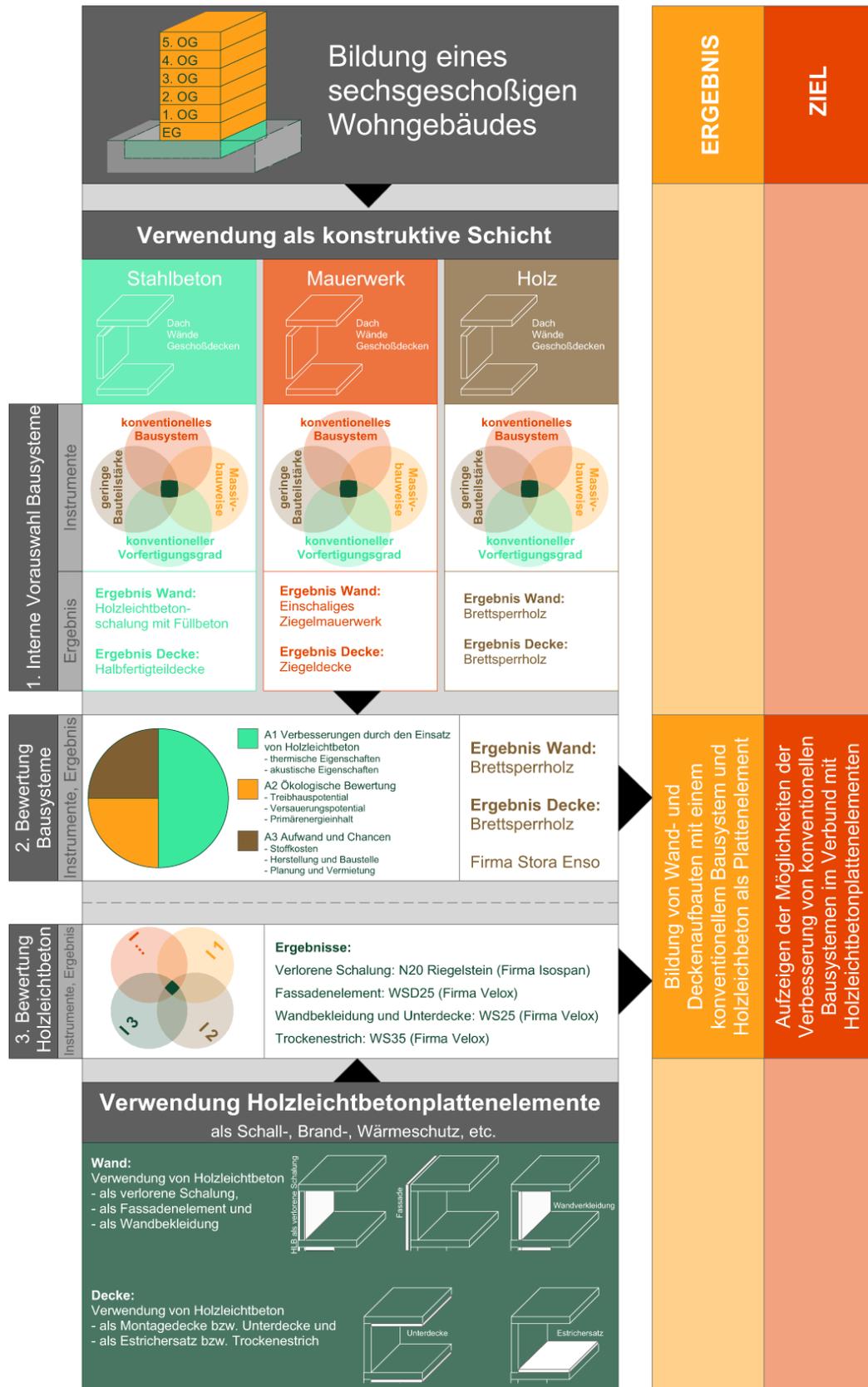


Abbildung 1: Übersicht

1.1 Problemstellung und Methodik

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einerseits die konventionellen Bausysteme Stahlbeton, Holz und Mauerwerk durch Holzleichtbetonbestandteile zu verbessern. Andererseits soll für beide Elemente, d.h. für das tragende System und für die umschließenden Plattenelemente die beste Verbund-Variante für den Kontext dieser Diplomarbeit gefunden werden. Das heißt, es wird ein Bausystem gemäß den gewählten Rahmenbedingungen mit den Holzleichtbetonbestandteilen verbunden,

Der Zweck dieser Arbeit ist es, eine sinnvolle Verbindung zwischen derzeit am österreichischen Markt vorkommenden Holzleichtbeton-Elementen und tragenden Massivbausystemen zu schaffen. Dabei wird vor allem die Reduzierung der Nachteile der Bausysteme durch den Baustoff Holzleichtbeton angestrebt. Somit wird die sinnvolle Verbindung von Holzleichtbeton und üblichen Bausystemen dargelegt. Dieses praxisnahe Zusammenspiel aus tragender Struktur (Bausystem) und Bekleidung (Holzleichtbeton) im Wohnbau und deren Bewertung durch verschiedene gesetzliche und architektonische Aspekte wurde noch nicht wissenschaftlich bearbeitet. Dies geschieht an einem konkreten Beispiel eines Wohngebäudes in Wien, Österreich. Im letzten Schritt werden die geschaffenen Ergebnisse von Wand- und Deckenaufbauten bzw. Bauteilanschlüsse durch Detailzeichnungen aufgezeigt. Diese Diplomarbeit schafft zusätzlich auch ein Beispiel für die praxisnahe Schaffung von akustisch und thermisch wertvollen Bauteilanschlüssen im Rahmen der österreichischen Gesetzeslage. Die Arbeit dient auch als Leitfaden, wenn mögliche Parameter oder Instrumente zur Bewertung von jedwedem Verbund zwischen Plattenelementen und konventionellen Bausystemen gesucht werden.

Forschungsfragen

Im Interesse der Diplomarbeit steht es, folgende formulierten Forschungsfragen mittels Hypothesen zu prüfen und letztlich im Abschlusskapitel mit den Ergebnissen zu beantworten.

Wie wurde die interne Vorauswahl der Bausysteme getroffen und zu welchem Ergebnis führen diese Entscheidungen?

Welches Bausystem kann durch Holzleichtbeton bestmöglich optimiert werden?

Welches Bausystem erzielt aus Umweltschutzgründen die besten Ergebnisse?

Welches der drei Bausysteme besitzt die am Standort Wien, Österreich, besten architektonisch relevanten Eigenschaften unter den gewählten Rahmenbedingungen?

Welche Instrumente sind schlussendlich ausschlaggebend für die Wahl eines Bausystems?

Welche Instrumente sind für die Wahl eines Holzleichtbetonbestandteiles von Bedeutung?

Welche Instrumente sind schlussendlich ausschlaggebend für die Wahl eines Holzleichtbetonbestandteiles?

Hypothesen

Die Einhaltung der unten genannten Hypothesen wird auch im letzten Kapitel ermittelt und analysiert.

Es zeigt sich, dass auch relativ neuartige Plattensysteme wie z.B. Holzleichtbeton, keine neuartigen tragenden Systeme brauchen, um sie einsetzen zu können. Stattdessen hilft Holzleichtbeton konventionellen Bausystemen deren Problemen zu minimieren.

Holzleichtbeton kann in diesem Kontext an verschiedensten Positionen im Bauwerk eine positive Wirkung erzielen und ist somit nicht explizit nur für den Innenraum oder als Fassade, für Wand oder Decke, etc. geeignet.

Methodik

Die vorangegangenen Fragen werden mithilfe einer SWOT-Analyse im Kapitel *Diskussion der Ergebnisse* bewertet. SWOT-Analyse ist eine Vorgehensweise um Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren (Strengths and Weaknesses, Opportunities and Threats) zur strategischen Planung mit dem Verbund von Bausystemen und Holzleichtbeton aufzuzeigen.

Zusammenfassung

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit besteht darin, Wand- und Deckenaufbauten und Bauteilanschlüsse in Massivbauweise mit Holzleichtbetonbestandteilen für den Wohnbau in Wien bzw. in Österreich zu schaffen.

Im nachfolgenden Kapitel werden die Grundlagen von Holzleichtbeton in Bezug auf die geschichtliche Entwicklung und die derzeitige Marktsituation aufgezeigt. Anschließend wird der aktuelle Stand der Forschung mit den Eigenschaften, der Verwendung, der Herstellung und der Bearbeitung von Holzleichtbeton dargelegt.

Diese Arbeit wird durch Rahmenbedingungen eingeschränkt. Das Kapitel 3.1 zeigt diesen gesetzlich möglichen Rahmen und bildet eine Tragstruktur mit möglicher Grundrisseinteilung, um die Bausysteme und die Holzleichtbetonelemente besser bewerten zu können. Die in dieser Arbeit behandelten Aspekte verhalten sich jedoch unabhängig von der Zimmeranzahl bzw. der Größe der Wohnung oder der Grundrissaufteilung. Die Grundrissaufteilung, die in Kapitel 3.1 Rahmenbedingungen vorgelegt wird, dient lediglich dem Nachweis der Möglichkeit der Bildung von Wohnungen innerhalb des Tragsystems.

Die für den Wohnbau in Österreich vorherrschenden Bausysteme sind der Stahlbeton-, der Mauerwerks- und der Holzbau. Dessen Grundlagen werden in Kapitel 3.2 erläutert und danach werden die Bausysteme mit Hilfe von Instrumenten bewertet und um eine geeignete Bauweise für Wände und Decken zu finden, die mit den Vorteilen von Holzleichtbeton die negative Aspekte der Bausysteme kompensiert. Dabei sollen Holzleichtbetonbestandteile nur dort eingesetzt werden, wo diese auch positive Effekte erzielen. Deshalb ist es auch ein Anliegen der vorliegenden Diplomarbeit, die dominierenden Bausysteme durch Holzleichtbeton zu verbessern.

Da bereits einige Ergebnisse bezüglich Holzleichtbeton (Druckfestigkeit, Schallabsorptionsfähigkeit, etc.) vorliegen, konzentriert sich diese Diplomarbeit auf weitere relevante Instrumente zu Bewertung, die folgend näher erläutert werden.

Bei der Schaffung eines Wohngebäudes kommen viele Projektbeteiligte (Planung, AuftraggeberIn, Baufirma, etc.) ins Spiel, denen auch die positiven Eigenschaften von Holzleichtbeton und dessen Verbund mit den dominierenden Bausystemen in deren Planung, Kostenersparnis, Mietflächenerweiterung, usw. zuteilwerden soll.

Instrumente zur Bewertung der Bausysteme sind u.a. die Kosten, die vermietbare Fläche sowie eine kurze Baustellenzeit durch z.B. Vorfertigung. Die maximal zulässige Höhe des Gebäudes (lt. Bebauungsplan) ergibt eine Vorgabe, die eingehalten werden muss, daher soll versucht werden so viele Geschoße wie möglich in diese Gebäudehöhe zu inkludieren ohne erdrückende Räume oder eine gesetzlich zu niedrige Raumhöhe zu schaffen. Die Planung und Einreichung sollten zur Kostenersparnis mit wenig Aufwand durchführbar sein. Überdies werden Instrumente wie Vorfabrikation, ein schnelles Aufbauen und die Wiederverwendbarkeit der Materialien berücksichtigt. Natürlich müssen die Bauteile eine gewisse Feuerresistenz, Schalldämmfähigkeit, etc. aufweisen.

Nach der Auswahl von einem der drei Bausysteme als tragendes Wand- und Deckenelement werden Holzleichtbetonelemente, die auf das ausgewählte Bausystem abgestimmt sind, ausgesucht und bewertet. Hierbei gelten wiederum Bewertungskriterien wie z.B. die Rohdichte als Marker für die Farbigkeit der Platten, die Kosten, etc. Anwendungsgebiete sind hierbei Holzleichtbeton als Fassadenelement, als Wandbekleidung, als Estrich-Ersatz und als Montagedecke. Die mit diesen Kriterien gewählten Produkte werden zusammen mit dem gewählten Bausystem in Bauteilanschlüssen vereint.

Das letzte Kapitel zeigt die Stärken und Schwächen der Ergebnisse dieser Diplomarbeit auf und legt den Ausblick auf eine mögliche weitere Forschung sowie auch auf Chancen und Risiken dar.

Bewertungssystem

Das Bewertungs- bzw. Punkteverteilungssystem unterscheidet sich in:

- das Treffen einer Vorauswahl innerhalb der Bausysteme
- die Bewertung der drei gewählten Bausysteme
- und die Bewertung der Holzleichtbetonbestandteile.

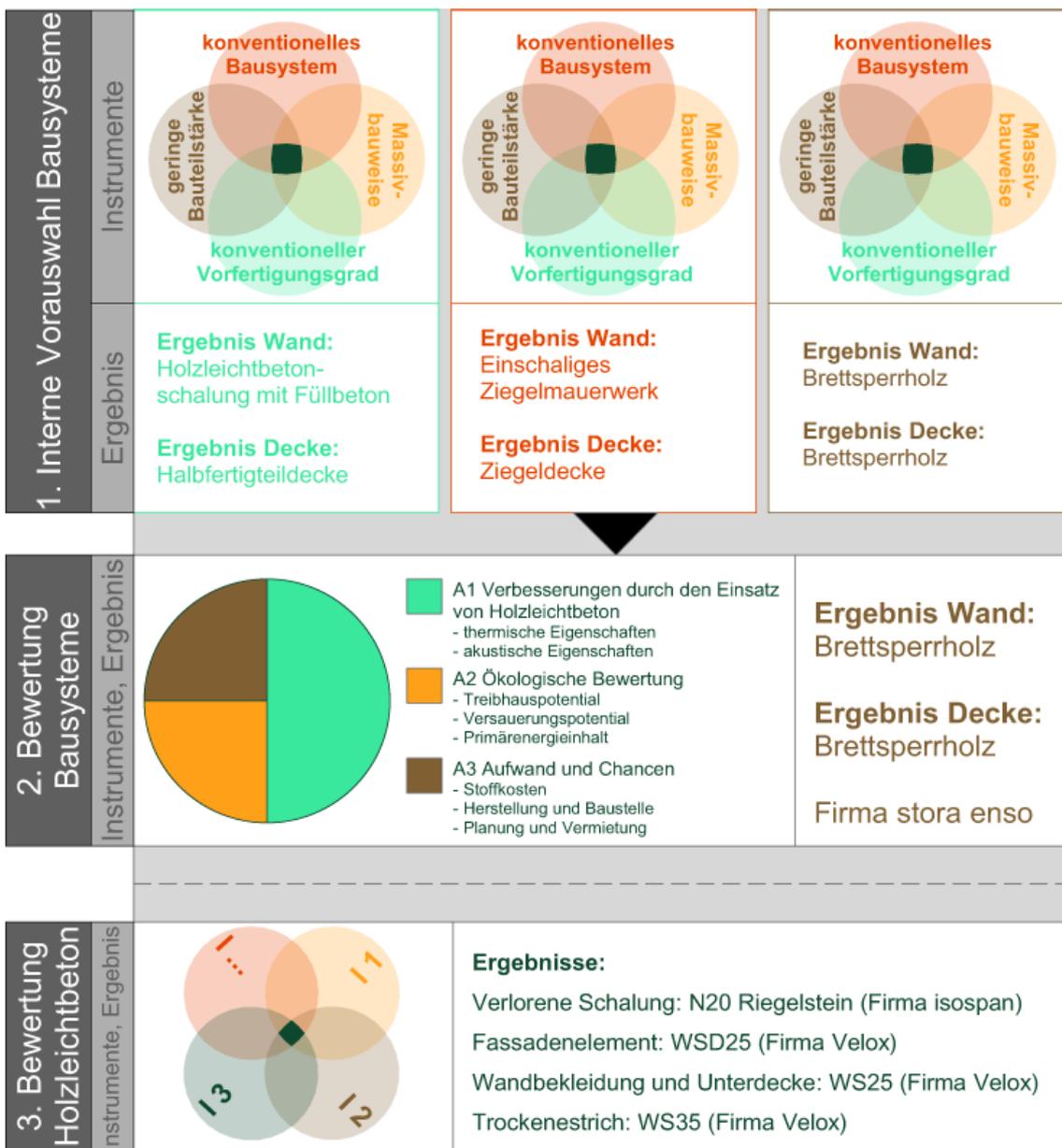


Abbildung 2: Übersicht Bewertungssystem

Vorauswahl Bausystem

Die interne Vorauswahl des Bausystems ist dahingehend wichtig, da jeder der drei Bausysteme, d.s. der Mauerwerksbau, der Stahlbetonbau und der Holzbau, allein betrachtet schon viele verschiedene Tragsysteme besitzen. Eine Entscheidung auf eines dieser Systeme ist zur klar ersichtlichen Vergleichbarkeit im nächsten Schritt obligat.

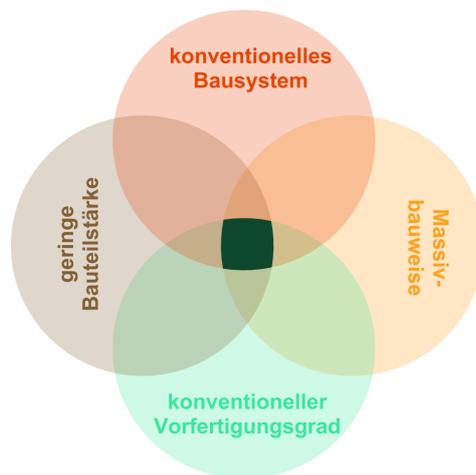


Abbildung 3: Entscheidungskriterien

Die Tragsysteme der drei Bausysteme Mauerwerk, Stahlbeton und Holz werden aufgrund von vier Entscheidungskriterien beurteilt. Das Bausystem muss ein konventionelles System sein. Die Kernhypothese dieser Arbeit ist, dass der Verbund von Holzleichtbeton, dem "ungewöhnlichen" Material, mit konventionellen Bausystemen sehr gut funktionieren kann.

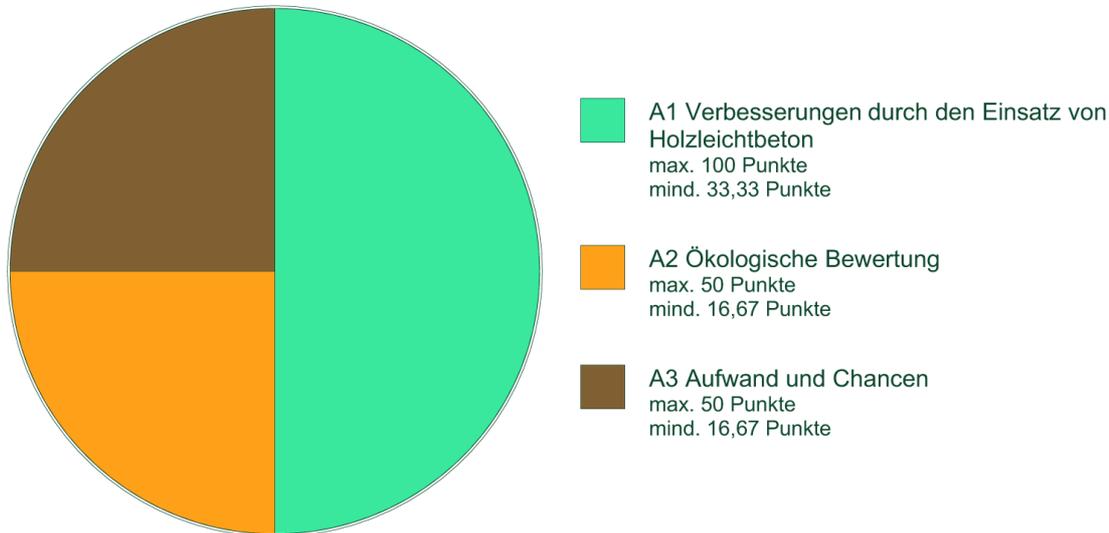
Ein weiteres Entscheidungskriterium ist die Notwendigkeit der Massivbauweise bei der Auswahl eines Bausystems. Der Grund hierfür ist, dass der Mauerwerksbau und zum größten Teil auch der Stahlbetonbau konventionell als Massivbauweise ausgeführt wird und Holz somit zur besseren Vergleichbarkeit mitziehen sollte. Weiter rührt die Entscheidung daher, dass ein Wohngebäude z.B. im Gegensatz zu einem Bürokomplex die großflächige Flexibilität in der Grundrissgestaltung nicht benötigt. Wohnräume sind kleinteiliger und können sich in die Tragstruktur von Massivbaustoffen besser einfügen.

Nicht nur das System selbst sollte konventionell ausgewählt werden, auch der Vorfertigungsgrad, im Fall verschiedener Möglichkeiten, sollte nach Gebräuchlichkeit gewählt werden. Es sollte die Variante gewählt werden, wodurch die geringste Bauteilstärke verwendet werden kann.

Es wird das System gewählt, welches diese Kriterien am besten erfüllt.

Bewertung Bausysteme

Nach der Vorentscheidung für ein jeweiliges System der einzelnen Bausysteme Mauerwerksbau, Stahlbetonbau und Holzbau, folgt die Bewertung.



Zur Bewertung der tragenden Schicht aus Mauerwerksbau, Stahlbetonbau oder Holzbau werden drei Aspekte herangezogen.

Der wichtigste Aspekt ist der erste, da er die Kompatibilität von Bausystem und Holzleichtbeton überprüft. Die Nachteile des Bausystems sollten mit den Vorteilen von Holzleichtbeton kompensiert werden. Die Instrumente dieses Aspektes sind der Wärmeschutz (z.B. der U-Wert) und der Schallschutz (z.B. das bewertete Schalldämmmaß), da hier Holzleichtbeton einen Verbesserungseffekt haben könnte. Dieser Aspekt verschafft die doppelte Anzahl an Punkten.

Der zweite Aspekt beinhaltet die ökologische Bewertung, die momentan eine wichtige Position in der Auswahl von Materialien spielt. Instrumente hierbei sind z.B. der erneuerbare und nichterneuerbare Primärenergieinhalt.

Die Bestandteile des dritten Aspektes „Aufwand und Chancen“ sind die Materialkosten, Aufwendungen für die Herstellung und die Baustelle sowie Erfordernisse zur Planung und zur Vermietung.

Diese Aspekte werden dahingehend bewertet, dass das Bausystem, welches die geringsten Punkte erhält, ein Drittel der Punkte des bestbewerteten Bausystems erzielt. Die Punktezahl ergibt sich aus der Wichtigkeit der Instrumente, z.B. Instrumente aus Aspekt 1: Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton besitzen eine höhere Wichtigkeit.

Bewertung Holzeichtbetonbestandteile

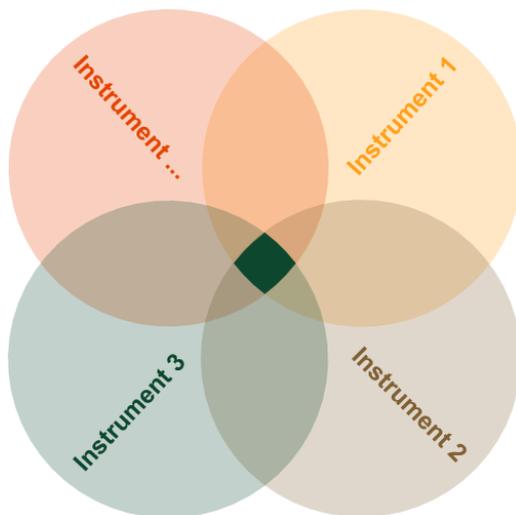
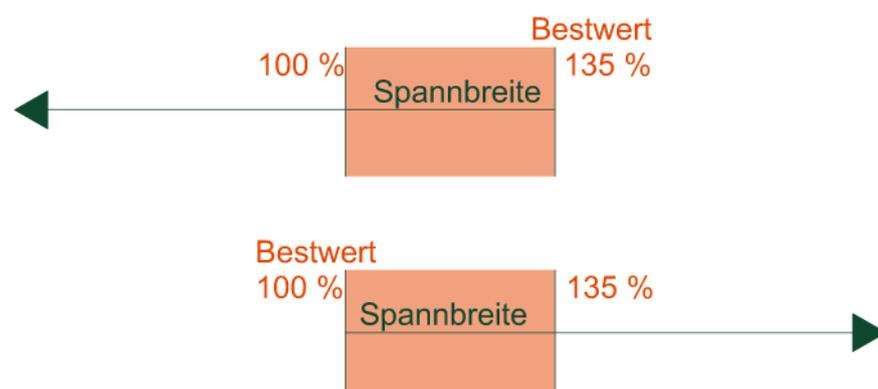


Abbildung 4: Bewertungskriterien

Holzeichtbeton wird in dieser Arbeit als verlorene Schalung, als Fassadenplatte, als Wandbekleidung, als Montageplatte und als Trockenestrich ausgeführt.

Die Bewertung dieser Holzeichtbetonbestandteile in den Wand- und Deckenaufbauten erfolgt mithilfe von Instrumenten. Diese Instrumente unterscheiden sich nach dem jeweiligen, oben genannten Anwendungsbereich von Holzeichtbeton. Beispiele der verwendeten Instrumente sind die Bauteilstärke, die Materialkosten, die Feuchtigkeitsresistenz, die konstruktiven Anforderungen, etc.

Es wird das System des gemeinsamen kleinsten Nenners verwendet. Dies bedeutet, dass die zu bewertenden Elemente bzw. Produkte der Holzeichtbetonfirmen nur weiter bewertet werden, wenn sie sich innerhalb einer Spanne von 35 % aufhalten. Weiter heißt dies, dass die Produkte alle Anforderungen bestehen müssen, um überhaupt verwendet werden zu können.



1.1 Problemstellung und Methodik

Ist der höchste Wert Bestwert, z.B. eine hohe Rohdichte von 960 kg/m^3 ist der Bestwert (135 %), wenn sich das Instrument mit der Feuchtigkeitsresistenz auseinandersetzt, dann befindet sich der Mindestwert bei 100 % gerundet. Liegt das Produkt darunter, scheidet es für die nächste Bewertung aus.

Die zweite Variante zeigt auf, falls der Bestwert der niedrigste Wert (100 %) ist, z.B. in geringer U-Wert (bessere Wärmedämmeigenschaften), endet die Spannweite bei 135 %, gerundet.

2. Holzleichtbeton

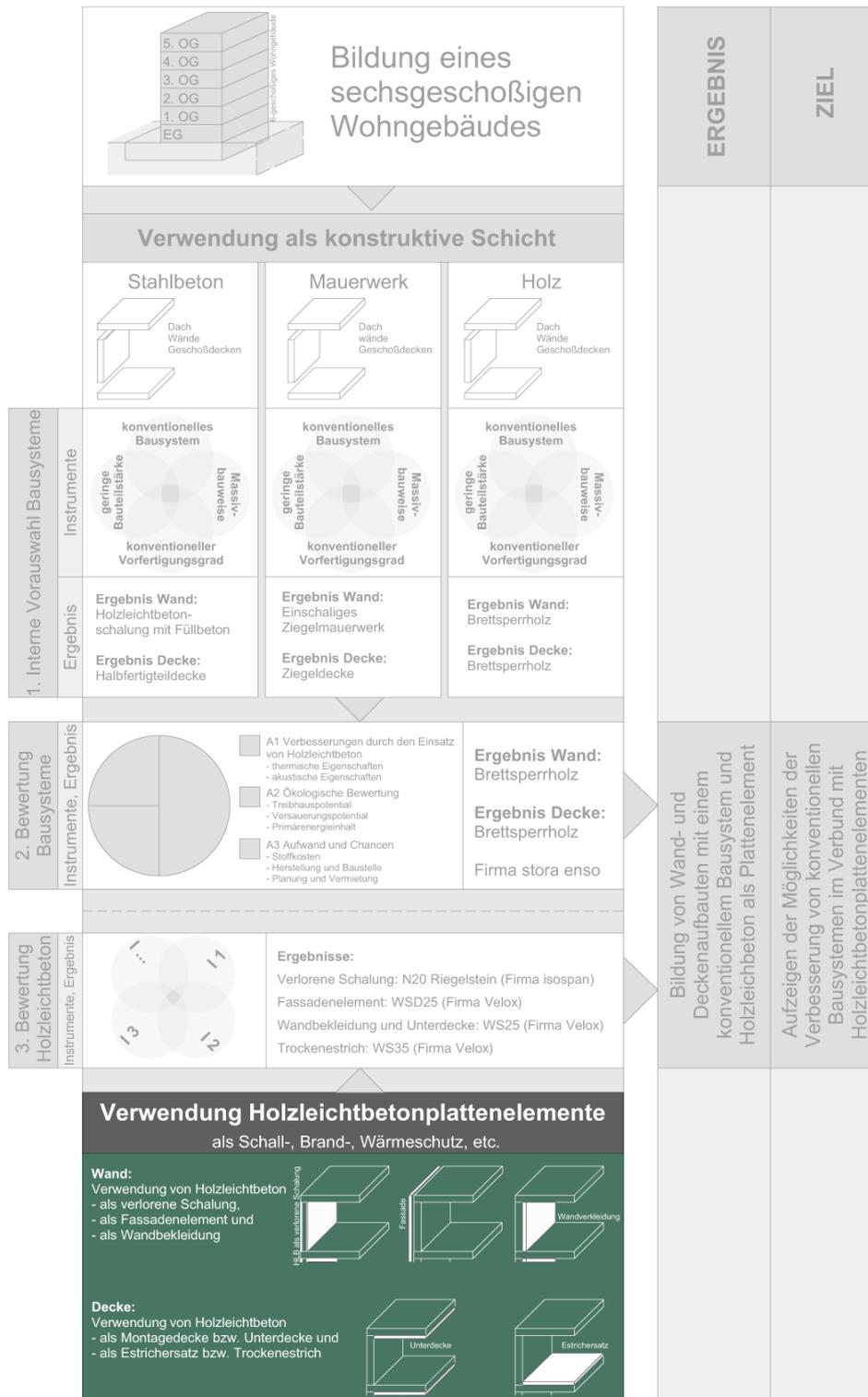


Abbildung 5: Übersicht Holzleichtbeton

Die Auseinandersetzung mit und Weiterentwicklung von Holzleichtbeton ist der wichtigste Teil dieser Diplomarbeit. Seine Eigenschaften wie auch Vor- und Nachteile werden in den folgenden Seiten dargestellt.

2.1 Grundlagenermittlung

Holzleichtbeton besteht aus einem Gemenge von Zement, Sägespänen bzw. -mehl, Wasser und Additiven und ist ein leistungsfähiger Verbundwerkstoff, der gemäß seiner Rohdichte zum Leichtbeton zählt.⁴ Der Leichtbeton besitzt infolge des größeren Porenraumes eine geringere Rohdichte als Normalbeton.⁵ Durch diese geringe Rohdichte fällt auch die Wärmeleitfähigkeit schwächer aus.⁶

Die ökologische Bewertung von Holzleichtbeton stellt den positiven Beitrag zum Umweltschutz, aufgrund des Einsatzes von Holzpartikel als Zuschlagsstoff, fest⁷. Holzleichtbeton weist gegenüber den Konkurrenzprodukten durch seine funktionalen, konstruktiven und ästhetischen Vorteile durchaus eine Wettbewerbsfähigkeit auf. Die Anwendungsbereiche von Holzleichtbeton finden sich in Gebäudefassaden und in der Innenraumgestaltung. Durch die Variationsfähigkeit der einzelnen Komponenten von Holzleichtbeton, kann das Material sehr gut in jeglichen Einsatzbereichen adaptiert werden.⁸

2.1.1 Geschichtliche Entwicklung

Verbundwerkstoffe aus mineralischen Bindemitteln und organischen Zuschlagstoffen sind bereits seit vielen Jahrzehnten verfügbar.

In den 1920er Jahren wurden für Fußböden sogenannte „Steinholzestriche“ verwendet, die aus Magnesiamörtel und Sägemehl bestehen. Positive Eigenschaften stellen die Dauerhaftigkeit, den Feuerwiderstand sowie die elastischen, schalldämpfenden und wärmedämmenden Eigenschaften dar. Ungünstig hingegen wirken das Schwind- und Quellverhalten und die noch nicht geklärte Witterungsbeständigkeit der Steinholzestriche.

4 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S 1-4

5 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Festbeton, S. 69-70

6 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Festbeton, S. 72

7 vgl. Heinz, Urbonas 2008, S. 3

8 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S 1-4

Durch die Rohstoffverknappung von Magnesium nach 1945 stellte sich der Gebrauch dieses Estrichs weitestgehend ein, jedoch wurde weiter mit Holzbetonen experimentiert. Als Zuschlag dienten Sägemehl, -späne, Stroh und Schilf während Zement als Bindemittel benutzt wurde. Damals wurde das Holz bereits vorbehandelt bzw. mineralisiert um die Verbindung von Zement und Holz zu vergrößern und das Schwind- und Quellverhalten zu reduzieren.

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) wurden Ende der 1960er Jahre Bauprodukte aus Holzbeton in verschiedenen Formen und Abmessungen für einen kostengünstigen Kleinwohnungsbau hergestellt. Die Produkte dienten als nichttragende Außen- und Innenwände und in eingeschoßigen Bauten als tragende Elemente. Vorteilhaft war hierbei die leichte Verarbeitbarkeit vor Ort auf der Baustelle aufgrund der niedrigen Rohdichte.

Anfang der 1930er Jahre wurde "Holzspanbeton" (auch Holzspanmantelstein bzw Holzspanmantelbetonplatte genannt) patentiert.⁹

2.1.2 Marktsituation

Die Produkte und Platten, die im Bereich Holz als Zuschlag, mit Bindemittel auf mineralischer Grundlage beheimatet sind, werden unter anderem von Firmen wie Velox, Isospan, Durisol, Fibrolith, Thermospan, Heraklith, Arbolit, etc. hergestellt.¹⁰

Vorläufer des Holzbetons sind grundsätzlich zementgebundene Holzspäne in Form von leichten, gepressten Platten. Grundsätzlich zählen alle Produkte bzw. Plattenelemente mit einer relativ geringen Rohdichte, die aus einem mineralischen Bindemittel und Holz als Zuschlag bestehen, als Holzleichtbeton. Der Begriff Holzleichtbeton kann jedoch auch differenzierter interpretiert werden. Beim Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 17, wird diese komplexe Thematik auch aufgegriffen. Hier wird aber dann explizit Holzspanbeton als Holzbeton bezeichnet. Die Holzwohle-Leichtbauplatte unterscheidet sich durch ihr stoffliches Gefüge, ihre Oberflächenstruktur und durch ihre Anwendung von Holz(span)beton. Weiters stellt die Rohdichte zur Einteilung von Materialien eine Entscheidungshilfe dar.¹¹ Im Bewusstsein, dass die Auslegung des Wortes "Holzleichtbeton" eine komplexe Angelegenheit darstellt, wird in dieser Arbeit vorallem mit

9 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-7

10 vgl. Stahl 2011, S. 34

11 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 4-7

2. Holzleichtbeton

Holzspanbeton als Holzleichtbeton weitergearbeitet.

Generell sind folgende Produkte am Markt verfügbar:

- Holzwolle-Leichtbauplatte (HWL-Platte)
- zementgebundene Spanplatte
- Holzspanbeton

2.1.2.1 Holzwolle-Leichtbauplatte (HWL-Platte)

Die Holzwolle-Leichtbauplatte besteht aus speziell hergestellter Holzwolle und mineralischen Bindemitteln (Zement und Magnesit). Zuerst wird die Holzwolle mit Chloriden vorbehandelt und dann mit dem Bindemittel zu Platten gepresst. Sie besitzen eine relativ geringe Rohdichte von 400kg/m^3 . HWL-Platten mit Holzwolle-Partikeln von drei bis fünf Millimeter werden genutzt als Dämmstoff für Außenwände und Decken ($0,18$ - $0,35\text{ W/mK}$), für schallabsorbierende Maßnahmen an Wänden und Decken und generell für Renovierungen, Putzträger und Feuerschutz. Jedoch üblicherweise werden HWL-Platten nicht als tragende Bauteile ausgeführt. Ein weiterer Vorteil ist die leichte Bearbeitbarkeit auf der Baustelle und die dadurch resultierende einfache Montage. Die Platten sind meistens 60 - 61cm breit, 240 - 300cm lang und 15 - 150mm dick. Hersteller sind die Firmen Heraklith, Isolith, Heradesign, Träullit, Celenit und Fibrolith.^{12 13 14}



Abbildung 6: Holzwolleleichtbauplatte, Heraklith C 15

12 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 4-7

13 vgl. Stahl 2011, S. 10-34

14 vgl. van Elten 2010, S. 3-4

15 Abb. 6: Wienerberger AG 2017, Produkt, Flachdach + Dämmung

2.1.2.2 Zementgebundene Spanplatte

Die gepresste zementgebundene Spanplatte beinhaltet Zement und vorbehandelte Holzspäne. Sie besitzt gute mechanische und bauphysikalische Eigenschaften und kann außerdem günstig hergestellt werden. Die zementgebundene Spanplatte besitzt relativ hohe Rohdichten zwischen 1000 und 1650kg/m³. Sie repräsentiert die stärkste Platte auf dem Markt und beinhaltet Holz in Form von kleinen Partikeln, bspw. Zellulosefasern. Der Bindemittelanteil ist sehr hoch. Die Platten werden für den Fassadenbau, und Nassräume, als Feuer- sowie als Windschutz verwendet. Hergestellt wird die zementgebundene Spanplatte unter den Produktnamen Duripanel (Eternit), Cetris Basic (Cetris) und Amroc-Panel (Amroc Baustoffe).^{16 17}



Abbildung 7: Zementgebundene Spanplatte, Amroc-Panel

18

16 vgl. Stahl 2011, S. 14

17 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 4-7

18 Abb. 7: AMROC Baustoffe GmbH (2017), Produkte, AMROC-Panel B1

2.1.2.3 Holzspanbeton

Nach der Patentierung von Holzspanbeton Anfang der 1930er Jahre, gibt es eine Vielzahl von Anfertigungen für den Wohnungsbau als tragende und nichttragende Innen- und Außenwände sowie als Lärmschutzwände. Als Zuschlag dienen auch hier Rest- und Abfallstoffe aus der Forstwirtschaft die mineralisiert und mit einer erdfeuchten Konsistenz in die verschiedenen Formen gepresst werden. Holzspanbeton besitzt eine mittlere Rohdichte von 550 bis 700kg/m³, die um einiges geringer ist als die Rohdichte einer zementgebundenen Spanplatte. Optisch betrachtet ähnelt Holzspanbeton der HWL-Platte. Holzspanbeton ist diffusionsoffen und hat eine hohe Witterungsbeständigkeit. Nach ÖNORM wird Holzspanbeton als schwer entflammbar eingestuft und weist ein hohes Schalldämmmaß von $R_w = 47$ dB auf. Holzspanbeton ist üblicherweise 60cm breit, 240–300cm lang und 8-25m dick.^{19 20 21} Die Hersteller in Österreich sind die Firmen Durisol/Leier, Harml, Isospan, Rieder, Thermospan und Velox.²² Es bieten sich vielseitige Einsatzmöglichkeiten für sichtbare Anwendungen bei ästhetisch hochwertigen Oberflächen, da Holzspanbeton durch seine Eigenfarbigkeit auffällt.²³

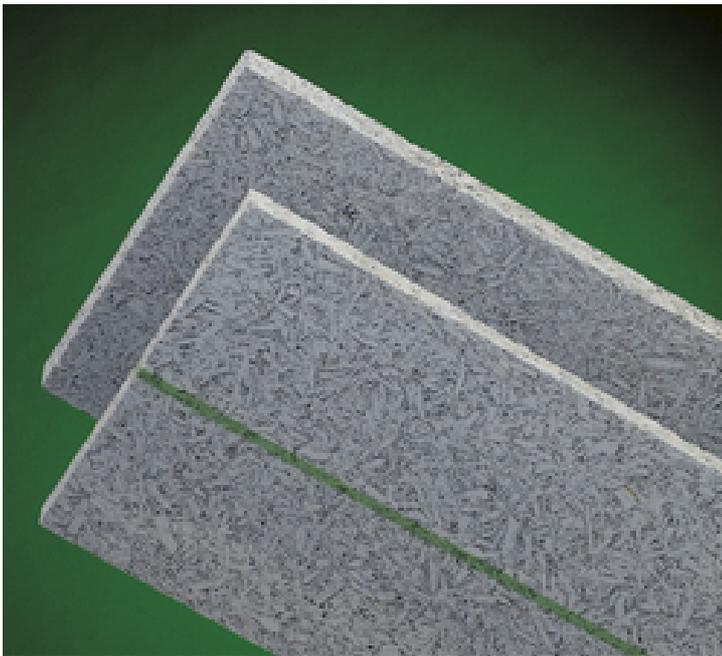


Abbildung 8: Holzleichtbeton, Firma Velox

24

19 vgl. Stahl 2011, S. 11-34

20 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 4-7

21 vgl. Van Elten 2010, S. 4

22 vgl. Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke 2016

23 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-8

24 Abb. 8: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Mantelbetonprodukte

2.2 Stand der Forschung

2.2.1 Eigenschaften

2.2.1.1 Festigkeit

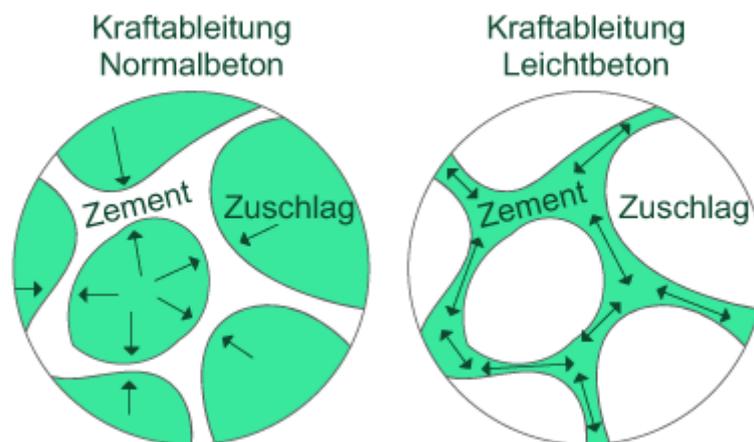


Abbildung 9: Kraftableitung: Unterschied Normal- und Leichtbeton

Zur Lastabtragung kommt überwiegend ein "Wabensystem" zum Einsatz, da der Zuschlag im Leichtbeton gegenüber dem Normalbeton eine geringere Festigkeit aufweist, und dadurch über das Bindemittel / den Zement die Lastabtragung erfolgt. Im Gegensatz zu Normalbeton, verfügt Leichtbeton über eine höhere Anfangserhärtung und eine geringere Nacherhärtung. Leichtbeton verfügt über eine geringere Zugfestigkeit durch die sowieso schon geringere Festigkeit des Zuschlags.²⁵ Trotz vergleichbarer Zusammensetzung ist die Festigkeit von Holzbeton mit Restholz niedriger als die Festigkeit mit Sägewerkspänen. Grund dafür ist der Hauptanteil von Rinde und Nadeln im Restholz. Bei der Verwendung von gröberem Spänen ergeben sich höhere Festigkeiten.²⁶

2.2.1.2 Schallschutz und Raumakustik

Der Schallschutz, der Maßnahmen zum Schutz vor Lärm in Gebäuden bezeichnet,

²⁵ vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Festbeton, S. 70-71

²⁶ vgl. Heinz, Urbonas 2008, S. 3-4

2. Holzleichtbeton

unterscheidet sich grundlegend von der Raumakustik, die die Garantie für gute Hörbedingungen in diesen Räumen darstellt.

Holzleichtbeton bzw. Holzspanbeton liegt durch seine mittleren Schallabsorptionsgrade von $\alpha_w = 0,10 - 0,65$ in etwa zwischen einer Holzzementplatte (Duripanel ca. 1300kg/m^3 , $\alpha_w = 0,04$) und einer Holzwolleleichtbauplatte (Fibrolith ca. 400kg/m^3 , $\alpha_w = 0,45$) und ist somit geeignet als raumakustisches Element im Neubau Verwendung zu finden.²⁷

Schallschutz

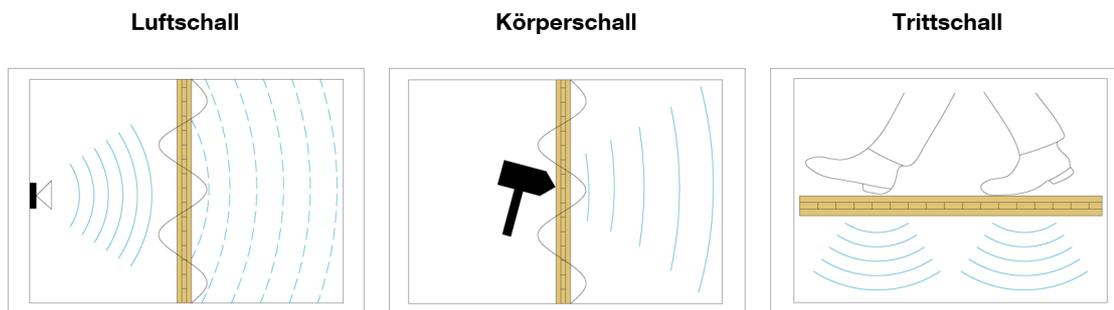


Abbildung 10: Luft-, Körper- und Trittschall

28

Der Schallschutz teilt sich in Luftschall, Körperschall und als Teil des Körperschalls in Trittschall. Durch den Luftschall können Bauteile in Schwingung²⁹ gebracht werden. Der Luftschall bedeutet, dass sich der Schall in der Luft ausdehnt. Beim Körperschall ereignet sich die Ausbreitung des Schalls in festen Stoffen, die dadurch wiederum zur Schwingung gebracht werden. Beim Trittschall werden Bauteile wie z.B. Decken oder Treppen, in Schwingung versetzt. Diese Ausbreitung des Trittschalls ist bestimmt durch die Eigenschaften der Bauteile bzw. Stoffen und auch durch die Temperatur. Der Schall breitet sich langsamer aus, wenn ein Stoff elastischer ist und eine geringere Rohdichte besitzt.

Holzleichtbeton ist ein schlechter Schallleiter bei einer Schallgeschwindigkeit von 1250 m/s bei 20 °C (Normalbeton 3800 m/s) und hat somit Potential als Bodenmaterial eingesetzt zu werden.³⁰ Nach OIB-Richtlinie liegt der Mindestschallschutz bei Wohnungstrennwänden bei $R_w = 43\text{ dB}$.³¹

27 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-104

28 Abb. 10: Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Schallschutz

29 "Unter Schwingung versteht man die zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe. Wird in einem schwingungsfähigen System kurzfristig Energie z.B. durch Anstoßen zugeführt und dieses dann sich selbst überlassen, so führt es eine freie Schwingung aus."

Uhlmann 2003, S. 2

30 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 10-19

31 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2

Raumakustik

Hier unterscheidet man gewöhnlicherweise zwischen porösen Absorbern und Resonanzabsorbern.

Bei porösen Absorbern, die sich in mittleren und höheren Frequenzen wiederfinden, spielt die Umwandlung von Schallenergie in Wärmeenergie durch Reibung bei offenen, tiefen und engen Poren eine große Rolle.

Wird der spezifische Strömungswiderstand bei engen und kleinen Luftkanälen hingegen zu groß, löst das die Reflexion des Schalls aus. Auch mit zunehmender Schichtdicke steigt der spezifische Strömungswiderstand.

Zusätzlich hat die Position der Schall absorbierenden Materialien im Raum, Einfluss auf die Schallabsorption. Die Verwendung von mehreren kleinen Flächen in z.B. schachbrettartiger Anordnung oder mit offenen Fugen, vergrößert die Schallabsorption.



Abbildung 11: Poröser Absorber

32

Eine akustisch transparente Bekleidung, aus gelochten oder geschlitzten Platten, als Resonanzabsorber mit einer dahinterliegenden Dämmschicht als poröser Absorber, ist eine Möglichkeit alle Frequenzbereiche abzudecken. Eine besondere Form von Resonanzabsorbern stellen die sogenannten Baffles dar, die stehend zur Decke montiert werden.

32 Abb. 11: Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 68



Abbildung 12: Resonanzabsorber: Baffles

33

Bei Holzleichtbeton entstehen beim Mischen Luftporen, durch die eine Verbesserung der Raumakustik höchstwahrscheinlich ist. Aufgrund der Haufwerksporigkeit³⁴ durch grobe Späne wird mehr Luft in das Material eingeschlossen und somit die Schall absorbierende Wirkung verstärkt.

Die Wirksamkeit hängt also maßgeblich von der Dichte, dem Luftporengehalt, der Homogenität des Materialgefüges und vom Holz-/Zementanteil der Platten ab.

Neben den raumakustischen Anforderungen kann dem Innenraum, durch die Individualität der Holzleichtbetonoberfläche, auch eine ästhetisch wertvolle Note verliehen werden.³⁵

2.2.1.3 Brandschutz

Natürlich muss ein gewisser Brandschutz im Innenraum gegeben werden. Der Zementstein und das Holz werden dabei unterschiedlich klassifiziert. Holzleichtbeton wird als nicht brennbar (Baustoffklasse A2) eingestuft, da bei der Herstellung von der Mineralisierung der Holzpartikel ausgegangen wird.³⁶

2.2.1.4 Wärmeschutz

Der Wärmeschutz stellt auf jeden Fall eine sehr wichtige Einflussgröße bei Gebäuden dar. Laut OIB-Richtlinie ist der Wärmedurchgangskoeffizient von 0,35 W/m²K für Außenwände

33 Abb. 12: Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 65

34 Der Wegfall oder die Reduzierung ganzer Kornklassen um einen höheren Lückenanteil zu erreichen.

vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Festbeton, S. 69-70

35 vgl. Krippner, Niebler, Issig, S. 10-19

36 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 10-25

bei Neubauten maximiert worden.³⁷

Mit zunehmendem Holzanteil und dadurch steigendem Porenanteil sinkt der λ -Wert (Wärmeleitfähigkeit). Da Zement und Holz um Faktor 7-8 unterschiedliche Rohdichten besitzen, wurden Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von 0,15 W/mK bei einer Rohdichte von 600kg/m³ und im Bereich von 0,75 W/mK bei einer Rohdichte von 1720kg/m³ erzielt. Bei Rohdichten von 540 bis 700kg/m³ liegt Holzleichtbeton aufgrund der Wärmeleitfähigkeit im Bereich von Porenbeton.

Bei Holzleichtbeton sind für die Wärmeleitfähigkeit der Porengehalt, die Porenart, der Holz/Zementanteil und der Feuchtegehalt wichtige Parameter. Der Zuschlag Holz erzeugt beim Mischvorgang Luftporen durch Lufteinschlüsse, die die Wärmedämmeigenschaften von Holzleichtbeton positiv beeinflussen.

Werte für eine Niedrigenergiebauweise kann alleinig mit Holzleichtbeton als Dämmmaterial jedoch noch nicht erzielt werden.³⁸

Sommerliche Überhitzung

In erster Linie fehlt bei Leichtbauten die Speichermasse und daher gibt es vermehrt dort Probleme mit der Überhitzung und der Auskühlung von Räumen. Da in dieser Arbeit als tragende Elemente nur Massivbauweisen zur Anwendung kommen, wird die mögliche sommerliche Überhitzung nicht weiter behandelt.

2.2.1.5 Licht

Natürliches Tageslicht mit hoher Beleuchtungsstärke wird für Menschen als angenehm wahrgenommen. Bei gleichbleibender Farbtemperatur aber Verringerung der Beleuchtungsstärke, wie das z.B. bei einer Dämmerung der Fall ist, fasst man als unbehaglich auf.

Holzoberflächen besitzen die Fähigkeit die Farbtemperatur zu verringern und dadurch die Behaglichkeit bei geringen Beleuchtungsstärken zu steigern. Dadurch werden auch Holzleichtbetonoberflächen als Reflektor für die Raumbeleuchtung, bei Reflexionsgraden von 30 bis 40 Prozent von Naturholz und von grauem Sichtbeton als üblich und visuell angenehmer und "wärmer" empfunden. Diese Wirkung kann auch energiesparend wirken, da Kunstlicht später eingeschaltet wird und dies einen positiven Einfluss auf den

³⁷ vgl. OIB 2015, Richtlinie 6, S. 6

³⁸ vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 25-28

Stromverbrauch hat. Auch wirken z.B. Gemälde vor einem reflektierenden Hintergrund deutlich besser. Holzleichtbeton kann somit im Wand- und Deckeninnenraum verwendet werden um das Licht angenehm zu reflektieren.³⁹

2.2.2 Verwendung

Das Potential für Holzleichtbeton liegt beim Einsatz als sichtbares Element. Einerseits ist der Holzleichtbeton als Fassadenplatte denkbar, andererseits auch für den Innenraum, und zwar als Wand- und Deckenverkleidung und auch als Estrichersatz, durchaus vorstellbar.⁴⁰

Eine Trennung von Lastabtragung, Wärmedämmung und Wärmespeicherung wird als sinnvoll erachtet, da Holzleichtbeton nur statisch beansprucht werden kann, wenn der Holzmasseanteil weit unter 10 % liegt, was ihn aber wiederum als Wärmedämmmaterial ausschließt.⁴¹

Die konstruktiven Fähigkeiten von Holzleichtbeton werden in dieser Arbeit nur bei Bausystemen im Bereich der Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton behandelt. Der restliche Einsatz von Holzleichtbeton in diesen Seiten beläuft sich auf Plattenelemente, die zwar konstruktiv mithelfen könnten, dies jedoch nicht in dieser Diplomarbeit im Fokus steht.

2.2.2.1 Gebäudehülle

Die Gebäudehülle kann in Bauteil und Bauelement unterschieden werden und als Differenzierungsmerkmale dienen die Größe, die Konstruktion sowie der Herstellungs- und Montageprozess. Grundsätzlich kann angemerkt werden, dass für eine Außenwand andere Parameter bezüglich Lastfällen, bauphysikalischen Anforderungen sowie Elementgrößen gelten als bei Deckenelementen.

Als Bauteile fungieren Fassadenplatten, Vorsatzschalen oder Decklagen und ein Charakteristikum ist, dass sie der (Primär-)Konstruktion vorgehängt werden.

Bauelemente hingegen sind die nichttragenden bzw. nur selbsttragenden Bestandteile, die mittel- bis großformatig ausgeführt werden und als Wärme-, Feuchte-, Schallschutz,

39 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 33-45

40 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 37

41 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 38-43

verlorene Schalung und / oder als Wärmespeicher fungieren. Sie gehen somit einen Verbund mit der tragenden Wand ein.⁴²

Bauteil – Fassadenplatte

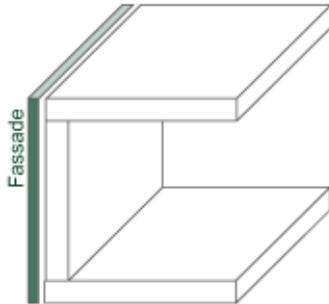


Abbildung 13: Holzleichtbeton als Fassadenelement

In Form der Gebäudehülle erweitert Holzleichtbeton das Repertoire in der Architektur. Grundvoraussetzungen für den Einsatz als Außenbekleidung sind vor allem der Schutz des Gebäudes vor Feuchte, insbesondere Schlagregen, sowie der Schutz vor Temperatureinwirkungen, Solarstrahlung und Wind.

Holzleichtbeton bietet neben der guten mechanischen Dauerhaftigkeit auch eine Vielzahl an Formgebungsmöglichkeiten an. Durch die Offenporigkeit von Holzleichtbeton ergibt sich ein gestalterisches Problem. Bei unbehandelten Oberflächen kann sich die Bewitterung unkontrolliert ausbreiten, was mit baukonstruktiven Schutzmaßnahmen zu lösen wäre. Dies heißt aber, dass der Unterschied von Holzleichtbeton zu gewöhnlichen Holzverkleidungen schwindet.⁴³

Aufgrund des geringeren Gewichts von Holzleichtbeton im Vergleich zu Normalbeton und die vielfältigeren Formungsmöglichkeiten verglichen mit Holzwerkstoffen, besteht weiters die Möglichkeit mit einer entsprechenden Stärke der Platte, diese auch als Sonnenschutz zu verwenden. Bei Holzleichtbetonelementen als Sonnenschutz bestehen jedoch Grenzen beim Öffnungsgrad. Dieser sollte 40% nicht überschreiten. Holzleichtbeton weist als Verschattungselement ein Gestaltungspotenzial auf, beansprucht jedoch einen zu großen Herstellungsaufwand.⁴⁴

42 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 38-40

43 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 38-43

44 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 62-64

Bauelement – Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton



Abbildung 14: Holzleichtbeton als verlorene Schalung

Holzleichtbeton soll einer (Normalbeton-)Außenwand durch seine Vorteile verbesserte funktionale und konstruktive Eigenschaften verschaffen. Diese Stärken sind das geringere Bauteilgewicht, bauklimatische Vorteile im Bereich der raumabschließenden Flächen, gestalterische Alternativen zu fertigen Holz- oder Sichtbetonoberflächen, ein wirtschaftliches Konstruktionselement durch den Einsatz von Reststoffen, die Ausführung als verlorene Schalung mit Betonfüllung und geringere Transportaufwendungen durch die Gewichtsreduktion der Bauteile.

Elementwände (verlorene Schalung mit Betonfüllung) bestehen aus geschoßhohen Stahlbetonschalen die mit z.B. Ortbeton⁴⁵ gefüllt werden. Sie können zusätzliche Funktionsschichten für z.B. den Wärmeschutz besitzen. Der Verbund von den Schalen und dem Ortbeton erfolgt durch die Rauigkeit der Innenflächen. Bau- und Autokräne heben die Elemente direkt auf der Baustelle in die richtige Position. Vorteile von Elementwänden sind die hohe Maßgenauigkeit und das geringe Montagegewicht. Elementwände sind nahezu überall einsetzbar und bilden gleich geschoßhohe Elemente. Es ist keine Schalungsarbeit notwendig und sie schaffen dadurch eine Zeit- wie auch eine Kostenersparnis. Bei der Überlegung Holzleichtbeton für Randschalen zu verwenden, stößt man auf ein Problem mit einer eventuell nicht ausreichenden Flächenstabilität des Materials, die bei der Montage, beim Transport oder beim Verfüllen des Kerns mit Normalbeton auftritt. Die Holzleichtbetonschalen sollten auch trotz der geringen Rohdichten dem Betonierdruck auf der Baustelle standhalten können.⁴⁶

45 Ortbeton erhärtet auf der Baustelle in seiner endgültigen Lage.
vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Frischbeton, S. 4

46 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 57-59

2.2.2.2 Innenraum

Ein Einsatz von Holzleichtbeton als sichtbarer Plattenwerksstoff im Innenraum bietet ein zusätzliches Anwendungsgebiet. Holzleichtbeton kann als Wandbekleidung und Akustikdecke fungieren.⁴⁷ Für den nicht sichtbaren Einsatz kann Holzleichtbeton als Trockenestrich eingesetzt werden.

Montagedecke

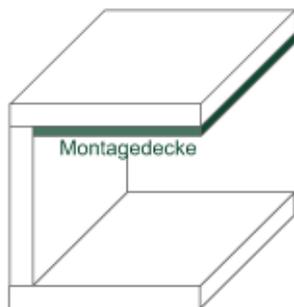


Abbildung 15: Holzleichtbeton als Montagedecke

Montagedecken sind nichttragende, vorgefertigte Elemente, die vor Ort montiert werden. Sie können gestalterisch sowie auch akustisch vorteilhaft eingesetzt werden. Montagedecken werden in Deckenbekleidung und Unterdecke unterschieden.

Eine Deckenbekleidung wird direkt an der Rohdecke befestigt.

Unterdecken hingegen schaffen Deckenhohlräume, die etwaige Installationen verstecken. Sie werden abhängig an einem tragendem Bauteil befestigt und bestehen grundsätzlich aus tragendem Bauteil, oberer Halterung, Abhängung, Grundprofil, Decklagenelement und Randauflage. Momentan werden als Decklagenelement hauptsächlich Mineralfaser- und Gipsbauplatten, Holzwerkstoffe und Metallpaneele verwendet, jedoch ist Holzleichtbeton dafür auch durchaus denkbar. Die Deckenunterseiten können offen, aber auch fugenlos ausgeführt werden und mit der Unterkonstruktion, welche sichtbar, halb verdeckt oder verdeckt sein kann, verschraubt, verklemmt oder in die Halteprofile eingelegt werden. Die Oberfläche der Decklage kann glatt, strukturiert, gelocht oder geschlitz gemacht werden.

Bei Deckensystemen differenziert man zwischen einem Z-System, einem T-System, Bandrasterdecken, Wabendecken und Lamellendecken. Waben- und Lamellendecken

⁴⁷ vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 64

2. Holzleichtbeton

erhöhen die Oberfläche und können schallabsorbierend eingesetzt werden. Wichtige Parameter für die Wahl der Decklage sind der Brand- und Schallschutz wie auch die Dauerhaftigkeit des Elements.

Anforderungen an Materialien, die für eine Decklage eingesetzt werden, sind in der EN 13964 definiert. Die Decklagen müssen eine akzeptable Tragfähigkeit aufweisen, die ihr 2,5-faches Eigengewicht tragen. Als Mindestanforderung gilt eine nicht herausfallende und ausreichend steife Decklage zu schaffen.

Es gibt viele Faktoren, wie z.B. das Material, das Format, die Oberfläche der Platten, das Fugenbild, die wesentlichen Einfluss auf das Erscheinungsbild haben. Diese sollten daher bewusst gewählt werden. Eine Kombination mit konventionellen Baustoffen ist auch denkbar.⁴⁸

Auch die Wahl der Holzschrauben spielt für ein ästhetisches Erscheinungsbild der Decke eine zentrale Rolle. Bei Senkkopfschrauben tritt die Befestigung als gestalterisches Element in den Hintergrund während Halbrundköpfe bewusst Akzente setzen.

Das Tragverhalten der Holzschrauben im Holzleichtbeton stellt weiters einen wichtigen Parameter dar. Edelstahl bzw. verzinkter Stahl harmonisieren aufgrund ihrer Materialstruktur und ihrer Farbigkeit besser mit Holzleichtbeton als Messing.

Vor der Montage soll bereits die Anordnung, die Anzahl, die Materialität und die Form der Schrauben bewusst geplant werden, da das gesamte Erscheinungsbild von Wänden und Decken im Innenraum dadurch Einfluss nimmt.⁴⁹

48 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 64-75

49 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 75-78

Wandverkleidung



Abbildung 16: Holzleichtbeton als Wandverkleidung

An der Wand kann Holzleichtbeton direkt an die tragende Struktur angepasst werden oder auch mit Hilfe einer Vorsatzschale. Bei der Montage als Vorsatzschale können, wie bei der Montagedecke, jegliche Installationen versteckt werden.

Estrichersatz

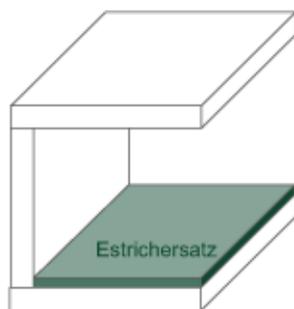


Abbildung 17: Holzleichtbeton als Estrichersatz

Da, wie schon erwähnt, bereits in den 1920er Jahren „Steinholzestriche“ als Trockenstrich eingesetzt wurde, kann auch hier Holzleichtbeton als Estrichersatz fungieren.⁵⁰

⁵⁰ vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-7

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

3.1 Rahmenbedingungen

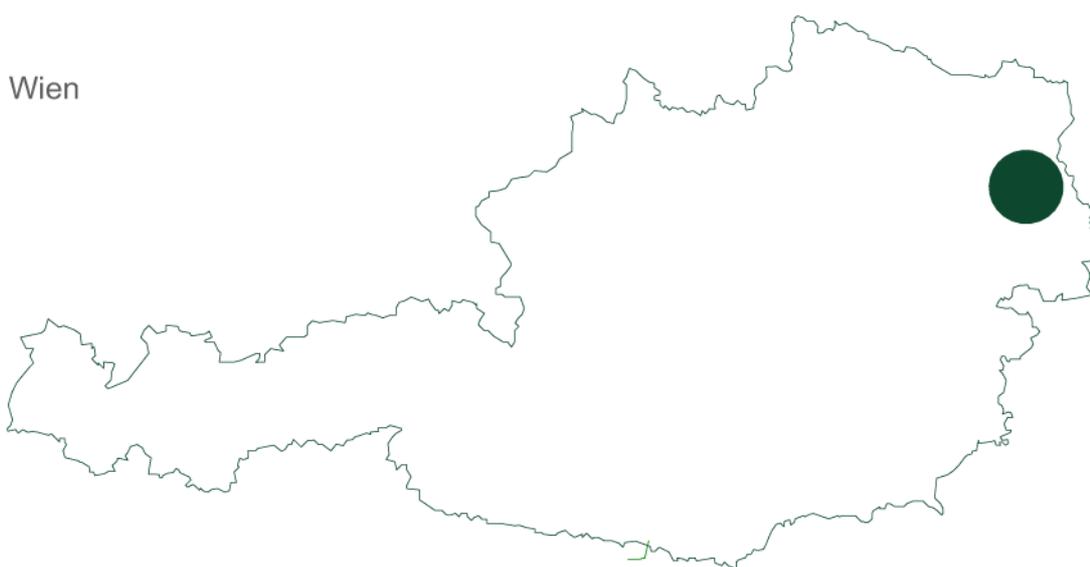


Abbildung 18: Standort

Diese Arbeit beabsichtigt herkömmliche Bausysteme, am Beispiel eines Wohngebäudes, mit Holzleichtbeton sinnvoll zu verbessern. Dieser Wohnbau befindet sich in Wien, Österreich, liegt in der Gebäudeklasse 5 lt. OIB Richtlinie und weist somit ein max. Fluchtniveau⁵¹ von 22 Metern auf.⁵²

51 "Höhendifferenz zwischen der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen oberirdischen Geschoßes und der an das Gebäude angrenzenden Geländeroberfläche nach Fertigstellung im Mittel."

OIB 2015, Begriffsbestimmungen, S. 5

52 vgl. OIB 2015, Begriffsbestimmungen, S. 5

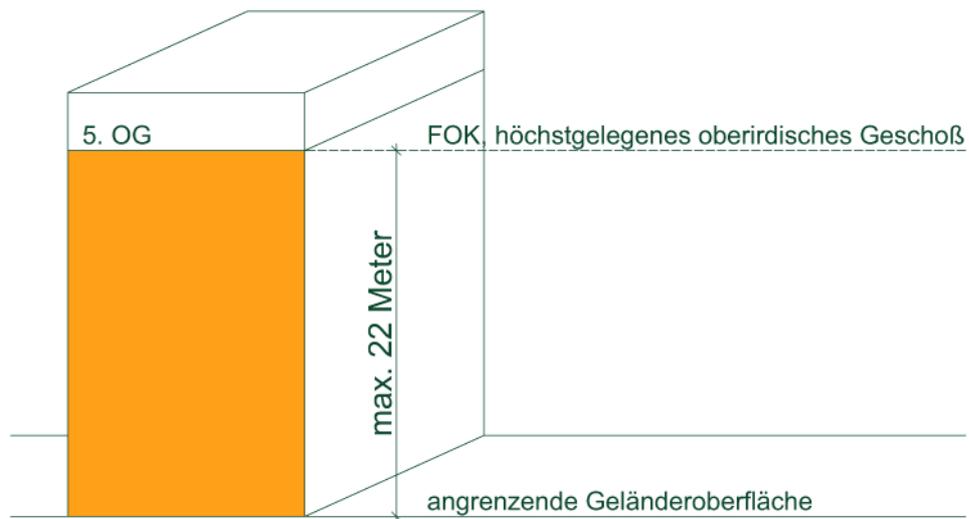


Abbildung 19: Fluchtniveau

Es beinhaltet 6 Geschöße und befindet sich daher in der Bauklasse IV (12-21 Meter) oder V (16-26 Meter).⁵³

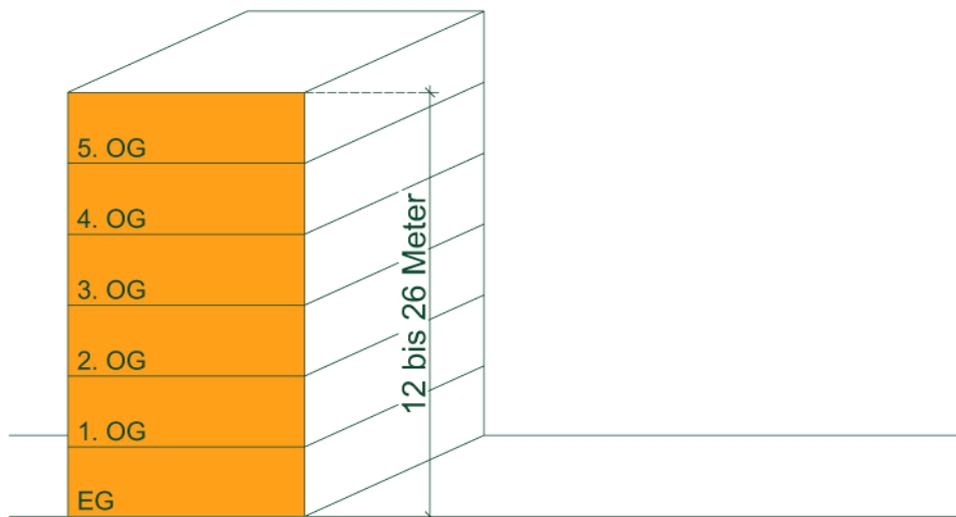


Abbildung 20: Bauklasse IV oder V

Diese Arbeit beschäftigt sich konkret mit einem Beispiel eines Wohngebäudes, um die Ergebnisse praxisnah zu eruieren.

⁵³ vgl. Landesrecht Wien 2016, § 75 Abs. 2

Untergeschoß

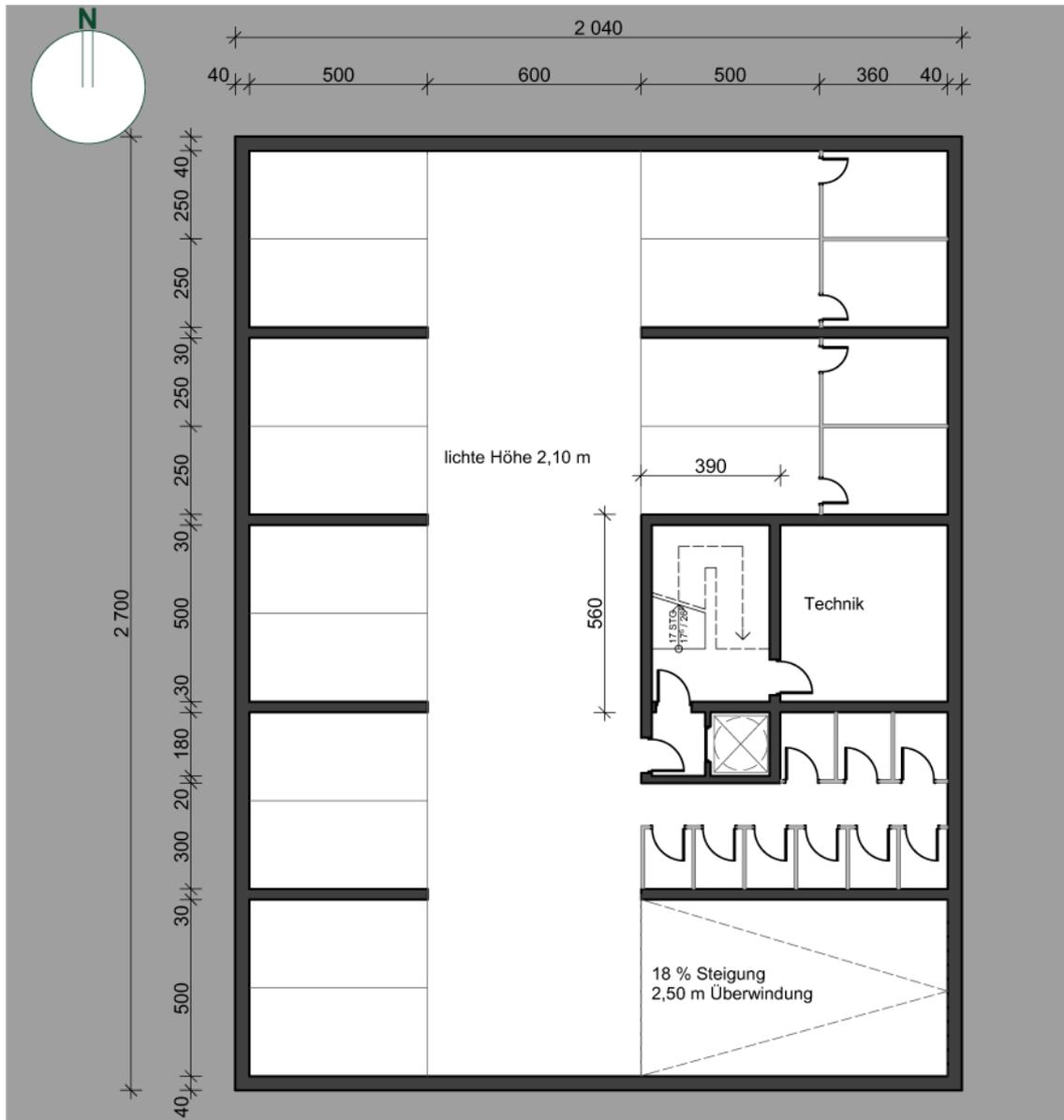


Abbildung 21: Untergeschoß 1:200

Untergeschoß

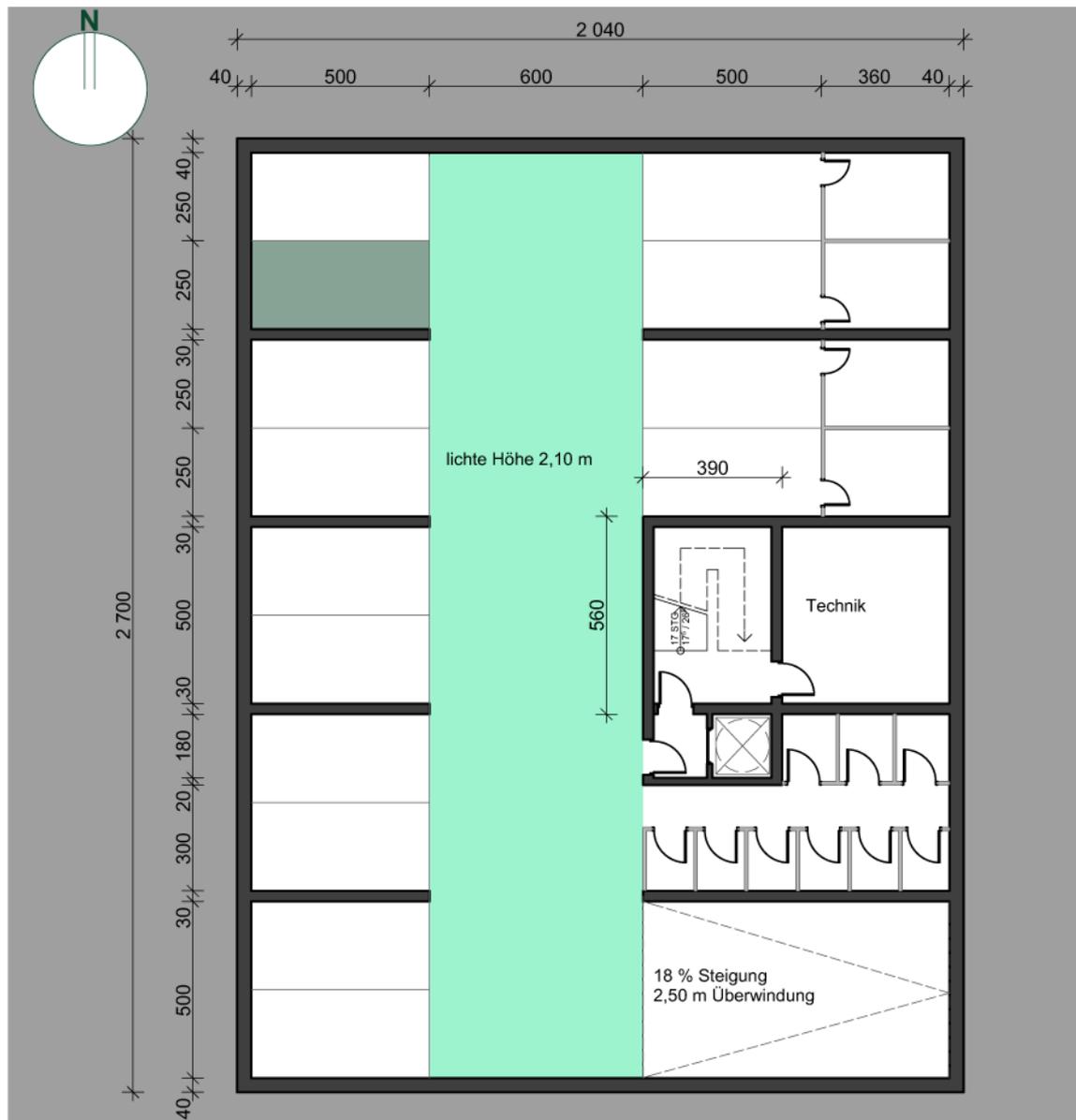


Abbildung 22: Untergeschoß, Parkplatzgrößen 1:200

Die Tragstruktur wurde stark von den Normgrößen von Stellplätzen und deren Abstände zueinander abhängig gemacht. Bei einer Senkrechtaufstellung, d.h. der Winkel des Stellplatzes zur Fahrgasse beträgt 90° , wird eine Stellplatzgröße von 2,50 x 5,00 Meter benötigt. Die Fahrgassenbreite beträgt mind. 6,00 Meter.⁵⁴

⁵⁴ vgl. OIB 2015, Richtlinie 4, S. 6

Untergeschoß

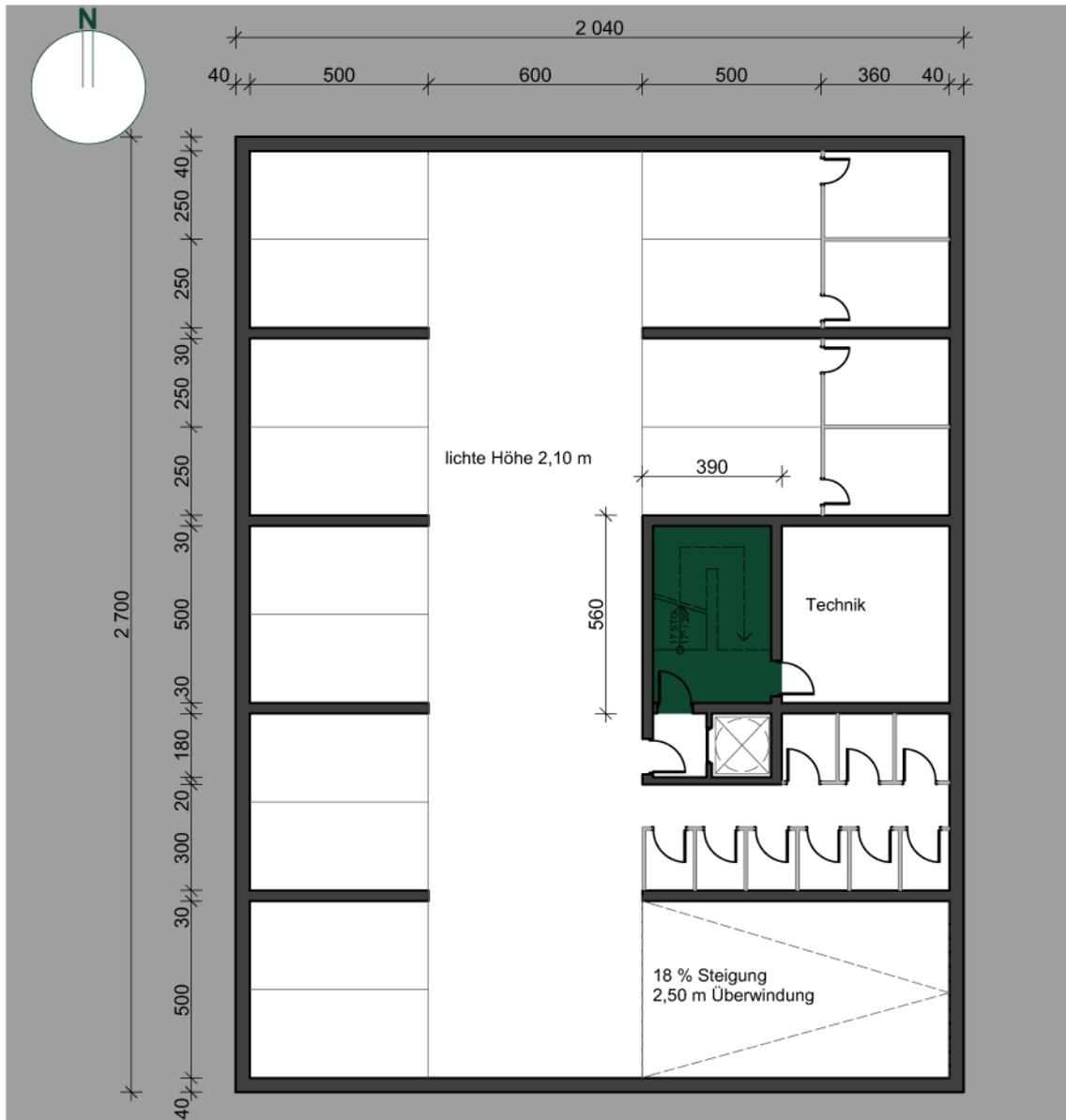


Abbildung 23: Untergeschoß, Stahlbetonkern 1:200

Weiters wird der Kern mit Stiegenhaus, der zur Erleichterung der Einhaltung der Brandschutzanforderungen durchgehend in Stahlbeton ausgeführt wird, mittig gesetzt, um keine vermietbare Außenwandfläche bzw. Belichtungsfläche in den Regelgeschoßen zu verlieren.

Regelgeschoß

Tragstruktur



Abbildung 24: Tragstruktur 1:200

Durch diese Annahmen ergibt sich relativ klar die Tragstruktur, die sich durch alle Geschoße zieht. Das Bausystem wird vom Erdgeschoß bis ins 5. Obergeschoß angewendet. Einzig im Untergeschoß und im Stiegenhaus wird aus brand- und feuchteschutztechnischen Mitteln mit Stahlbeton gearbeitet.

Schnitt Tragstruktur

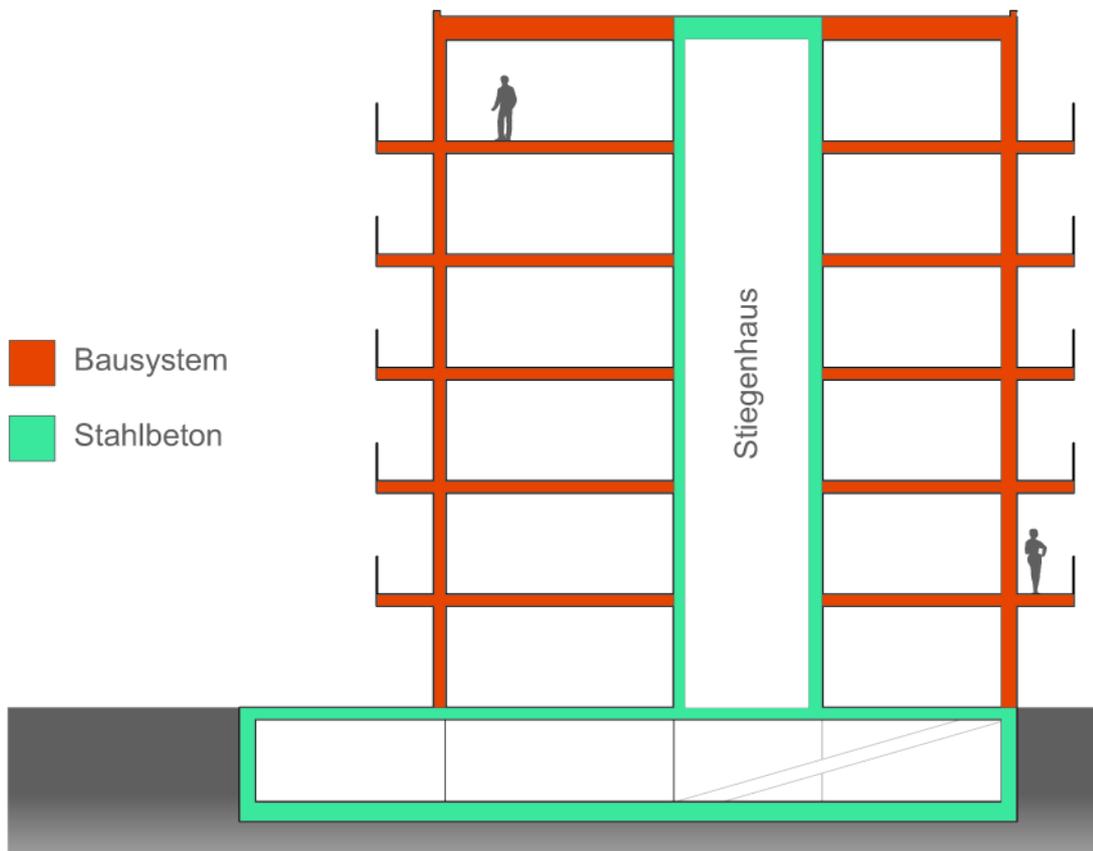


Abbildung 25: Tragstruktur Schnitt 1:200

Auch im Schnitt zeigt sich deutlich wo mit dem gewählten Bausystem und wo mit Stahlbeton als konstruktive Schicht gearbeitet werden soll.

Regelgeschoß

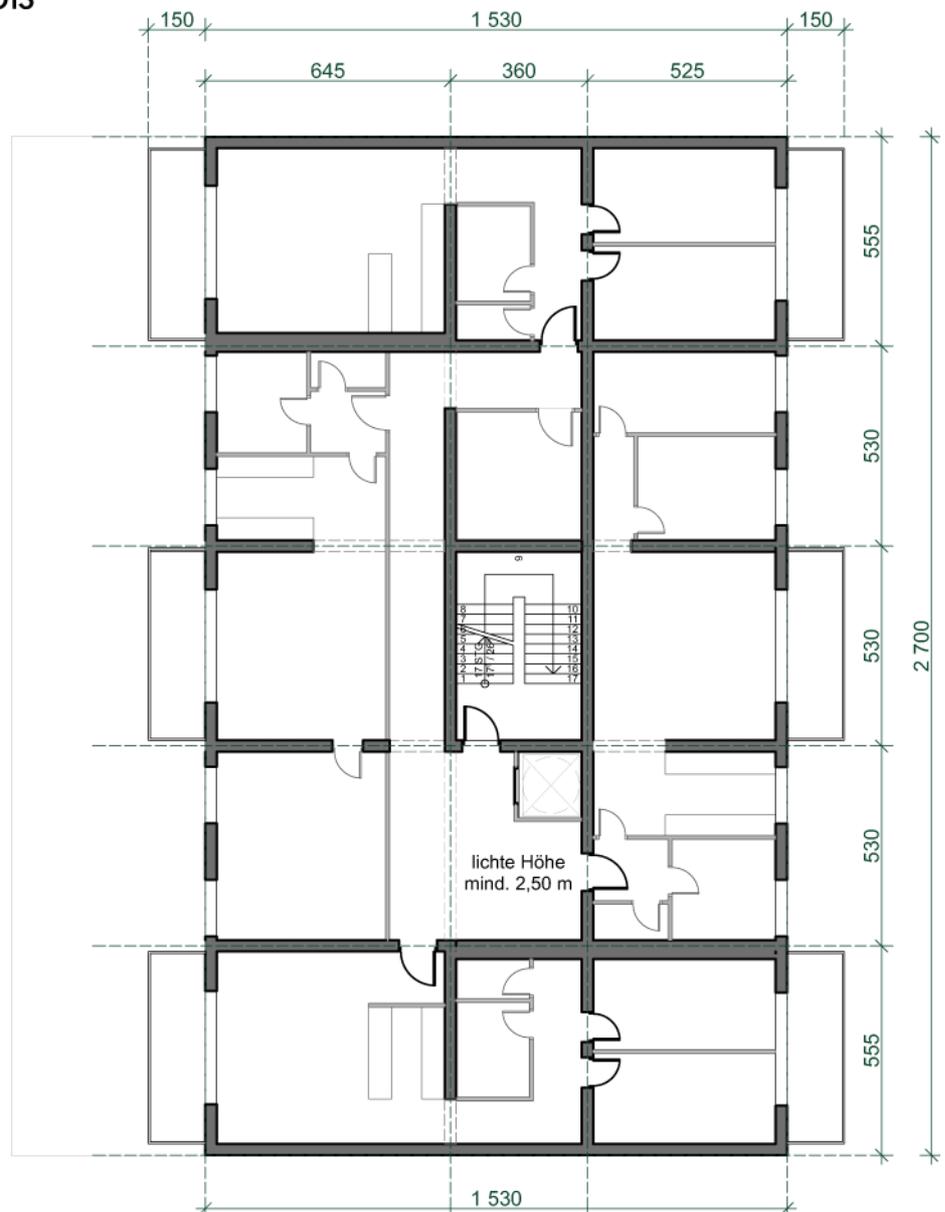


Abbildung 26: Regelgeschoß 1:200

Um die Möglichkeiten mit diesem Tragsystem zu veranschaulichen wird ein Grundriss gezeigt, der jedoch nur beispielhaft ist.

Mit dem gewählten Tragsystem sind viele Arten von Grundrisseinteilungen möglich. Diese Arbeit beschäftigt sich nicht mit der optimalen Einteilung der Räume, sondern lediglich mit dem gewählten Tragsystem zur Vereinfachung der Bewertung der Bausysteme. Es soll nur gezeigt werden, dass die Schaffung von Räumen bzw. Wohnungen innerhalb der Tragstruktur möglich ist.

Regelgeschoß Wohnungen und Kern

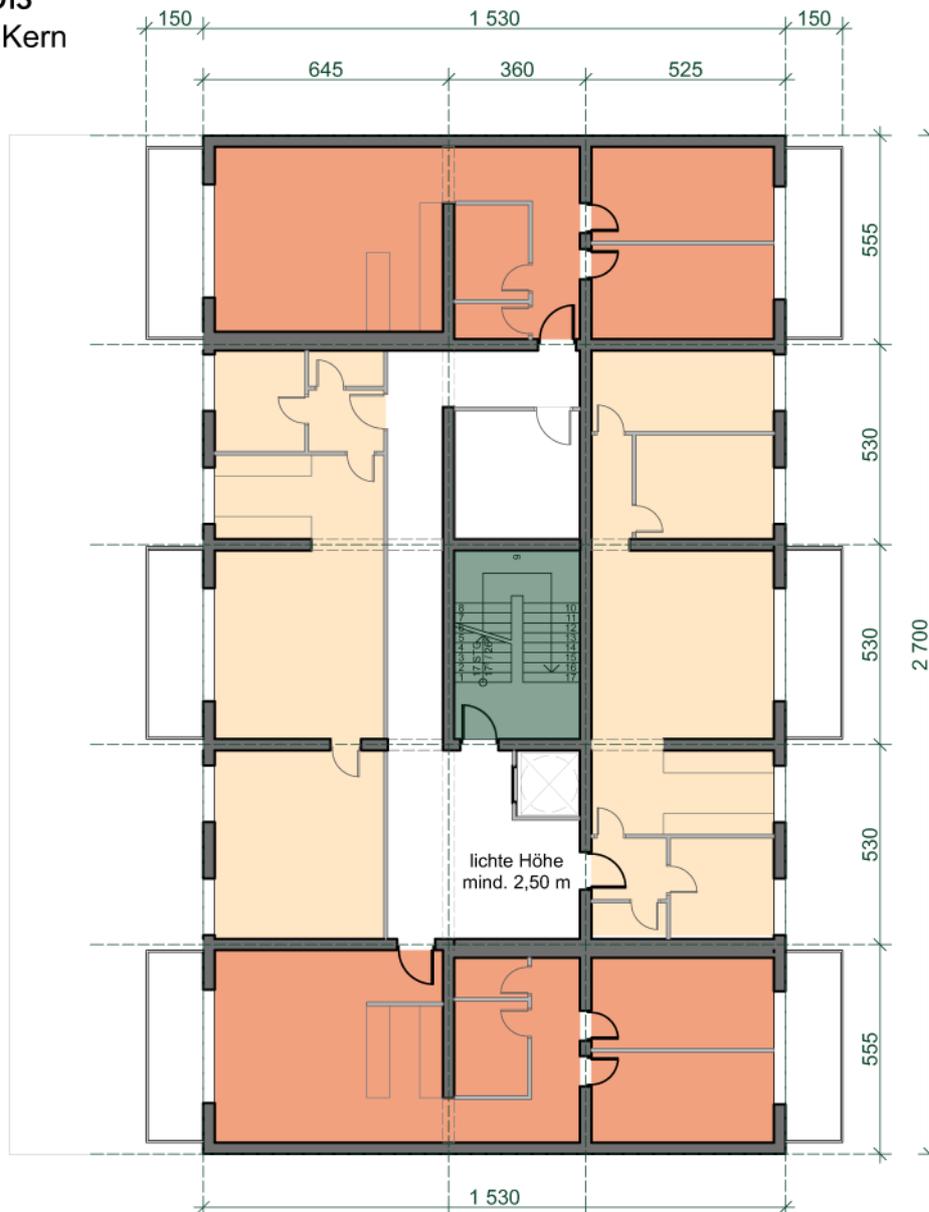


Abbildung 27: Regelgeschoß 1:200, Wohnungen und Kern

Dennoch kurz dargestellt, der Beispielgrundriss zeigt ein Regelgeschoß. Das Regelgeschoß besteht aus zwei durchgesteckten Wohnungen und aus zwei in eine Richtung orientierte Wohnungen. Dabei wird eine nach Osten und eine nach Westen orientiert. Jede Wohnung besitzt mindestens eine Balkonfläche zwischen 7,50 m² und 7,65 m². Alle Wohnungen sind Zwei- bis Dreizimmerwohnungen.

Schnitt

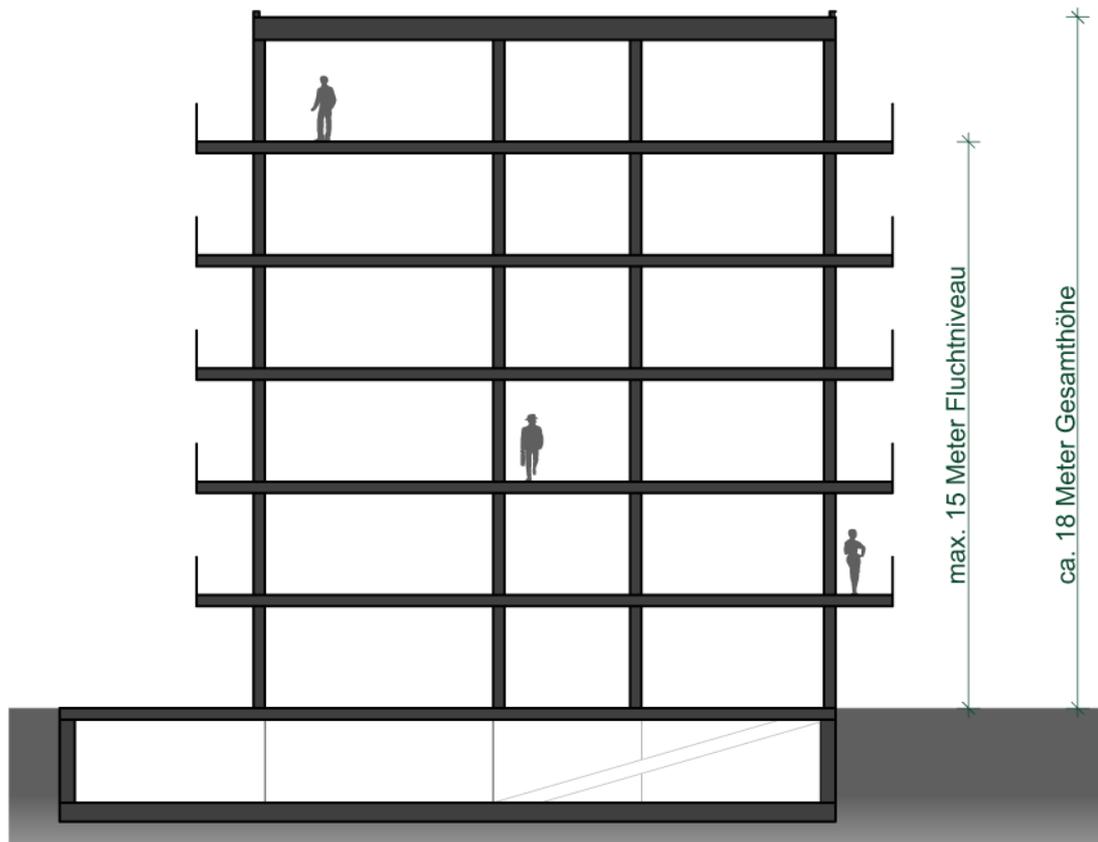


Abbildung 28: Schnitt 1:200

Ein Gebäude soll Schutz vor Feuchtigkeit, sei es aus dem Boden, von den Niederschlägen, Überflutungen, aber auch in Form von Wasserdampfkondensation bieten. Wärmebrücken sollten vermieden werden.⁵⁵ Der Bauteilausschnitt der in dieser Arbeit behandelt wird, ist ein Aufenthaltsraum mit Balkon, der 1,50 Meter auskragt.

⁵⁵ vgl. OIB 2015, Richtlinie 3, S. 5

Schnitt Bauteilausschnitt

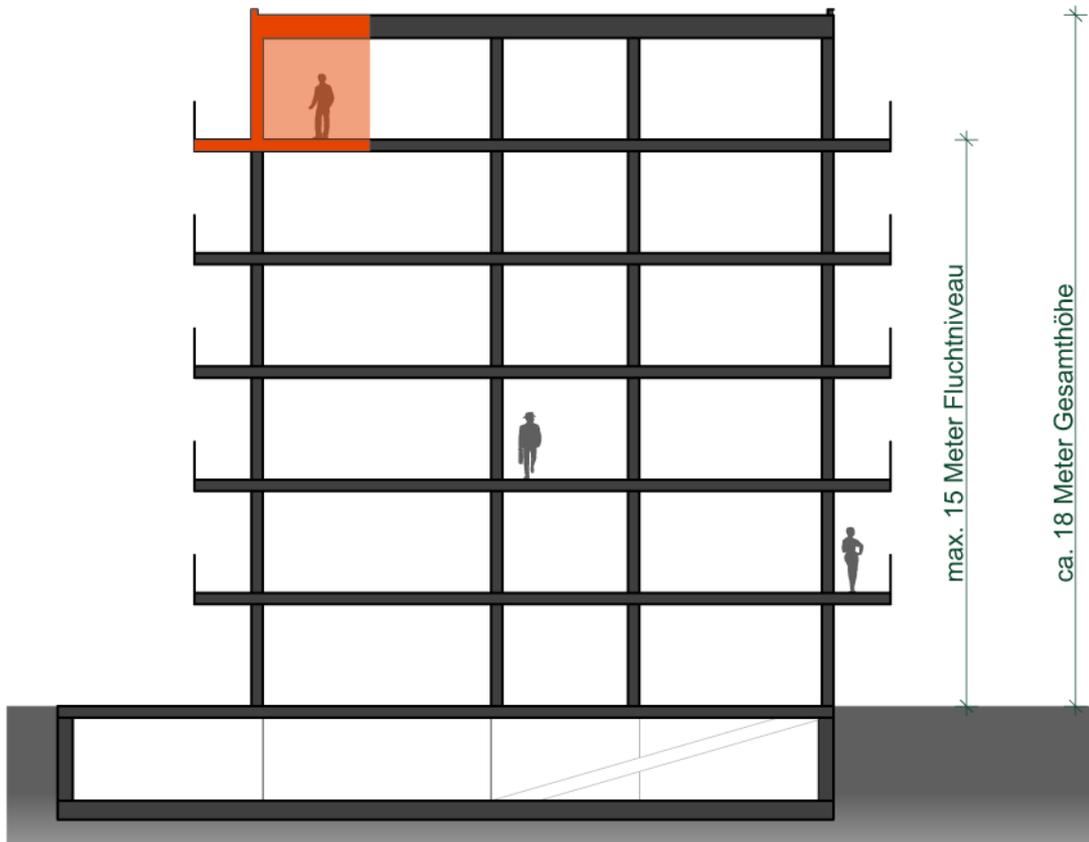


Abbildung 29: Schnitt: Bauteilausschnitt 1:200

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einem Bauteilausschnitt des Gebäudes, um einen detaillierteren Einblick zu verschaffen. Dieser Bauteilausschnitt befindet sich im 5. Obergeschoß bzw. im letzten Geschoß des Wohnbaus. Es wird angenommen, dass dieser Abschnitt einen Aufenthaltsraum beinhaltet.

Schnitt Bauteilausschnitt

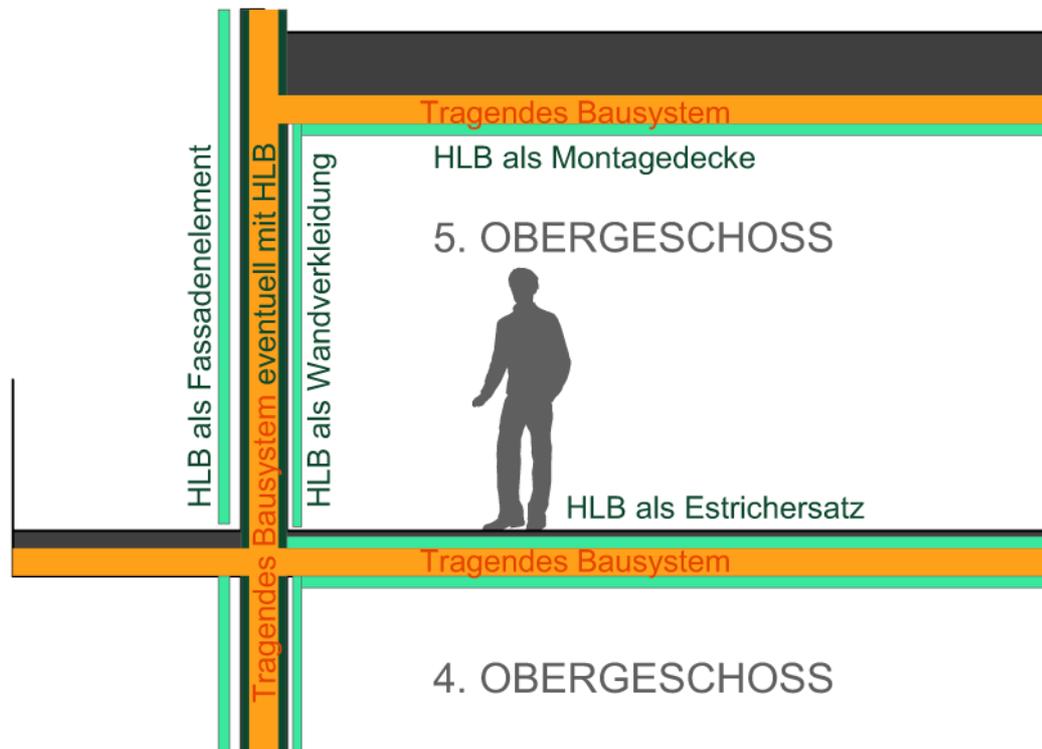


Abbildung 30: Bauteilausschnitt 1:50

Das später gewählte Bausysteme wird durch Holzleichtbetonbestandteile verbessert. Diese Bestandteile befinden sich im Außenraum an der Fassade, als Estrichersatz und im Innenraum als Wandbekleidung und Unterdecke.

Bauteilausschnitt U-Wert

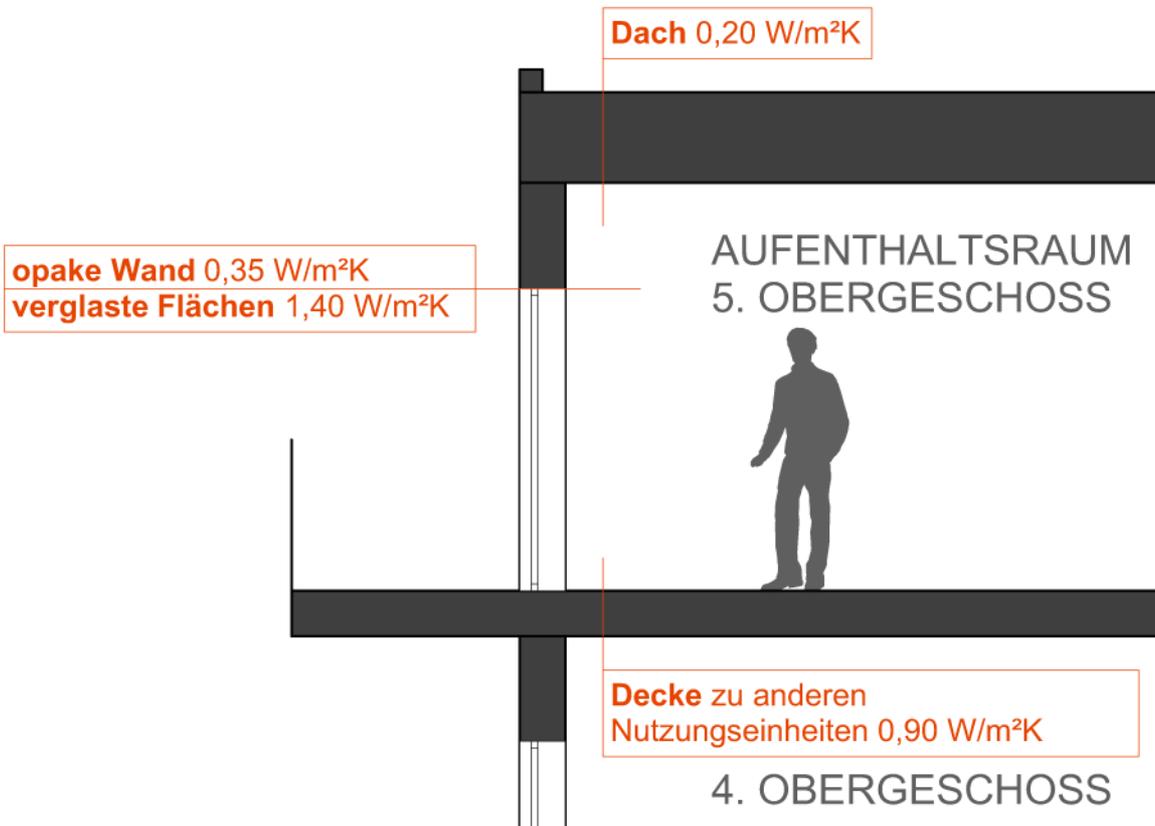


Abbildung 31: Bauteilausschnitt: Wärmeschutz 1:50

Laut einer EU-Gebäuderichtlinie müssen ab 01.01.2021 alle Neubauten Niedrigstenergiegebäude sein. Das Niedrigstenergiegebäude wird relativ allgemein charakterisiert als Gebäude mit einer sehr hohen Gesamtenergieeffizienz. In dieser Arbeit bedeutet dies nur, dass die thermischen Anforderungen der OIB-Richtlinie an Wärme übertragende Bauteile gestellt werden. Diese bedeuten für Wände gegen Außenluft einen max. U-Wert von 0,35 W/m²K. Für Fenster und verglaste Türen von Wohngebäuden gilt ein maximaler U-Wert von 1,40 W/m²K während für unverglaste Türen gegen Außenluft der U-Wert auf 1,70 W/m²K beschränkt ist. Bei Decken und Dachschrägen gegen Außenluft und gegen ungedämmte und durchlüftete Dachräume ist der U-Wert auf 0,20 W/m²K eingeschränkt. Betrachtet man den U-Wert von Decken gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten darf dieser 0,90 W/m²K nicht überschreiten. Das Gebäude muss vor sommerlicher Überhitzung durch ausreichende Speichermassen geschützt und luft- und winddicht ausgeführt werden.⁵⁶ Dadurch, dass in dieser Arbeit mit Massivbaustoffen

⁵⁶ vgl. OIB 2015, Richtlinie 6, S. 5-7

Bauteilausschnitt

Brandschutz

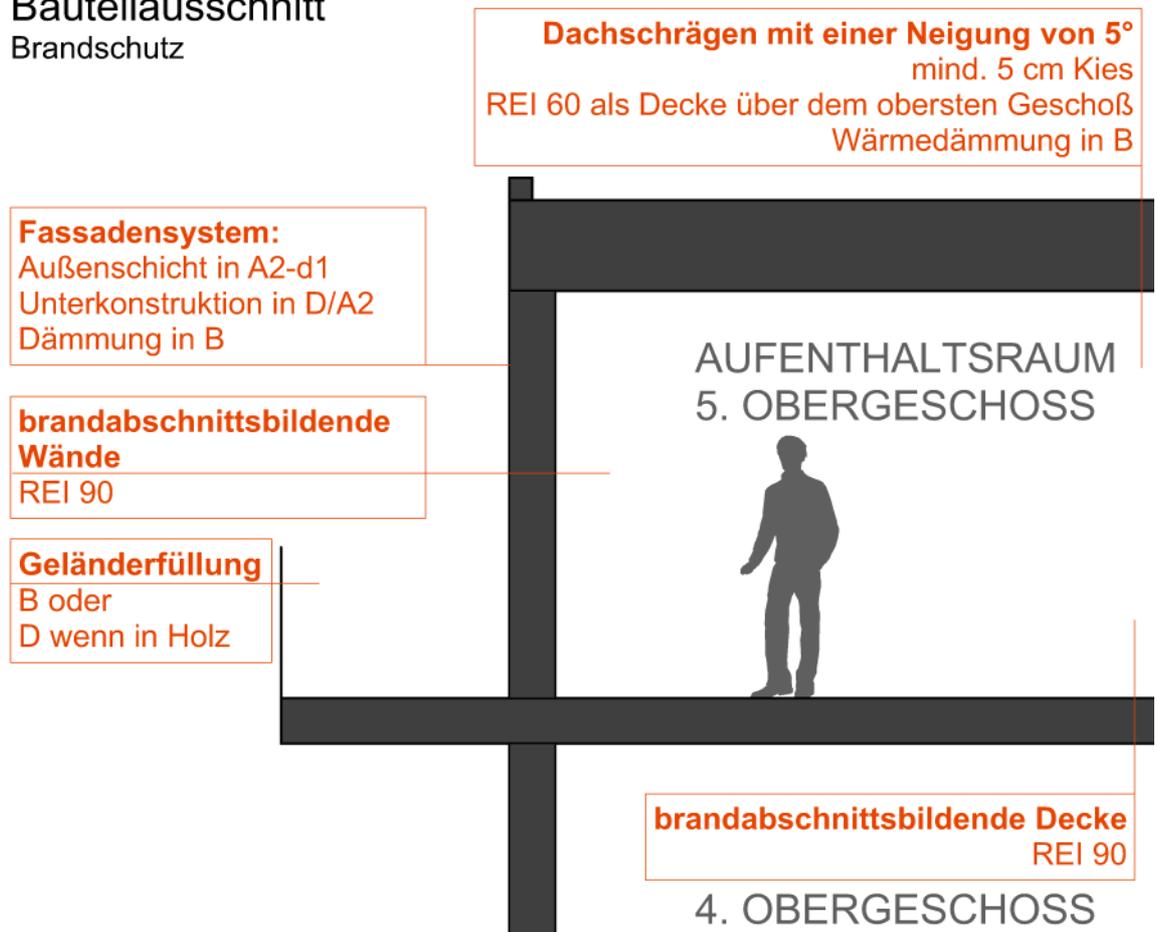


Abbildung 32: Bauteilausschnitt: Brandschutz 1:50

als konstruktive Elemente gearbeitet wird, wird dies als ausreichender Schutz vor sommerlicher Überhitzung gehandhabt.

Jedes Geschöß wird in einen Brandabschnitt eingeteilt. Deshalb wird die Geschößdecke als brandabschnittsbildende Decke mit einer Feuerwiderstandsdauer von REI 90 ausgeführt. Das Stiegenhaus bildet einen eigenen Brandabschnitt und ist in Stahlbeton ausgeführt.

Das Dach als oberste Abdeckung des Gebäudes und als Trenndecke muss die Feuerwiderstandsdauer REI 60 schaffen. Bei der Dacheindeckungen reicht eine 5 cm Kiesschicht bei einer Neigung unter 20° als Brandschutz aus. Die Dämmschicht am Dach muss in B ausgeführt werden.

Die tragenden Außenwände werden als brandabschnittsbildende Wände (REI 90) ausgeführt, die mind. 15 cm über das Dach geführt werden. Es werden alle tragenden

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Wände in den sechs oberirdischen Geschoßen in REI 90 ausgeführt. Es ist ein deckenübergreifender Außenwandstreifen (Höhe mind. 1,20 Meter) oder eine Auskragung der brandabschnittbildenden Decke (mind. 0,80 Meter horizontal auskragend) notwendig. Die wird durch die Balkone (1,50 Meter horizontal auskragend) und durch die Parapete zwischen den Geschoßen erreicht.

Das gesicherte Treppenhaus ist max. 40 Meter von jeder Position jedes Raumes ab Wohnungseingangstüre entfernt. Das Treppenhaus wird mit einer mechanischen Belüftungsanlage ausgestattet. Eine Fluchtweg-Orientierungsbeleuchtung wird außerhalb der Wohnungen installiert.

Die Anforderungen an das Brandverhalten für GK 5 und 6 oberirdischen Geschoßen betragen für das vorgehängte Fassadensystem für die Außenschicht A2-d1, für die Unterkonstruktion D⁵⁷ / A2 und für die Dämmschicht der Außenwand B.

Geländerfüllungen bei Balkonen müssen generell in B ausgeführt werden. Bei der Verwendung von Holzgeländer ist auch die Klasse D möglich. Jegliche Schächte, Kanäle und Leitungen in Wänden und Decken im Gebäude sind brandschutztechnisch ummantelt. In jedem Aufenthaltsraum des Gebäudes wird ein unverteilter Rauchwarnmelder installiert. Wandbeläge und abgehängte Decken müssen in den Gängen, d.h. außerhalb von Wohnungen in der Klasse B-s1,d0 ausgeführt werden. Im Treppenhaus in A2-s1,d0.⁵⁸

Die Einteilung des Brandverhaltens, gemäß ÖNORM EN 13501-1, erfolgt in Klassen A1, A2, B, C, D, E, F. Die Raumentwicklung lässt sich in s1, s2 und s3 einteilen, wobei s1 die geringste Raumentwicklung darstellt. Die Gefahr des Abtropfens oder Abfallens wird mit d0 (nicht tropfend), d1 und d2 bemessen.⁵⁹

57 Bei der Ausführung in Holz oder Holzwerkstoffen.

vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 14

58 vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 4-15

59 vgl. Teibinger, Matzinger 2013, S. 8

Bauteilausschnitt

Schall

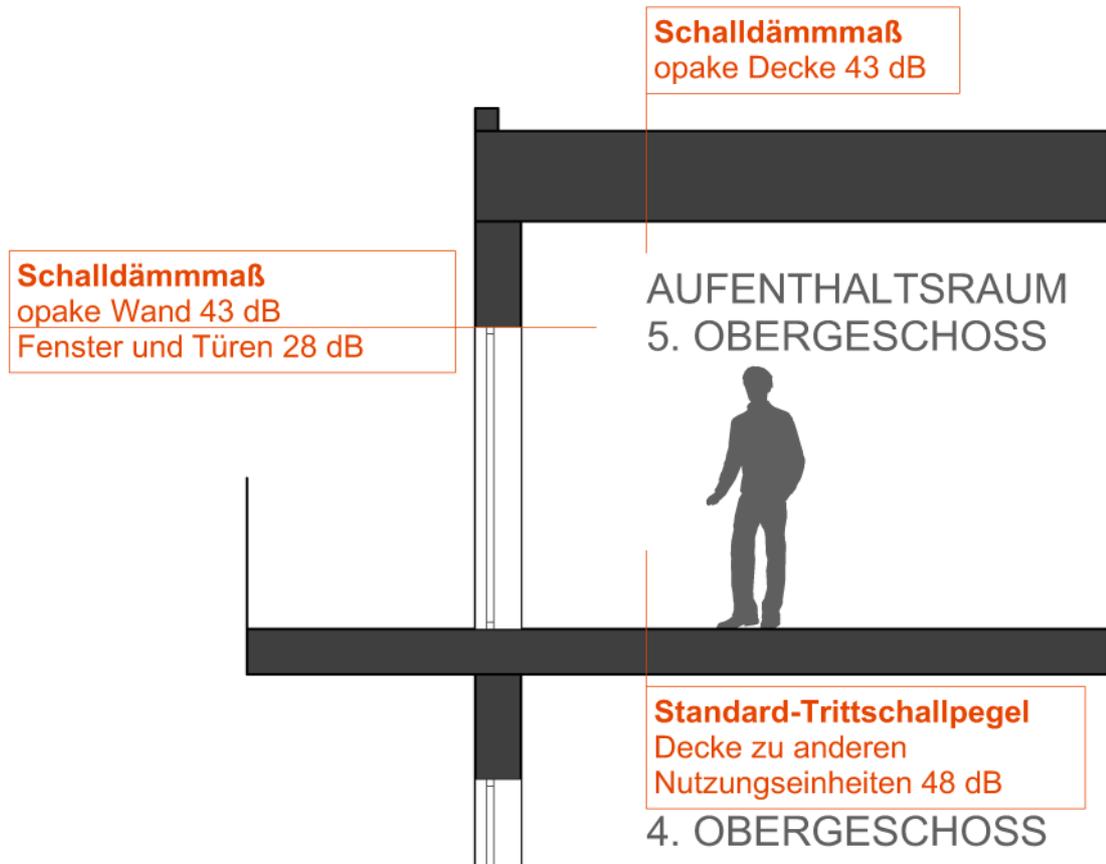


Abbildung 33: Bauteilausschnitt: Schallschutz 1:50

Der bauliche Schallschutz bei einem angenommenen maßgeblichen Außenlärmpegel bis 45 dB am Tag und bis 35 dB in der Nacht, beträgt bei Außenbauteilen zusammengefasst 33 dB. Die opaken Außenbauteile benötigen ein Schalldämmmaß von mind. 43 dB während Fenster oder Außentüren ein Schalldämmmaß von mind. 28 dB aufweisen müssen. Die Schallpegeldifferenz von Aufenthaltsraum zu Aufenthaltsraum anderer Nutzungseinheiten beträgt ohne Verbindungen durch Türen, Fenster oder sonstiges mind. 55 dB. Zur Schaffung eines Trittschallschutzes darf der Standard-Trittschallpegel aus Räumen anderer Nutzungseinheiten zu Aufenthaltsräumen 48 dB nicht überschreiten.⁶⁰

⁶⁰ vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2-4

Bauteilausschnitt

lichte Höhe und Belichtung

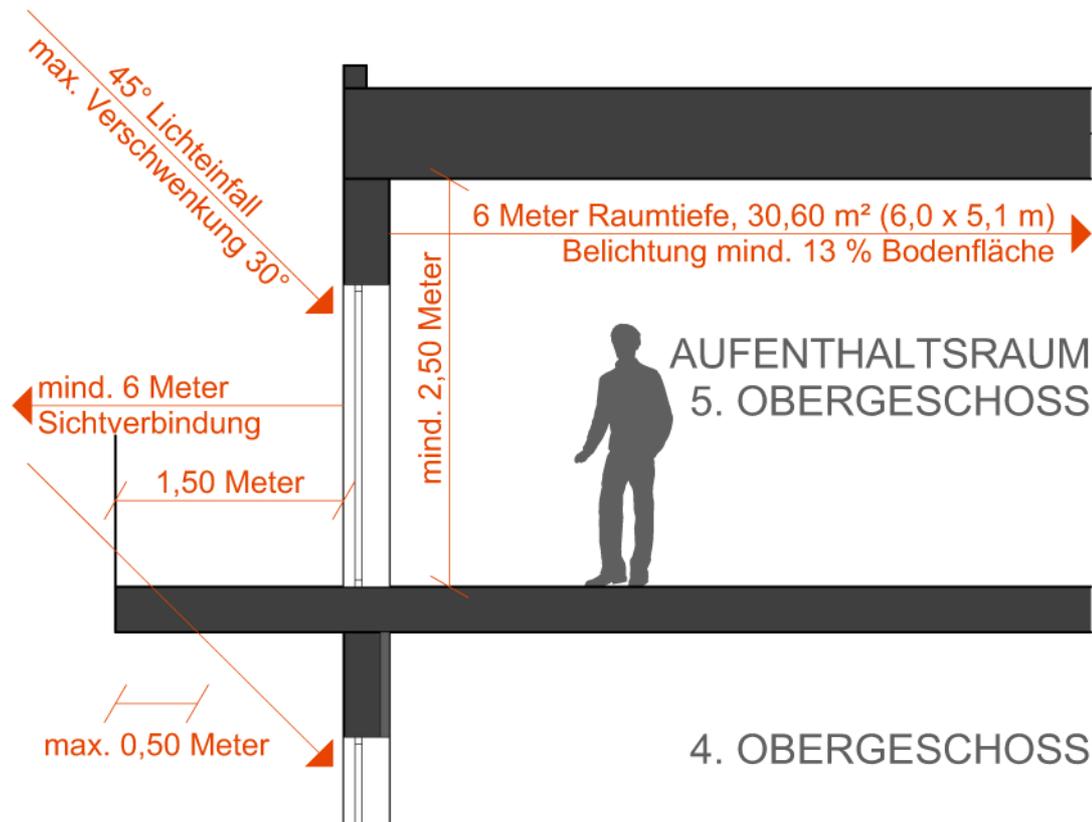


Abbildung 34: Bauteilausschnitt: Lichte Höhe und Belichtung 1:50

Bei dem gewählten Gebäudeausschnitt (Aufenthaltsraum) wird eine natürliche Belüftung des Aufenthaltsraumes durch unmittelbar ins Freie geführte Fenster und Türen ermöglicht. Aufenthaltsräume und Bäder müssen beheizbar sein. Die lichte Raumhöhe darf nicht weniger als 2,50 Meter für Aufenthaltsräume von Wohnungen, bei mehr als 3 Wohnungen, betragen. Die Belichtung, welche die Architekturlichte von Fenstern, Lichtkuppeln, Oberlicht-Bändern usw. beinhaltet, muss mind. 12 % der Bodenfläche betragen. Die Raumtiefe die in dieser Arbeit verwendet wird beträgt max. 6,00 Meter. Es ist ein ausreichender freier Lichteinfall von 45° zur Horizontalen mit einer max. Verschwenkung von 30°, vorhanden. Dabei ragen die Balkone bzw. Deckenvorsprünge nicht mehr als 50 cm horizontal in den erforderlichen Lichteinfall hinein. Um eine Sichtverbindung nach außen zu gewährleisten, bietet alle Lichteintrittsflächen eine freie Sicht von mind. zwei Metern. In einem Aufenthaltsraum jeder Wohnung muss eine freie waagrechte sich in 1,20 Meter Höhe von mind. 6 Meter gewährleistet sein. Eine Beleuchtung muss im Gebäude möglich sein.⁶¹

61 vgl. OIB 2015, Richtlinie 3, S. 6-8

Weiters muss natürlich das Tragwerk über eine ausreichende Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit verfügen.⁶² Alle diese Aspekte werden in die vorliegende Arbeit miteinbezogen bzw. die Diplomarbeit wird nach ihnen ausgerichtet.

⁶² vgl. OIB 2015, Richtlinie 1, S. 2

3.2 Konventionelle Bausysteme

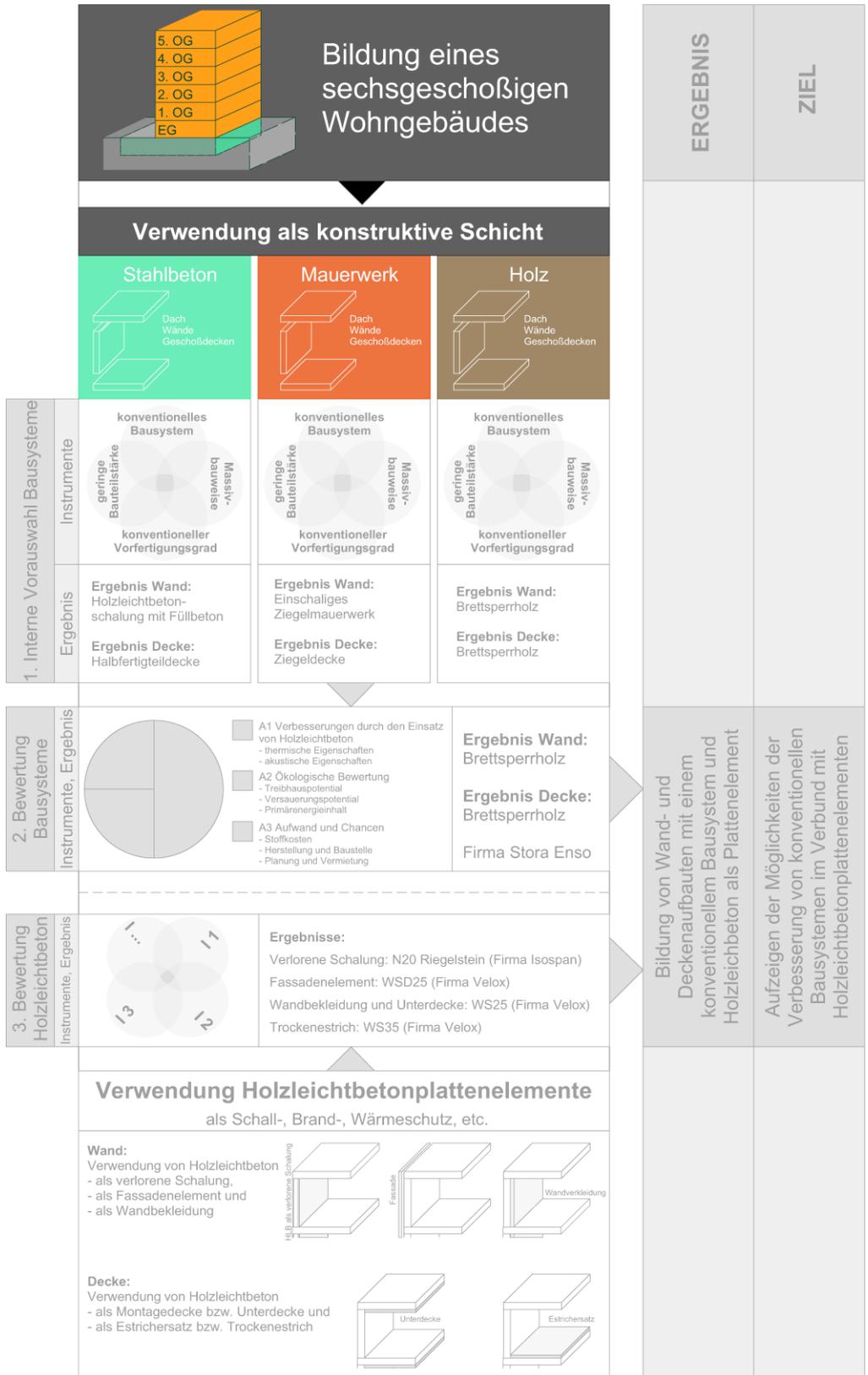


Abbildung 35: Übersicht Bausysteme

3.2.1 Allgemein

Bei jeglicher Form von Hochbau, sei es im Bereich Wohnungs- und Verwaltungsgebäudebau, bei Geschäftshäusern, bei Parkgaragen, etc. werden möglichst viele und gleichartige Geschoße übereinander gestapelt. Die Erschließung erfolgt über vertikale Treppen(-häuser) und Aufzüge während die Versorgung durch Schächte erfolgt. Zur Errichtung von Wohngebäuden wird oft auf Baustoffe wie (Stahl-)Beton, Mauerwerk und Holz zurückgegriffen. Meistens wird ein Konglomerat von mehreren Baustoffen, eine sogenannte Verbund- oder Mischbauweise, bevorzugt.⁶³ Während bei Bürogebäuden eine großflächige, flexible Grundrissgestaltung oft in Form von Leichtbausystemen realisiert wird, finden insbesondere bei Wohngebäuden vermehrt Massivbauweisen ihre Anwendung. Im Allgemeinen sind Wohnungen kleinteiligere Strukturen, die leichter in massive Tragstrukturen gut nutzbare Räume bilden können.

3.2.1.1 Geschichtliche Entwicklung

Bausysteme

Im 18. Jahrhundert war Holz zu annähernd 95 % das führende Baumaterial für den Hochbau. Naturstein (20 % Marktanteil) und Stahl (10 %) konnten nicht mit dem Baustoff Holz mithalten. Jedoch startete ab etwa 1850 der Rückgang der Holzernte aufgrund des starken Verbrauchs durch landwirtschaftliche Rodung sowie durch die industrielle Nutzung von Holz. Um 1900 begann auch der Stahl allmählich, mit einem Marktanteil bei Tragkonstruktionen des Hochbaus von etwa 40 Prozent, sich zu etablieren. Im ungefähr selben Zeitrahmen fanden auch Stahlbeton und Zement Eingang in die Hochbaukonstruktionen Mitteleuropas und sind auch jetzt noch dominierend mit über 70 Prozent Marktanteil. Beim Holzbau ist eine weitere Steigerung zu erwarten, um 1993 lag der Anteil von Holzkonstruktionen bei etwa 20 %. Kunststein wird heutzutage selten verwendet.⁶⁴

3.2.1.2 Derzeitiger Stand

Bausysteme

In Wien, mit etwa 1,7 Mio. EinwohnerInnen, werden jährlich 1,85 Mio. Tonnen Beton verbaut, d.s. in etwa 85 Prozent des gesamten Baumaterialinputs. In etwa 26.000 Tonnen

⁶³ vgl. Kollegger 2010, S. 13

⁶⁴ vgl. Winter 2015, Entwicklung des Holzbaus in Mitteleuropa, S. 14

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Holz, d.s. 1,2 Prozent des Inputs, werden verwendet. Der Input an Ziegeln beträgt mit 90.601 Tonnen pro Jahr auch nur etwa 4 Prozent des gesamten Inputs. Im Gegensatz zu Ländern wie Skandinavien, Nordamerika und Japan, dort rangiert der Holzmarktanteil bei etwa 50 bis 60 Prozent.

Die Kosten für Holz betragen bei Rundholz in etwa 80 € pro m³, wobei man für 1 m³ Baum 0,5 m³ Rundholz erhält. Bei Schnittholz beziffert sich der Preis auf ca. 200 € pro m³ während Brettschichtholz mit ca. 400 € pro m³ zu Buche schlägt.

Für Baustahl ist für ein Kilogramm mit etwa 1 bis 2 € zu rechnen und in etwa 16.000 € pro m³. Beton ist relativ günstig mit ca. 50 € pro m³. Eine Schalung beläuft sich auf 50 € pro m³, eine ganze Stahlbetondecke auf ca. 180 € pro m³. Zum Vergleich betragen die Kosten für Floatglas mit den Abmessungen 3 x 6 Meter und 4 bis 15 mm Dicke, in etwa 1.000 €.

Kurz ein paar Fakten. Das Gewicht von Holz beträgt ca. 350 kg/m³, Beton 2400 kg/m³ und Stahl ca. 7800 kg/m³. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt bei Holz 0,1 W/mK, bei Beton 2,1 W/mK und bei Stahl 50 W/mK. Bei einem 10 cm dicken Baustoff mit einer Temperaturdifferenz von 30 K beträgt der Wärmeverlust bei Holz 0,36 – 0,51 W, bei Beton 1,2 W, bei Mauerwerk 3,78 W und bei Stahl 140 W.⁶⁵

Wohnbau in Wien

Betrachtet man den Wohnbau in Wien von der Jahrhundertwende bis in die 1990er, lässt sich eine Verdopplung von ca. 400.000 auf mehr als 850.000 Wohnungen ablesen. Von 1951 bis 1991 sank der Altbaubestand jedoch von 77 Prozent auf 38 Prozent. 20 Prozent der Wohnungen (Stand 1991) wurden nach 1971 erbaut. Ein weiteres Beispiel für die Entwicklung des Wohnbaus ist die Hygiene. 1951 waren noch 55% der Wohnungen ohne Wasserentnahmestelle in der Wohnung, 1991 verringerte sich dieser Prozentsatz auf 4%. Seit dem Ende der 1980er Jahre steigt die Bevölkerungszahl wieder und auch ein Anstieg der Ansprüche hin zu mehr Wohnfläche pro Einwohner, kleineren Haushaltsgrößen, aber auch erhöhtem Umweltschutz, Wohnen mit Kindern, Wohnungen für alte Menschen oder behindertengerechte Wohnungen, etc. erfordert eine Ausdehnung der Stadt, sowie auch eine Benützung der verfügbaren, innerstädtischen Bauflächen, da mit Altbaurenovierungen allein die Bedürfnisse nicht erfüllt werden können.⁶⁶

Die folgenden Kapitel zeigen kurz die Eigenschaften mit ihren Vor- und Nachteilen der

65 vgl. Winter 2015, Entwicklung des Holzbaus in Mitteleuropa, S. 11-21

66 vgl. Eigner, Matis, Resch 1999, S. 30-36

vorherrschenden, konventionellen Bausysteme, wie Mauerwerksbau, Stahlbetonbau und Holzbau auf.

3.2.2 Mauerwerk

Ein Mauerwerk besteht grundsätzlich aus zwei Bestandteilen. Diese sind der Mauerstein und der Mauermörtel.

3.2.2.1 Mauersteine

Mauersteine unterscheiden sich in künstlich hergestellten Steinen und Natursteinen. Steine mit Lochungen (Hochlochsteine, Hohlblocksteinen, Langlochsteine) dienen dem besseren Handling durch z.B. Grifflöcher, oder durch Verbesserung der bauphysikalischen Aspekte durch ein Wärmedämmmaterial.⁶⁷

Künstlich hergestellte Steine

Künstlich hergestellte Steine sind Mauerziegel, Kalksandsteine, Porenbetonsteine, Hüttensteine, Normalbeton- und Leichtbetonsteine, und werden je nach gewünschten statischen oder bauphysikalischen Anforderungen gewählt.⁶⁸

Mauerziegel

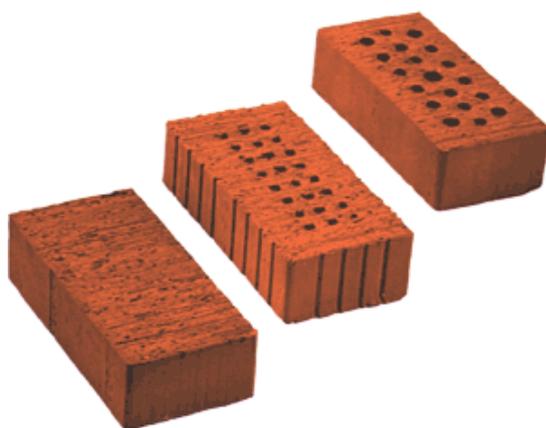


Abbildung 36: Mauerziegel

69

67 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 55-61

68 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 55-61

69 Abb. 36: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Wand, Mauerziegel

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Die ältesten und namhaftesten künstlichen Steine sind die Mauerziegel, die aus den natürlichen Rohstoffen Ton und Lehm gebildet werden. Zur Schaffung von kleinen Poren und einer dadurch verminderten Wärmeleitfähigkeit werden oft Zusatzstoffe (Sägemehl oder Polystyrolkugeln) beigefügt, die sich beim Verbrennen auflösen. Genormte Mauerziegelarten sind u.a. der Vollziegel, der Hochlochziegel, der Mauertafelziegel, der Vormauervollziegel, der Vormauerhochlochziegel, der Vollklinker, der Hochlochklinker, der Form-, der Handformziegel, etc.⁷⁰ Ziegel können eingeteilt werden in Mauerziegel, Hochlochziegel, Planziegel, Schallschutzziegel und Schallschutzblockziegel bzw. Verfüllziegel.

Der **Mauerziegel** besitzt einen Lochanteil von max. 25 Prozent.

Beim **Hochlochziegel** sind die Hohlräume senkrecht zur Lagerfläche und der Lochanteil beträgt zwischen 25 und 55 Prozent. Die konventionellen Dicken betragen 17 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 38 cm, 40 cm und 50 cm.

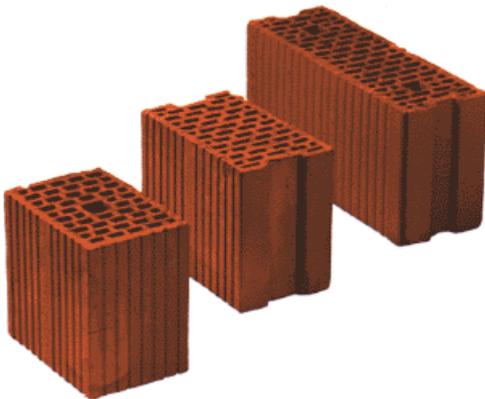


Abbildung 37: Hochlochziegel

71

Das neue System **Planziegel** bietet Vorteile im Bereich der schnellen Verarbeitung, dem raschem Baufortschritt, minimierten Mörtelverbrauch, einer hohen statischen Belastbarkeit, etc. Der Planziegel ist immer 24,9 cm hoch und besitzt verschiedenste Stärken (17 cm, 20 cm, 30 cm, 38 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm).

70 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 56-57

71 Abb. 37: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Wand, Hochlochziegel

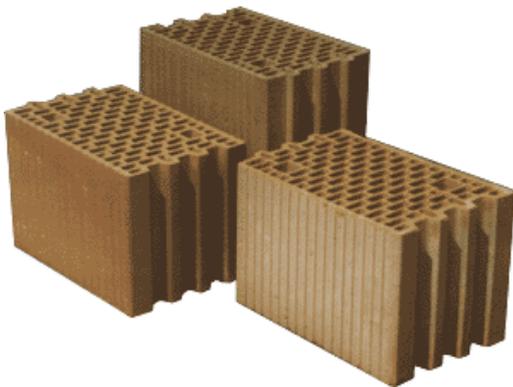


Abbildung 38: Planziegel

72

Der Vorteil des **Schallschutzziegels**, ist, wie der Name bereits verrät, dass im Prüfstand Schalldämmmaße bis $R_w = 61$ dB erreicht werden. Die Dicke beträgt 17 cm, 20 cm, 25 cm und 30 cm. Ein Problem könnte das erhöhte Stückgewicht des Ziegels sein, das in ergonomischer und wirtschaftlicher Hinsicht kontraproduktiv ist.

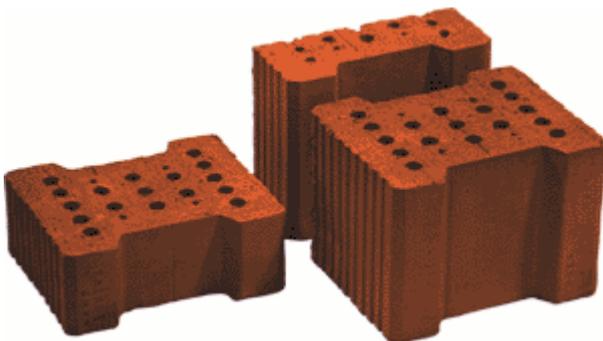


Abbildung 39: Schallschutzziegel

73

Beim **Schallschutzblockziegel bzw. Verfüllziegel** werden Planziegel zur Verbesserung der Schalldämmung mit Beton verfüllt.⁷⁴

72 Abb. 38: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Wand, Hochlochziegel

73 Abb. 39: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Wand, Schallschutzziegel

74 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Produktprogramm, Wand

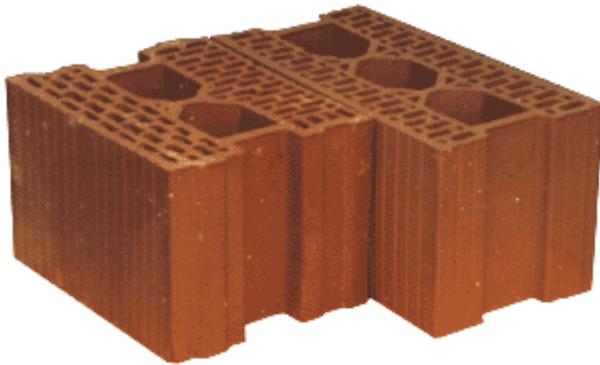


Abbildung 40: Schallschutzblockziegel bzw. Verfüllziegel

75

Kalksandsteine

Bei den Kalksandsteinen ergibt ein, in einer gesättigten Dampfdruckatmosphäre gehärtetes, Gemenge von erdfeuchtem Kalk und Sand, sehr widerstandsfähige Verbindungen. Genormte Kalksandsteinarten sind der Voll- und Blockstein, der Loch- und Hohlblockstein, der Planstein, etc. Auch Bauplatten aus Kalksandsteinen sind möglich.⁷⁶

Porenbetonsteine

Porenbetonsteine werden aus quarzhaltigem Sand bzw. Flugasche, Bindemittel (gemahlener Branntkalk und/oder Zement), Treibmittel (Aluminium in Form von Pulver oder Paste), Wasser und ev. Zusatzstoffen hergestellt. Die Poren, die durch die Entweichung von Wasserstoffgas entstehen, haben einen Durchmesser von ca. 0,5 bis 1,5 mm. Genormte Porenbetonsteine sind der Blockstein, der Planstein, die Bauplatte und die Planbauplatte. Die üblichen Abmessungen von Porenbetonsteinen betragen 615 x 365 x 240 mm, bei den Bauplatten sind es 615 x 150 x 240 mm.⁷⁷

Hüttensteine

Hüttensteine bestehen aus künstlichen Zuschlägen, z.B. Hochofenschlacke, und hydraulischen Bindemittel, z.B. Zement. Genormte Hüttensteinarten sind die Hüttenvollsteine, die Hüttenlochsteine und die Hüttenhohlblocksteine.⁷⁸

Beton- und Leichtbetonsteine

Bei den Betonsteinen werden mineralische Zuschläge und z.B. Zement als Bindemittel verwendet, während bei Leichtbetonsteinen nur Leichtzuschläge wie Naturbims,

75 Abb. 40: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Wand, Schallschutzziegel

76 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 57-58

77 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 59

78 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 61

Blähschiefer, Blähton, Ziegelsplitt, etc. benutzt werden.⁷⁹

Natursteine

Natursteine werden häufig für Renovierungen, jedoch selten für einen Neubau verwendet. Zu den Natursteinen zählen alle Steine, die in der Natur vorkommen und eine gewisse Mindestdruckfestigkeit aufweisen können.⁸⁰

3.2.2.2 Mauermörtel

Um einen Frischmauermörtel⁸¹ zu erhalten, werden anorganische Bindemittel (Baukalk, Zement oder Putz- und Mauerbinder), Zuschläge (Natursand, Brechsand oder Granulat), Anmachwasser und falls notwendig Zusatzstoffe⁸² (Steinmehl, Pigmente, Trass, Hochofenschlacke oder Flugasche) und/oder Zusatzmittel⁸³ (Luftporenbildner, Wasserrückhaltmittel, Abbinderegler, Kunststoffdispersionen und Zusatzmittel, die eine Verbesserung des Haftens von Mörtel und Stein ermöglicht) vermengt. Beim Mauermörtel wird zwischen Mörtel nach Eignungsprüfung⁸⁴ und Mörtel nach Rezept⁸⁵ differenziert.⁸⁶

Mörtelarten

Unterscheidet man Mörtel nach den Eigenschaften, so gibt es Normalmauermörtel, Dünnbettmörtel⁸⁷ und Leichtmauermörtel⁸⁸.

Mörtel kann auch nach seiner Herstellungsart differenziert werden, es gibt Baustellen-⁸⁹

79 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 60

80 vgl. Pfeifer u.a. 2001, S. 55-61

81 Ein Frischmauermörtel ist fertig gemischt und gebrauchsfertig.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 9

82 Die Mörtel Eigenschaften werden durch Zusatzstoffe verändert. Nicht verändert werden dürfen die Festigkeit, das Erhärten des Bindemittels und die Beständigkeit des Mörtels.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 19

83 Die Mörtel Eigenschaften werden durch Zusatzmittel chemisch oder physikalisch verändert.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 20

84 Ein Mörtel, der durch seine Zusammensetzung und Herstellung vom Hersteller für bestimmte Eigenschaften klassifiziert wurden.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

85 Ein Mörtel, der zwingende Mischungsverhältnisse besitzt. Die Eigenschaften des Mörtels ergeben sich aus den Anteilen der Mischung.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

86 vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 9-20

87 Ein Dünnbettmörtel hat ein genormtes Maximalmaß bei der Korngröße.
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

88 Beim Leichtmauermörtel befindet sich die Trockenrohddichte des Festmörtels unter einem gewissen Wert (1300 kg/m³).
vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

89 Beim Baustellenmörtel werden die Ausgangsstoffe erst auf der Baustelle gemischt.

und Werkmauermörtel^{90, 91}

Mörteleigenschaften

Die Aufgabe des Mörtels ist u.a. die Toleranzen bei Steinen auszugleichen um ein ebenes Feld zu bilden, was sich positiv auf den Feuchtigkeits-, Wärme, Schall- und Brandschutz auswirkt. Des Weiteren soll durch die kraftschlüssige Verbindung zwischen Stein und Mörtel, die Druck-, Zug-, Scher- und Biegebeanspruchung aufgenommen werden.

Zur Klassifizierung von Frischmörtel nennt der Hersteller die Verarbeitbarkeitszeit, den Luft- und den Chloridgehalt.

Beim Festmörtel wird die Druckfestigkeit mit einem M und der dahinter angegebenen Druckfestigkeit in N/mm² bezeichnet, z.B. M 2,5.⁹² Für den Mauerwerksbau bedarf es einer Mörtelgruppe von mind. M3 (lt. ÖNORM EN 998-2). Eine Ausnahme bilden Gebäude mit nur einem Obergeschoß, diese können auch mit geringerer Druckfestigkeit gebaut werden, z.B. mit Kalkmörtel.⁹³ Es bestehen Angabeverpflichtungen für die Dauerhaftigkeit, für den Frostwiderstand und für wärmeschutztechnische Angaben (Wärmeleitfähigkeit). Mörtel gehört zur Brandschutzklasse A1, sofern die organischen Stoffe max. ein Prozent der Masse oder des Volumens beinhalten. Andernfalls wird die Brandschutzklasse nach EN 13501-1 eingeteilt. Bei Dünnbettmörtel besteht additive Angabeverpflichtung zur Gesteinskörnung, die max. 2 mm sein darf, und der Korrigierbarkeitszeit.⁹⁴

3.2.2.3 Eigenschaften

Die Steine des Mauerwerks weisen eine größere Druckfestigkeit im Gegensatz zum Mörtel auf. Dies führt dazu, dass es nicht zum vollen Gebrauch der Druckfestigkeit der Steine kommen kann. Nicht nur die Druckfestigkeit, auch die unterschiedlichen E-Module sollten berücksichtigt werden. Der Mörtel verformt sich mehr, was wiederum den Mörtel in Spannung versetzt, da er sich durch den Verbund mit den Steinen nirgends hinbewegen kann. Diese Vorgangsweise bringt den Stein in Zugspannung, dieser kann jedoch nur 1/10 der Druckspannungen an Zugspannungen aufnehmen. In Summe kommt die

vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

90 Werkmauermörtel wird im Werk entweder gebrauchsfertig als Nassmörtel oder als Trockenmörtel, wo nur die Zugabe von Wasser fehlt, hergestellt.

vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

91 vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 10

92 vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 11-12

93 vgl. Schneider, u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 57

94 vgl. Schneider, Bruckner 2008, Mörtel, S. 12-13

Festigkeit des Mauerwerks auf keinen Fall an die Festigkeit des Steines heran.

Die verwendeten Gesetze und Verordnungen für ein tragendes Ziegelmauerwerk beinhaltet die ÖNORM B 3200 (Mauer- und Hochlochziegel für tragendes Mauerwerk), die ÖNORM B 3219 (Sichtziegel), die ÖNORM B 3220 (Klinker) und die OIB-Richtlinie „Ziegelwandelemente für den Massivbau“.⁹⁵ Die ÖNORM B 3380 beinhaltet tragende Wände (Drucklasten von der Decke und dem Eigengewicht der Wand) und aussteifende Wände (keine Deckenlast, Aussteifung auch gegen horizontale Kräfte). Die ÖNORM B 3358 befasst sich nur mit nichttragenden Wänden, die allein ihr Eigengewicht zu Boden bringen.⁹⁶

Mauerziegel und Hochlochziegel werden in die Ziegelfestigkeitsklassen 5,0 N/mm², 7,5 N/mm², 10,0 N/mm², 12,5 N/mm², 15,0 N/mm², 17,5 N/mm², 20,0 N/mm², 25,0 N/mm², 30 N/mm², 40,0 N/mm² und 50,0 N/mm² eingeteilt.⁹⁷

Für eine tragende Wand beträgt die Bauteilstärke, abgesehen von bauphysikalischen Aspekten, mind. 17 cm.⁹⁸ Aussteifende Wände sollten eine Mindestdicke von 12 cm besitzen, wobei sie zusätzlich eine flächenbezogene Masse von mind. 200 kg/m² inklusive Putz aufweisen sollten.⁹⁹

Ein positiver Aspekt der Ziegelwand ist die Feuerwiderstandsklasse. Eine 12 cm dicke Ziegelwand hält bereits 180 Minuten dem Normbrand entgegen und erfüllt die Anforderungen der Brandwiderstandsklasse EI 180.¹⁰⁰

3.2.2.4 Systeme im Mauerwerksbau

Beim Ziegelmauerwerk wird zwischen einem einschaligen und einem zweischaligen Wandaufbau unterschieden. Das einschalige Mauerwerk kann aus einem Einsteinmauerwerk oder einem Verbandmauerwerk bestehen. Das Zweischalenmauerwerk besteht aus einer inneren und einer äußeren Mauerwerksschale und einer innenliegenden Dämmschicht.¹⁰¹ In Österreich wird zum größten Teil der einschalige Wandaufbau genutzt. Bei mehrschaligen Konstruktionen sollte der

95 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Statik, Baustoffe, Ziegel

96 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 57-58

97 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Statik, Baustoffe, Ziegel

98 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 57-58

99 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Statik, Konstruktive Anforderungen, Mindestabmessungen

100vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Brandschutz

101vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 49-50

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Feuchtetransport von innen nach außen optimal geregelt sein. Das bedeutet, dass die Schichten nach außen hin abnehmende Wärmeleitahlen und Dampfdiffusionswiderstände haben sollten. Ist dies nicht möglich muss innenseitig eine Dampfbremse eingesetzt werden..¹⁰²

Einschaliges Mauerwerk

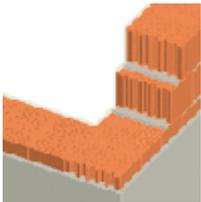


Abbildung 41: Einschaliges Mauerwerk

103

Die einschalige Wand kann ökonomisch betrachtet aus Großblockziegeln bestehen und wird als Sichtmauerwerk im Verband hergestellt. Um wenigstens den genügenden Wärme- und Feuchteschutz zu gewährleisten, muss die Fuge, 2 cm, zwischen den Steinen sorgsam mit Vergußmörtel geschlossen werden. Beim Verbandmauerwerk sollte das Vorder- und Hintermauerwerk die gleichen Steineigenschaften besitzen. Der Wasserdampf kann mühelos vom Innenraum durch die Ziegelwand diffundieren, wobei hierfür poröse Ziegel besser geeignet sind als z.B. dichte Klinker. Als Fugenmörtel kann ein Kalkzementmörtel verwendet werden, da der Mörtel nicht dampfsperrend angebracht werden darf.¹⁰⁴

Verbände für Einsteinmauerwerke

Der Läuferverband besteht nur aus Läufersteinen und diese werden immer um eine halbe Steinlänge ungleich angebracht. Die Dicke der Wand ist der Steinbreite entsprechend, wobei jegliche Formate verwendet werden können.

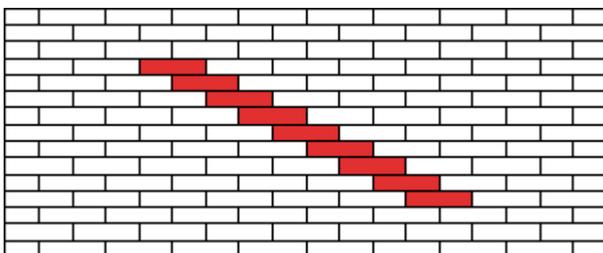


Abbildung 42: Läuferverband

105

102 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Wandsysteme

103 Abb. 41: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Wandsysteme

104 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 49-50

105 Abb. 42: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände

Beim Binderverband ist die Wandstärke gleich dick wie die lange Seite der Steine. Auch hier werden die Binder versetzt angeordnet.¹⁰⁶

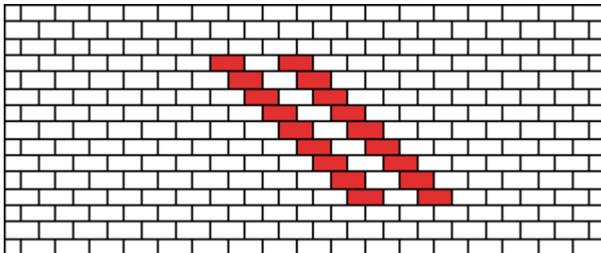


Abbildung 43: Binderverband

107

Verbände für Verbandmauerwerk

Verbände für ein Verbandmauerwerk beinhalten den Blockverband, den Kreuzverband, den Holländischen Verband, sowie den Gotischen und den Märkischen Verband.¹⁰⁸

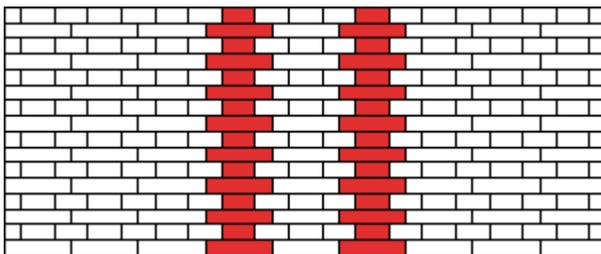


Abbildung 44: Blockverband

109

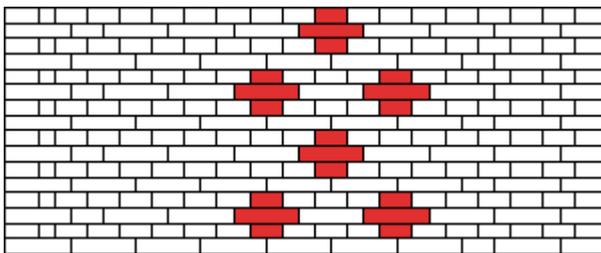


Abbildung 45: Kreuzverband

110

106 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 51

107 Abb. 43: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände

108 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 52-55

109 Abb. 44: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände

110 Abb. 45: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

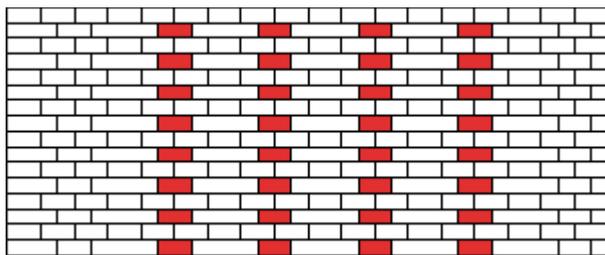


Abbildung 46: Holländischer Verband 111

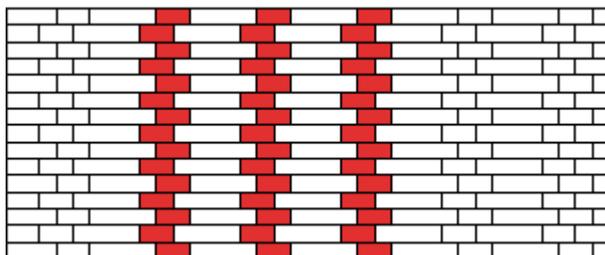


Abbildung 47: Gotischer Verband 112

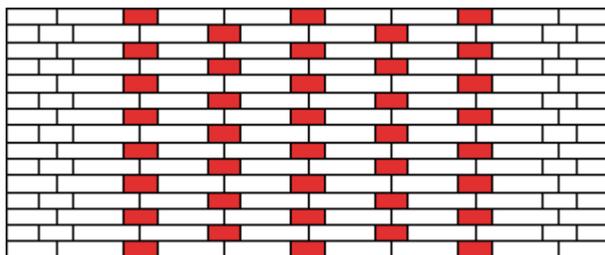


Abbildung 48: Märkischer Verband 113

Zweischaliges Mauerwerk

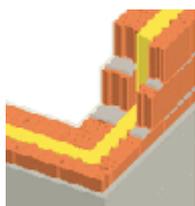


Abbildung 49: Zweischaliges Mauerwerk 114

Beim zweischaligen Mauerwerk wird das Sichtmauerwerk bzw. die Verblendungsschale vom Hintermauerwerk durch eine weitere Schicht verbunden, damit sich die zwei Schalen nicht berühren. Somit können die Eigenschaften wie auch das Format dieser zwei Mauerwerke voneinander abweichen. Verbunden werden Sie durch 5 Edelstahlanker mit

- 111 Abb. 46: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände
- 112 Abb. 47: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände
- 113 Abb. 48: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Planungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelverbände
- 114 Abb. 49: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Wandsysteme

3 bis 4 mm Durchmesser pro m². Die dazwischenliegende Schicht, die 12 cm nicht übersteigen darf, kann als Luftschicht oder als 2 cm dicke Mörtelfuge ausgeführt werden, kann aber ebenso mit Wärmedämmmaterial befüllt werden. Die Ausführung als zweischalige Wand mit Luftschicht ist in erster Linie in Norddeutschland und den Niederlanden verbreitet.

Wird eine Wärmedämmung eingebaut, sollte sie nicht am Sichtmauerwerk, sondern am Hintermauerwerk, entweder mit Luftschicht oder mit einer feuchtigkeitsabweisenden Imprägnierung der Dämmung befestigt werden.¹¹⁵

Ziegeldecke

Ein weiteres von der Ziegelindustrie bereits auf den Markt gebrachtes System ist die Ziegeldecke. Sie unterscheidet sich in Rippen- und Plattendecke.

Rippendecke

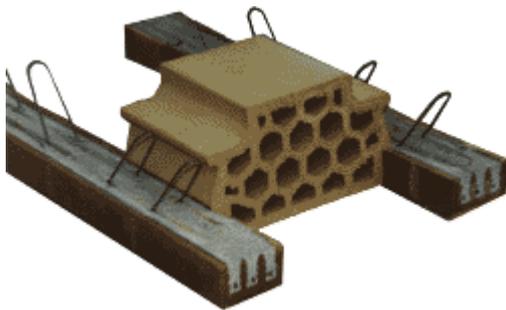


Abbildung 50: Rippendecke

116

Diese Art Plattenbalkendecke besitzt einen max. Abstand von 75 cm zwischen den Rippen. Dabei sind die Deckenziegel, welche auf die Rippen verlegt werden, entweder statisch mitwirkend oder nicht mitwirkend ausgeführt, wobei bei einer nicht mitwirkenden Ausbildung ein Aufbeton von mind. 4 cm aufgebracht werden muss. Eine völlige Herstellung der Rippendecke auf der Baustelle ist durch das Einlegen von Stahlbewehrungen zwischen den Deckenziegeln und einer Ausbetonierung mit Ortbeton möglich.

115 vgl. Schneider u.a. 2008, Keramik, Steine und Glas, S. 55-56

116 Abb. 50: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Decke

Plattendecke



Abbildung 51: Plattendecke

117

Plattendecken besitzen einen hohen Vorfertigungsgrad mit oder ohne Vorspannung und werden in Platten direkt auf die Baustelle geliefert, ohne Unterstellung mittels Kran verlegt und zuletzt die Fugen zwischen den Elementen mit Beton vergossen.¹¹⁸

117 Abb. 51: Verband Österreichischer Ziegelwerke 2017, Technik, Produktprogramm, Decke

118 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Produktprogramm, Decke

3.2.3 Stahlbeton

3.2.3.1 Beton

Beton ist das erhärtete Gemisch aus Gesteinskörnung, Zement als Bindemittel und Wasser und kann mit Zusatzmitteln und -stoffen vermengt sein. Eine Schalung bringt ihn in seine endgültige erhärtete Form.¹¹⁹ Der Beton kann unter anderem nach folgenden Kriterien unterteilt werden:

Zusammensetzung

Nach der Zusammensetzung kann zwischen Kiessandbeton¹²⁰, Splittbeton¹²¹, Basaltbeton¹²², Bimsbeton¹²³, Styroporbeton¹²⁴, Holzbeton und Faserbeton¹²⁵ unterschieden werden.¹²⁶

Rohdichte

Die Rohdichte hängt unter anderem von der Art der zugefügten Gesteinskörnung ab. Bei Leichtbeton, mit einer Trockendichte unter 2000 kg/m³, umfassen Beispiele für die Gesteinskörnungen Naturbims, Hüttenbims, Blähton und Blähschiefer. Normalbeton, mit

119 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Frischbeton, S. 3

120 *"Bezeichnung für Beton aus Sand und Kies. Normalbeton."*
Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 285

121 *"Bei der Herstellung von Sp. wird als Gesteinskörnung geprochenes Natursteinmaterial verwendet. Er läßt sich meistens ebenso gut wie [...] Kiesbeton verarbeiten. [...] Sp. findet in allen Bereichen des Betonsbaus Anwendung."*
Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 290

122 Beispiel für ein Bauwerk mit Basaltbeton als Zusatzstoff liefert das Kunstmuseum in Liechtenstein, welches durch Basalt, Flusskies und schwarzen Farbpigmenten eine dunkle Farbigekeit und feine Struktur aufweist.
vgl. Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 43

123 Leichte Gesteinskörnungen für Beton mit einer Trockenrohndichte von max. 2,2 kg/dm³ sind Naturbims, Hüttenbims, Blähton und Blähschiefer.
vgl. Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 48

124 *"Porenbeton, bei dem die Gesteinskörnung teilweise aus geschäumtem Polystyrol besteht. [...] Der Baustoff findet hauptsächlich Anwendung als Dämmputz."*
Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 291

125 *"Beton, bei dem [...] Zementleim bzw. dem Frischbeton Fasern zugegeben werden, um die Zugfestigkeit, Schlagfestigkeit und Verformbarkeit des Festbetons zu erhöhen. Praktische Bedeutung haben Asbest-, Kunststoff-, Glas- und Stahlfasern erlangt."*
Kind-Bakauskas u.a. 2002, S. 283

126 vgl. Kollegger 2010, S. 31

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

einer Trockendichte zwischen 2000 und 2800 kg/m², kann Sand, Kies, Kalkstein, Hochofenschlackensand und Hochofenstückeschlacke als Gesteinskörnungsanteil beinhalten. Beispiele für Gesteinskörnungen von Schwerbeton, mit einer Trockendichte von über 2800 kg/m³, sind Schwerspat, Eisenerz, Stahlsand und Stahlschrott.^{127 128}

Ort der Herstellung

Bei werkgemischtem Transportbeton bzw. Lieferbeton kommt der Beton einbaufertig auf die Baustelle während beim Baustellenbeton die einzelnen Bestandteile erst vor Ort vermengt werden.^{129 130}

Ort der Verarbeitung

Beton kann sowohl als Ortbeton, welcher erst auf der Baustelle in der endgültigen Lage erhärtet, als auch als Fertigteil, welcher im Werk hergestellt und bereits als Fertigteil geliefert wird (z.B. Betonfertigteile), ausgeführt werden.^{131 132}

3.2.3.2 Bewehrungsstahl

Beton besitzt eine geringe Zugfestigkeit, d.h. nur etwa 5 bis 10 % der Druckfestigkeit, was die Verbindung mit Stahl als Bewehrung sinnvoll macht. Heutzutage werden als Bewehrung ausschließlich gerippte Stäbe und Bewehrungsmatten verwendet. Die Eigenschaften von Bewehrungsstahl umfassen große Festigkeiten, ein hohes Verformungsvermögen, gute Verbundeigenschaften, eine gewisse Eignung zum Biegen, gute Schweißbarkeit sowie Dauerschwingfestigkeit.

Die EN 1992-1-1 liefert ein Nachschlagewerk für Eigenschaften des Bewehrungsstahls. Eingeteilt wird er in Stäbe und geschweißte Matten. Die Stäbe haben einen Durchmesser von 8 bis 40 mm und eine max. Länge von 12 Metern, während die Mattendimensionen bei einem Durchmesser von 4 bis 12 mm, Abmessungen von 2,4 Metern Breite und 5,1 bis 8,1 Metern Länge betragen.¹³³

127 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Frischbeton, S. 3

128 vgl. Kollegger 2010, S. 31

129 vgl. Kollegger 2010, S. 31

130 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Frischbeton, S. 3

131 vgl. Kollegger 2010, S. 31

132 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Frischbeton, S. 4

133 vgl. Kollegger 2010, S. 37-107

3.2.3.3 Spannstahl

Der durch die europäische-technische Zulassung (ETA) geregelte Spannstahl schafft, aufgrund der größeren Möglichkeit an Stahldehnungen, welche die Spannkraftverluste erforderlich machen, höhere Festigkeiten im Vergleich zu gewöhnlichem Bewehrungsstahl.

Arten von Spannstählen sind Stäbe, Drähte und Litzen. Stäbe besitzen einen Durchmesser von 12 bis 36 mm und können gerippt, was bessere Verbundeigenschaften ermöglicht, oder glatt ausgeführt sein. Drähte mit einem Durchmesser von 4 bis 10 mm, werden hauptsächlich kaltgezogen und thermisch nachbehandelt. Die Oberfläche des Drahtes ist gerippt, gerillt oder glatt. Die höchsten Festigkeiten werden bei Spanndrahtlitzen geschaffen. Litzen bestehen aus sieben Einzeldrähten mit einem Durchmesser zwischen 3 und 5 mm.¹³⁴

3.2.3.4 Verbundwerkstoff Stahlbeton

Stahlbetonbalken

Die Stahlbewehrung, die im Zugbereich eingebracht wird, nimmt die Zugkraft auf. Bei Stahlbetonbalken kommt das Versagen nicht plötzlich, sondern kündigt sich durch große Durchbiegung und viele Risse an.¹³⁵

Spannbeton

Bei Spannbeton werden die Risse minimiert, da durch die Vorspannung des Stahles auf den Beton Druckkraft aufgebracht wird und es dadurch bei Eigengewicht und Nutzlast noch keine Zugspannungen gibt. Der Spannbeton bzw. die Vorspannung reduziert die Verformungen. Außerdem sind mit Spannbeton schlankere und weiter gespannte Tragwerke möglich, da die Vorspannung mit hochfestem Stahl arbeitet und somit geringe Querschnitte nötig sind.¹³⁶

134 vgl. Kollegger 2010, S. 39

135 vgl. Kollegger 2010, S. 43

136 vgl. Kollegger 2010, S. 43-119

3.2.3.5 Eigenschaften

Insbesondere der hohe Feuerwiderstand im Gegensatz zu Stahl und Holz ist im Hochbau von Nutzen. Auch eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Einwirkungen besteht bei Stahlbeton. Stahlbeton ist ein wirtschaftlicher Baustoff mit niedrigen Kosten für die Ausgangsstoffe, sowie geringe Herstellungs- und Unterhaltskosten.

Als negativ bewertbares Betonmerkmal ist die geringe Zugtragfähigkeit, die jedoch bei der Verwendung von Stahlbeton ausgeglichen wird. Als nachteilig kann auch das große Eigengewicht und die hohe Wärmeleitfähigkeit gesehen werden. Bei einem Abbruch erschwert die monolithische Bauweise die Arbeiten.

Die kraftschlüssige Verbindung zwischen Beton und Stahl wird durch die Haftung des Zementsteines an den Bewehrungsstäben, durch Reibung sowie durch Scherverband, das ist die dübelartige Verzahnung der Rippen mit dem Beton, ermöglicht. Vorteilhaft für die Verbundwirkung ist der gleiche Wärmeausdehnungskoeffizient für Stahl und Beton ($10^{-5} 1/K$), was ein relativ identisches Dehnungsverhalten bedeutet. Der Bewehrungsstahl wird durch die Überdeckung mit basischem Zementstein vor Korrosion bewahrt. Wichtig dafür ist die gute Verdichtung des Betons, eine ausreichende Überdeckung des Stahls und eine Einschränkung der Rissbreiten, z.B. durch eine zusätzliche Bewehrung. Obwohl auch Stahl sehr gut Druck ableiten kann, übernimmt trotzdem der Beton die Übertragung von Druckkräften, da dieser für die Druckableitung wirtschaftlicher ist. Stahl ist preiswerter und wirtschaftlicher für die Übertragung von Zugkräften im Vergleich zu Beton.¹³⁷

Rissbildung

Erst durch eine gewisse Bildung von Rissen, fungiert der Bewehrungsstahl als Zugelement, daher ist nur eine Beschränkung und nicht eine Vermeidung der Rissbreiten sinnvoll.¹³⁸

Klassifizierung

Eine Klassifizierung der Druckfestigkeit von Beton gemäß Eurocode (EN 1992-1-1) geschieht mit der Einteilung des Betons in eine Betonfestigkeitsklasse, die aufgrund der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit oder Würfeldruckfestigkeit gemessen wird. Die

137 vgl. Kollegger 2010, S. 13-37

138 vgl. Kollegger 2010, S. 107-109

Festigkeitsklasse gilt als Ausgangswert für einen statischen Nachweis.¹³⁹

Beispiel für eine Festigkeitsklasse: **C25/30/XC3/XD2/XF3/XA2L/XA2T/SB (A)**

(A) Austria

Druckfestigkeit

C	Normalbeton	auch:	LC	Leichtbeton
25	mindeste, charakteristische Druckfestigkeit von Zylindern in N/mm ²			
30	mindeste, charakteristische Druckfestigkeit von Würfeln in N/mm ²			

Umweltklassen / Expositionsklassen

X0	Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		
XC	Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung	1	geringster Angriff
XD	Bewehrungskorrosion durch Chloride		
XS	Bewehrungskorrosion durch Meerwasser		
XF	Frost und Frost-Tausalz		
XA	Chemischer Angriff		
XM	Verschleiß		

Anforderungen für besondere Betonanwendungen

UB1, UB2	Unterwasserbeton
PB	Pumpbeton
SB	Sichtbeton
SCC	Selbstverdichtender Beton
BL	Beton mit geringer Blutneigung
W	Klassen bezogen auf die Wärmeentwicklung bei der Erhärtung (W40: unter 40° gering, W45: unter 45° mässig, W55: unter 55° durchschn.)
VV	Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeit
VA	Beton mit verzögerter Anfangserhärtung
E	Klassen bezogen auf die Festigkeitsentwicklung des Betons (ES: schnell, EM: mittel, EL: langsam, E0: sehr langsam) ¹⁴⁰

139 vgl. Kollegger 2010, S. 32

140 vgl. Schneider, Bruckner, Kirchberger 2008, Festbeton, S. 12-31

3.2.3.6 Tragwerk

Eindimensionale Tragelemente

Bei einem eindimensionalen Tragwerk, welches in Stäbe und Balken eingeteilt wird, ist der Querschnitt kleiner als die Länge.¹⁴¹

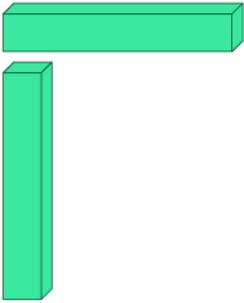


Abbildung 52: Eindimensionale Tragelemente

Zweidimensionale Tragelemente

Zweidimensionale Tragelemente bzw. Flächentragwerke, wie Scheiben oder Platten, sind charakterisiert durch die geringe Dicke ‚h‘ verglichen mit deren sonstigen Dimensionen. Scheiben werden oftmals in Geschoßbauten als tragende Wand ausgeführt, da sie aufgrund ihrer Steifigkeit die horizontalen Lasten gut ableiten können. Neben den Balken sind Platten ein wesentliches Element im Stahlbetonbau.¹⁴²

141 vgl. Kollegger 2010, S. 23

142 vgl. Kollegger 2010, S. 23-24

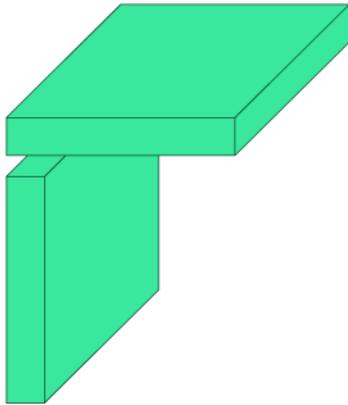


Abbildung 53: Zweidimensionale Tragelemente

Dreidimensionale Tragelemente

Zu den dreidimensionalen Tragelementen zählen Schalen und Volumenelemente. Bei der Anordnung der Schale gemäß der angepassten Belastungsform kann es möglich sein, den Stahlbeton nur auf Druck zu belasten.¹⁴³

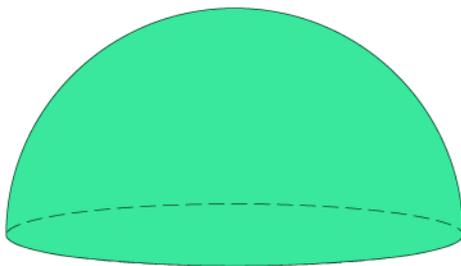


Abbildung 54: Dreidimensionale Tragelemente

143 vgl. Kollegger 2010, S. 24

3.2.3.7 Tragsysteme

Ein statisches System, wie z.B. das Fachwerk, der Durchlaufträger oder auch der Rahmen, sind aufgrund der monolithischen Bauweise von Stahlbeton schwer wahrzunehmen. Ein Bauwerk beinhaltet jedoch grundsätzlich eine Kombination verschiedener Tragsysteme.

Beim Fachwerk sind Stäbe gelenkig miteinander verbunden, dabei übertragen die Stäbe die Druck- und Zugkräfte, die in den Knoten angreifen. Das Fachwerk wird jedoch eher im Stahlbau eingesetzt und weniger im Stahlbetonbau.

Durchlaufträger schaffen kleinere Durchbiegungen durch die fest miteinander verbundenen Balkenelemente, welche auf mehr als zwei Stützen aufliegen. Die Verwendungen von Durchlaufträger sind u.a. bei Unterzügen oder einachsigen gespannten Decken.

Ein Rahmen entsteht durch biegesteif verbundene, orthogonal zueinander angeordnete Elemente, wobei die vertikalen Bauteile als Stiele und die horizontalen als Riegel bestimmt werden. Anwendungsbereich sind Industriehallen und Geschoßbauten mit geringer Höhe.¹⁴⁴

144 vgl. Kollegger 2010, S. 26-27

3.2.4 Holzbau

3.2.4.1 Eigenschaften

Die positiven Eigenschaften des nachwachsenden Rohstoffes Holz sind einerseits die geringe Rohdichte und das daraus resultierende geringe Eigengewicht. Weiters besitzt Holz eine geringe Wärmeleitfähigkeit, weshalb auf gute bauphysikalische Eigenschaften sowie gute Wärmeisolierung zu schließen ist. Holz kann sowohl maschinell als auch manuell und das unabhängig von der Dimension bearbeitet werden. Die positive Ökobilanz sowie die geringen Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus sind vorteilhafte Eigenschaften, welche die Ressourcen und den Energieinput bei Produktion und Verarbeitung schont. Holz ist CO₂-neutral und stellt somit keine zusätzliche Belastung für die Umwelt dar. Das Bausystem wird schnell aufgebaut und schafft eine sofortige Tragfähigkeit, eine leichte Demontage und Wiederverwendbarkeit, zumindest im Bereich der thermischen Nutzung. Ein Nachteil von Holz stellt dessen Brennbarkeit dar. Dies führt zu lediglich einem Resttragverhalten bei Brand und dadurch zu einer Überdimensionierung der Bauteile, was sich negativ auf die Ästhetik sowie auch die vermietbare Fläche für den Bauherrn auswirkt.¹⁴⁵ Holz brennt und bildet eine schützende Kohleschicht, mit einem Abbrand von 2 cm pro 30 Minuten. Durch überdimensionierte Holzquerschnitte und diese Kohleschicht hat Holz einen höheren Brandwiderstand als z.B. nicht verkleidete Stahlprofile.¹⁴⁶

Eine hohe Holzfeuchtigkeit wirkt sich negativ auf den Heizwert, die Elastizität, die Dauerhaftigkeit und die Festigkeitseigenschaften aus. Das Gewicht erhöht sich und die Dimension des Holzes erweitert sich. Infolgedessen wird durch die gesteigerte Holzfeuchtigkeit natürlich die Trocknungszeit erhöht.

Ein weiterer Aspekt im Holzbau ist die Holzerstörung durch Schädlinge. Unbeachtet von Schimmel und Bläue, welche lediglich eine Verfärbung hervorrufen, spielt die Holzfeuchte eine wesentliche Rolle beim Entstehen eines Pilzes.¹⁴⁷

Für die Bemessung und die Konstruktion von Holzbauten, werden die EN 1995-1-1 Teil 1-1 (national ÖNORM B 1995-1-1): Allgemeine Regeln für den Hochbau, und die EN 1995-1-2 Teil 1-2 (national ÖNORM B 1995-1-2): Allgemeine Regeln für die Bemessung für den

145 vgl. Winter 2015, Vom Baum zum Werkstoff, S. 18

146 vgl. Winter 2015, Entwicklung des Holzbaus in Mitteleuropa, S. 23-40

147 vgl. Winter 2015, Vom Baum zum Werkstoff, S. 23-53

Brandfall verwendet.¹⁴⁸

3.2.4.2 Klassifizierung

Holz hat verschiedene Festigkeitsklassen für Nadelholz (z.B. C 24), für Laubholz (z.B. D 35) und für Brettschichtholz (z.B. GL24h). Des Weiteren kann das Holz in drei Nutzungsklassen eingeteilt werden.

Bei der Nutzungsklasse 1 beträgt das Umgebungsklima 20° C und eine relative Luftfeuchtigkeit von max. 65 %. Die Holzfeuchte der meisten Nadelhölzer darf 12 % nicht übersteigen. In den Bereich der Nutzungsklasse 1 fallen Innenräume von Wohn-, Schul- und Verwaltungsbauten.

Betrachtet man die Nutzungsklasse 2 bezieht sich die Temperatur auch hier auf 20° C und eine max. relative Luftfeuchtigkeit von 85 %. Eine Überragung der Holzfeuchte der meisten Nadelhölzer beläuft sich auf max. 20 %. Die Nutzungsklasse 2 befindet sich bei Nutzbauten wie Lagerhallen, Reithallen und Industriehallen sowie auch bei überdachten Konstruktionen im Freien, jedoch sind die Bauteile nicht der freien Bewitterung ausgesetzt, was den Regeneinfallswinkel auf 30° einschränkt.

Für einige Wochen im Jahr darf die relative Luftfeuchtigkeit der Nutzungsklassen 1 und 2 überschritten werden.

Bei der Nutzungsklasse 3 erfolgt keine Temperatureinschränkung, die relative Luftfeuchtigkeit besitzt einen Mindestprozentsatz von 85 %. Die Holzfeuchte bei den meisten Nadelhölzern übersteigt 20 %. Die Bauteile werden im Freien mit konstruktivem Holzschutz verwendet.

Baustoffe, die unter die Nutzungsklassen 1 bis 3 fallen sind das Vollholz (EN 14081-1), das Brettschichtholz (EN 14080), das Furnierschichtholz LVL (EN 14374, EN 14279) und das Sperrholz (EN 636). OSB (EN 300), die Holzfaserplatte (EN 622) und die Spanplatte (EN 312) fallen lediglich in die Nutzungsklasse 1 und 2.¹⁴⁹

148 vgl. Winter 2015, Entwicklung des Holzbaus in Mitteleuropa, S. 36

149 vgl. Winter 2015, Vom Baum zum Werkstoff, S. 35-85

3.2.4.3 Systeme im Holzbau

Das Bauen mit Holz wird durch verschiedene Systeme ermöglicht, da ein gewisser Grad an Standardisierung Möglichkeiten zur Vorfertigung, schnellen Planung und somit erhöhte Wirtschaftlichkeit bietet. Die Reihenfolge der Entwicklung begann beim Fachwerksbau und ging vom Holzständerbau zur Holzskelettbauweise über, bevor sie schlussendlich beim heutigen Holzrahmenbau ankam oder endete. Letztere ist eine sehr ökologische und kostenbewusste Bauweise. Um den Vorfertigungsgrad zu erhöhen, wird momentan auch der Tafelbau eingesetzt.¹⁵⁰ Derzeit befinden wir uns in einer Entwicklung des Holzbaus von eher stabförmigen zu scheibenförmigen Elementen. Insbesondere Holzverbundkonstruktionen (HBV), welche vorwiegend bei Decken angewendet werden, wo Holz in die Zugschicht gelegt und darauf Beton in die Druckschicht vor Ort aufgebracht wird, sind relativ wirtschaftlich und zeitsparend.¹⁵¹ Auch eine Verbindung von Holz und Stahl (Stahl-Holz-Hybridträger) ist möglich um große Spannweiten mit geringer Bauhöhe zu überwinden, wobei das Holz hier mitträgt und für den Feuerwiderstand sorgt.¹⁵² Ein Hauptaugenmerk bei Systemen im mehrgeschoßigen Wohnbau sollte auf den Brand-, Schallschutz und das Quellen und Schwinden von Holz gelegt werden.¹⁵³

Massivholzbau

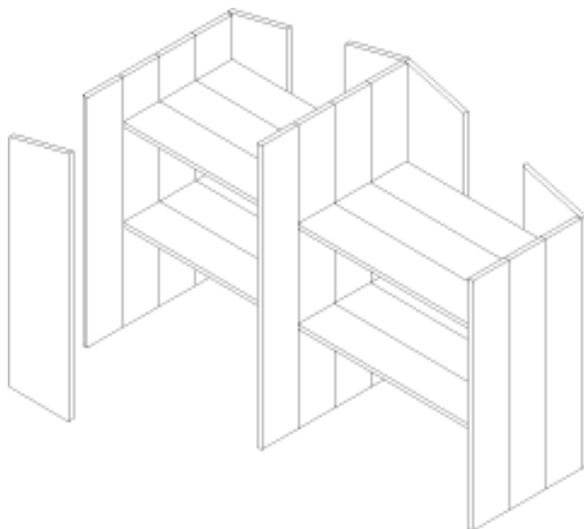


Abbildung 55: Brettsperrholz, Brettstapelholz ¹⁵⁴

¹⁵⁰ vgl. Hollinsky u.a. 2015, S. 45

¹⁵¹ vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 40-41

¹⁵² vgl. Winter 2015, Tragsysteme, S. 17

¹⁵³ vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 143

¹⁵⁴ Abb. 55: Proholz Austria 2011, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Historische Entwicklung der Holzwand

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Da der jährliche Zuwachs an Holz, insbesondere in der Bauwirtschaft, nicht wesentlich genutzt wird, ist die Brettstapelbauweise eine sehr ökologische Art zu bauen. Generell rückt der Massivholzbau momentan in den Vordergrund und erfährt eine Wiederbelebung. Er besteht aus Bretter und Bohlen, die eng aneinander verleimt oder auch durch Nägel, Stabdübel oder Schrauben verbunden werden.¹⁵⁵ Der Massivholzbau besteht aus dem ursprünglichen Blockbau, Brettsperrholzbauweise, z.B. Kreuzlagenholz, und Brettstapelbauweise. Vorteile für den Massivholzbau im Gegensatz zum Skelettbau ist der verbesserte Feuerschutz, die gute Schalldämmung und die Reduktion der verschiedenen Konstruktionselemente. Durch die hohe thermisch-wirksame Masse verfügt das Massivholz im Gegensatz zu Holz-Skelettkonstruktionen über die Fähigkeit Wärme zu speichern. Ein Nachteil dieses Systems ist eben der hohe Holzverbrauch und eine hohe Decken- sowie Wandstärke durch die zusätzliche Dämmebene.¹⁵⁶ Wände werden 8 bis 12 cm dick während für Decken Bohlen mit 12 bis 24 cm Breite gewählt werden müssen. Diese Elemente werden als Brettstapel bezeichnet. Im Werk können Breiten bis 240 cm vorgefertigt werden, um auf der Baustelle zusammengespannt zu werden.¹⁵⁷

Blockbau

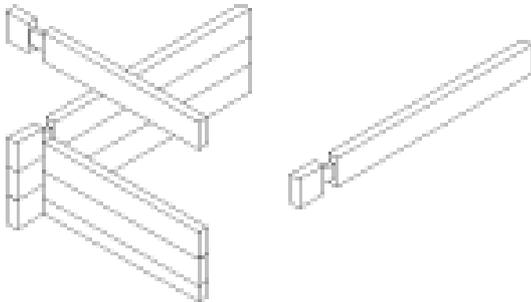


Abbildung 56: Blockbau

158

Beim Blockbau, welcher bei der Massivbauweise beheimatet ist, ähnelt der heutigen Brettstapelbauweise und besteht aus Balken, die übereinander liegen und an den Kanten verkämmt sind.¹⁵⁹

155 vgl. Dierks, Wormuth u.a. 2012, S. 143-145

156 vgl. Pascha u.a. 2015, S. 2-51

157 vgl. Dierks, Wormuth u.a. 2012, S. 145

158 Abb. 56: Proholz Austria 2011, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Historische Entwicklung der Holzwand

159 vgl. Dierks, Wormuth u.a. 2012, S. 134-135

Holztafelbau

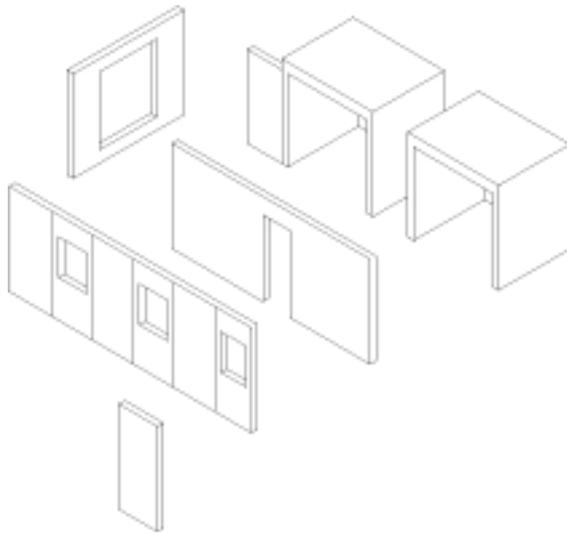


Abbildung 57: Holztafelbau

160

Holztafelbau gehört wie der Holzrahmenbau zu den Leichtbauweisen jedoch liegt bei der Tafelbauweise das Hauptaugenmerk an der Vorfertigung im Werk und das Verkürzen des Bauprozesses auf der Baustelle, da maschinelle Herstellungsmethoden kostengünstiger sind als handwerkliche. Das Skelett der Wand- und Deckentafel wird aus Vollholzrahmen geschaffen und durch Beplankungen, die mit Nägel oder Klammern befestigt sind, ausgesteift. Die Befestigung der Tafeln erfolgt durch Schlüsselschrauben oder Schraubbolzen. Der Holztafelbau ist nur durch eine serielle Fertigung in größerer Stückzahl konkurrenzfähig und setzt folglich die Individualität in Frage. Dächer sind den Sonnenstrahlen stark ausgesetzt und sollten daher bei der Holztafelbauweise als Kaldach aufgebaut werden. Fugen die beim Zusammensetzen der Tafeln entstehen, müssen gegen Wind und Niederschlag dauerelastisch abgedichtet werden eine Vermeidung von Wärmebrücken ist obligat.¹⁶¹ Es wird unterschieden zwischen Kleintafeln, die geschoßhoch und nur ein Rastermaß breit sind. Zudem gibt es Großtafeln, die genauso wie die Kleintafeln geschoßhoch sind, jedoch Raum- bis Gebäudebreite einnehmen. Auch zeitlich begrenzte Bauten können durch die einfache Demontage in der Tafelbauweise errichtet werden. Ob längerfristige oder kurzfristige Bauten, die Gebäude werden momentan in ein- bis zweigeschoßiger Höhe entwickelt. Ein weiterer negativer Aspekt, ist die Auskragungsfähigkeit nur auf der Hauptachse.¹⁶²

160 Abb. 57: Proholz Austria 2011, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Historische Entwicklung der Holzwand

161 vgl. Dierks, Wormuth u.a. 2012, S. 138-143

162 vgl. Hollinsky u.a. 2015, S. 50-51

Weitere Systeme

Weitere Systeme, die nicht zur Gruppe der Massivbauweise gehören, sind der Skelettbau, der Fachwerksbau, der Baloon Frame und die Holzrahmenbauweise.¹⁶³

163 vgl. Proholz Austria 2011, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Historische Entwicklung der Holzwand

3.2.5 Vorauswahl Bausysteme

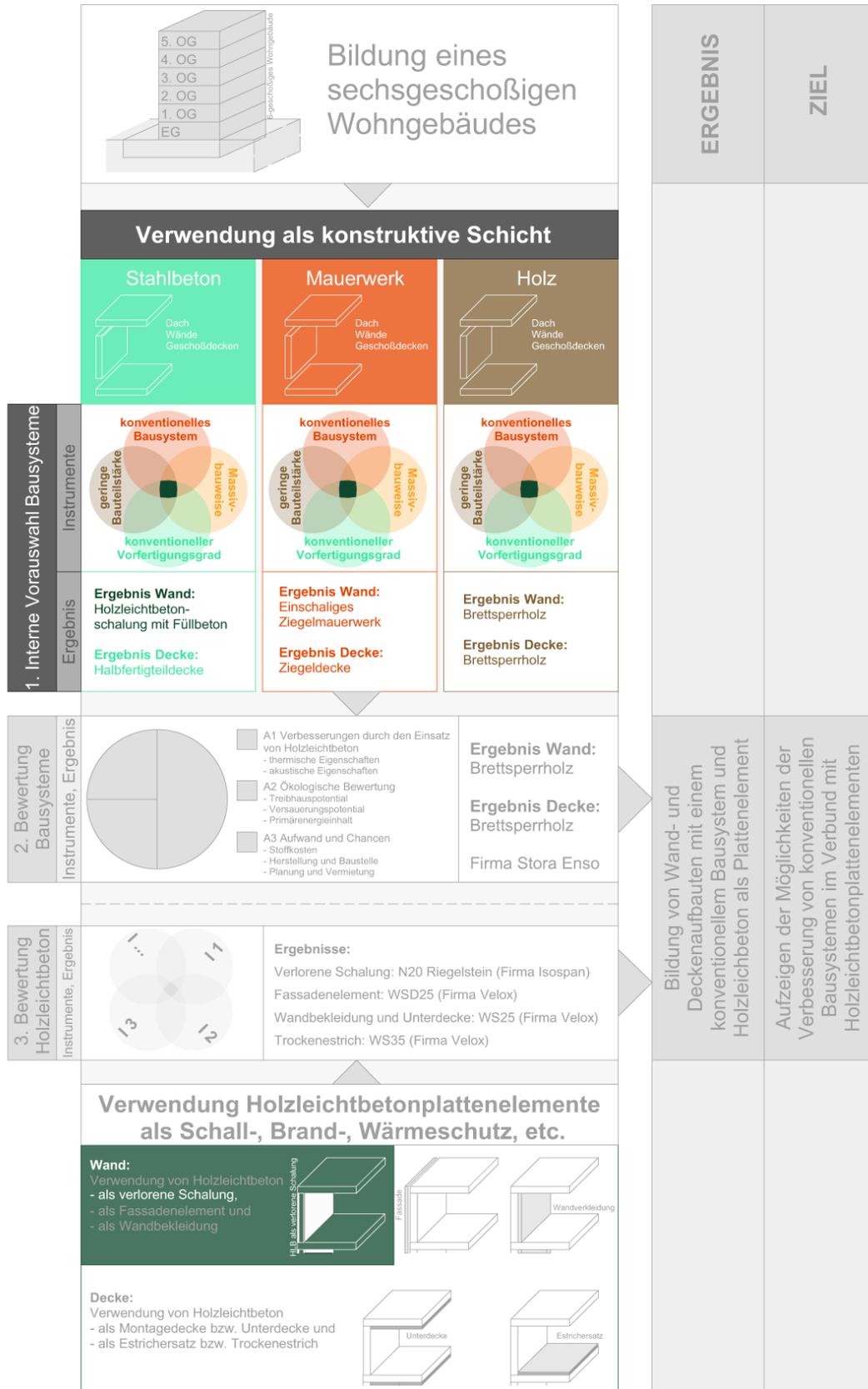


Abbildung 58: Übersicht Vorauswahl der Bausysteme

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Vor der eigentlichen Bewertung der drei konventionellen Bausysteme, wurde eine Vorauswahl betreffend der zu bewerteten konventionellen Systeme von Mauerwerksbau, Stahlbeton und Holzbau vorgenommen. Dies geschah, um die Bewertung in Kapitel 3.3 nachvollziehen zu können.

Für die Vorauswahl der Bausysteme werden vier Kriterien dargestellt, die diese Auswahl nachvollziehbar darstellen. Mit diesem gemeinsamen Nenner wird weitergearbeitet.

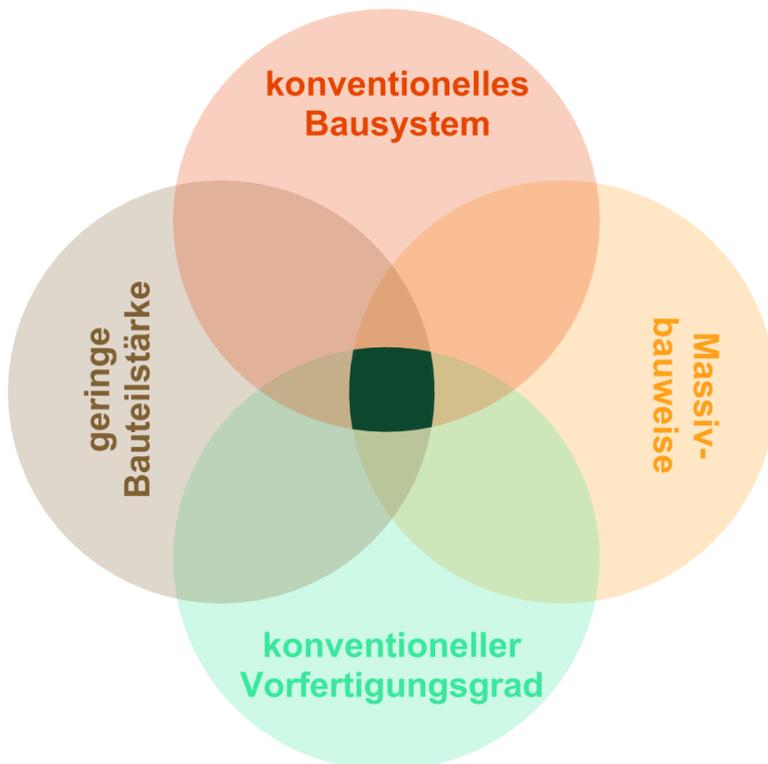


Abbildung 59: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Das wichtigste Entscheidungskriterium, um die Auswahl für ein System zu treffen, ist die Konventionalität. Das Bausystem sollte in der Bauwirtschaft erhöht zum Einsatz kommen.

Da die Bausysteme Mauerwerksbau und Stahlbetonbau, sowohl die Wand als auch die Decke betreffend, konventionell genutzte Massivbaustoffe sind, wurde zur besseren Vergleichbarkeit auch für den Holzbau der Massivbaustoff Brettsperrholz gewählt. Somit ist ein weiteres Merkmal für die Auswahl eines Bausystems die Zugehörigkeit zur Massivbauweise.

Eine Eigenschaft, die auch zur Entscheidungsfindung beiträgt ist der Vorfertigungsgrad. Dieser sollte in dem Format gewählt werden, wie er am Markt üblicherweise vorkommt.

Auch eine geringe Bauteilstärke trägt zur Auswahl als Kriterium schlagend bei.

Grundsätzlich kann angemerkt werden, dass die Auswahl einer speziellen Firma die Bewertung vereinfacht, dass jedoch die einzelnen Firmen, die es für ein Bausystem gibt, nahezu identische Produkte verkaufen, da alle den aktuellen Stand der Technik anwenden. Ein Auswahlkriterium der einzelnen Firmen wäre aufgrund von Konventionalität. Das bedeutet, dass z.B. Firmen gewählt wurden, die die meisten Werke in Österreich besitzen, da die Vermutung nahe liegt, dass sie dadurch einen höheren Markt vertreten. Da die Auswahl an Stahlbetonfirmen in Österreich sehr groß ist und ein beträchtlicher Teil dieser die gewählten Systeme vertritt, wurde ein Unternehmen in der Nähe der Baustelle, d.h. in der Nähe von Wien, gewählt.

Die Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton, welche bei der Vorauswahl die Funktion als Stahlbetonwand erfüllt, wird als einziges System bereits in diesem Kapitel mit Instrumenten bewertet. Dies hat jenen Grund, dass hier bereits Holzleichtbeton zum Einsatz kommt.

3.2.5.1 Wand

Bewertet werden die Wände des Erdgeschoßes, des 1. Obergeschoßes, des 2. Obergeschoßes, des 3. Obergeschoßes, des 4. Obergeschoßes und des 5. Obergeschoßes während das Untergeschoß und der Stiegenhauskern aus Stahlbeton ausgeführt werden. Dies geschieht einerseits, um Schutz vor Feuchtigkeit im Untergeschoß zu ermöglichen und andererseits einen geeigneten Brandschutz für das Stiegenhaus zu gewährleisten.

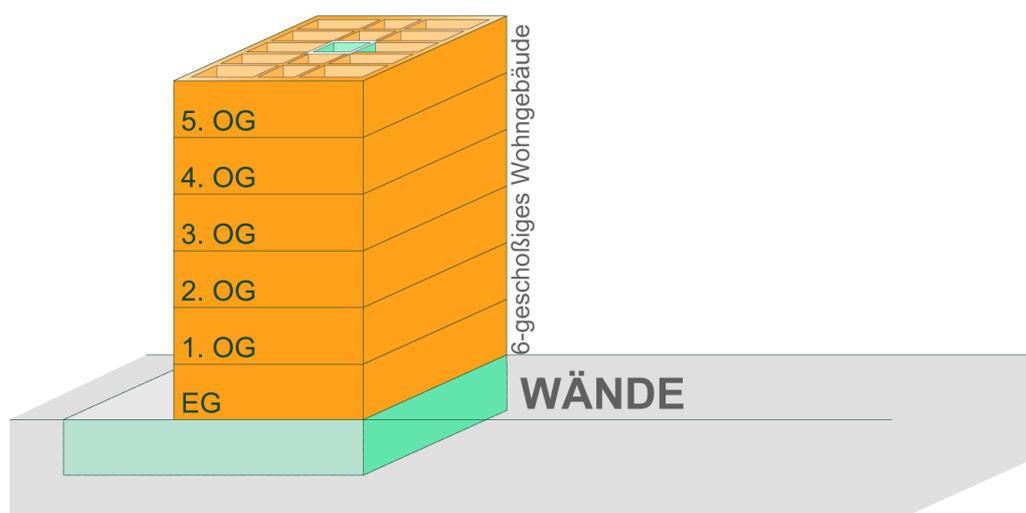


Abbildung 60: Bereichsübersicht

Einschaliges Ziegelmauerwerk

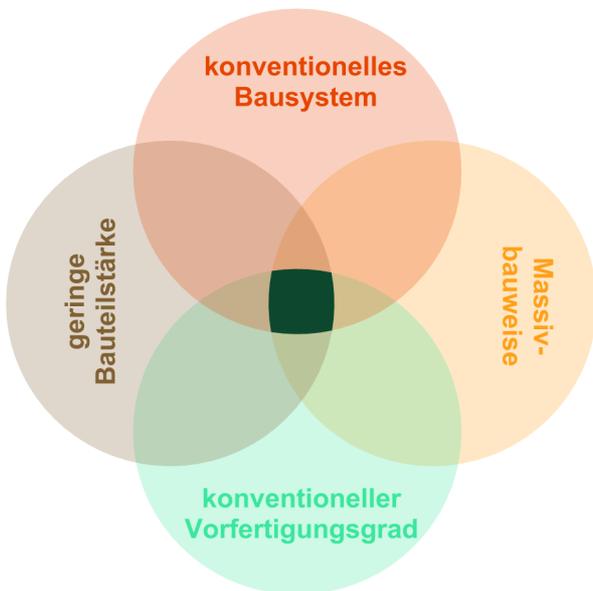


Abbildung 61: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Das Ziegelmauerwerk ist eine Massivbauweise, die üblicherweise direkt auf der Baustelle „Stein auf Stein“ ausgeführt wird. Die konventionelle Arbeitsweise beinhaltet einen Wechsel des Steines alle zwei Geschoße, um auf die statisch tatsächlich genutzte Bauteilstärke zurückzugreifen.

Als Mauerstein fungiert in dieser Arbeit der künstlich hergestellte Mauerziegel während als Mauermörtel Dünnbettmörtel genutzt wird. Das Mauerwerk wird einschalig ausgeführt, da Holzleichtbeton als Fassadenelement eingesetzt werden soll. Das Einsteinmauerwerk wird als Läuferverband ausgeführt.

Für diese Diplomarbeit wurden die großen Ziegelwerke im Osten Österreichs erfasst.

Diese sind

- **Ziegelwerk Lizzi GmbH** (2822 Erlach)
- **Ziegelwerk Pottenbrunn**, Vittorio Nicoloso (3140 Pottenbrunn)
- **Tondach Gleinstätten AG** (8443 Gleinstätten, 7422 Riedlingsdorf, 2511 Leobersdorf)
- **Wienerberger Ziegelindustrie GmbH** (im Osten: 2332 Hennersdorf, 8720 Knittelfeld, 8280 Fürstenfeld, 7501 Rotenturm bei Oberwart
im Rest von Österreich: 4631 Krenglbach, 5261 Uttendorf, 6170 Zirl,)¹⁶⁴

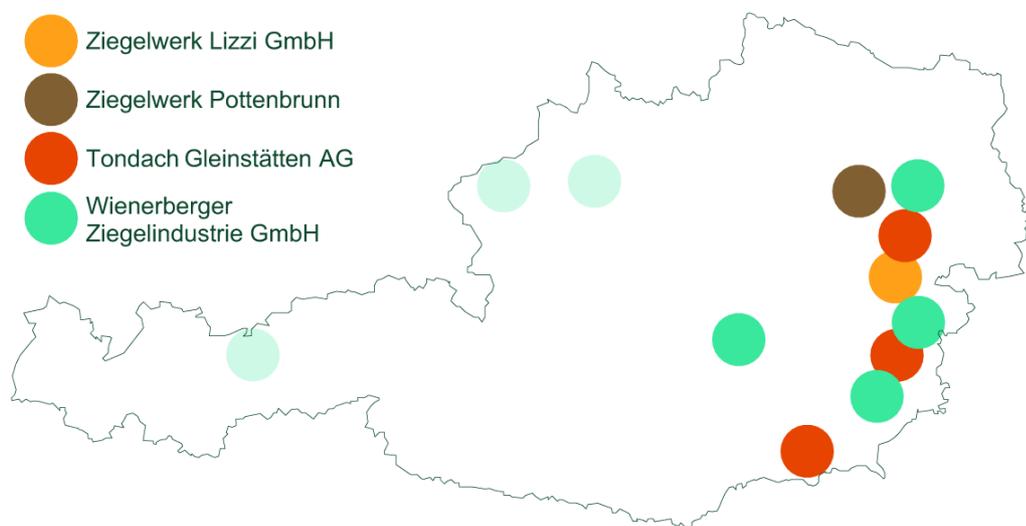


Abbildung 62: Ziegelwerke Ostösterreich

Unter der Annahme, dass durch die größte Anzahl an Werken und somit der größten Verbreitung in Österreich, die Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH das „konventionelleste“ Ziegelwerk ist, wurde weiter mit dieser Firma gearbeitet.

Auf den nächsten Seiten wird die Wahl des Hochlochziegels aufgrund von Lastannahme und Vorbemessungsprogramm der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH dargestellt. Hierbei wird die höchstmögliche Lastübertragung an ein Wandelement ermittelt, woraus die Lastannahme geschaffen wird. Die Lastenberechnung beginnt im 5. Obergeschoß, da hier die geringsten Lasten bzw. nur die Lasten des Daches zu erwarten sind, und bewegt sich in Richtung Erdgeschoß. Das Untergeschoß wird in Stahlbeton ausgeführt und fließt daher nicht in die Berechnung ein.

164 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Verband, Ziegelwerke Ost

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Grundriss

Wand: Porotherm 17-50 Plan (5.-3.OG), Porotherm 30 Plan (2.OG-EG)

Betrachtet wird die Wand A-B, da sie die größte einwirkende Fläche von 35,00 m² besitzt. Die Spannrichtung ist angelehnt an die geringste jeweilige Spannweite.

Die geringst mögliche Stärke einer tragenden Wand beträgt 17 cm. Somit wird der Stein Porotherm 17-50 Plan benützt. Dieser kann aufgrund der Lastenermittlung bis ins 3. Obergeschoß verwendet werden.

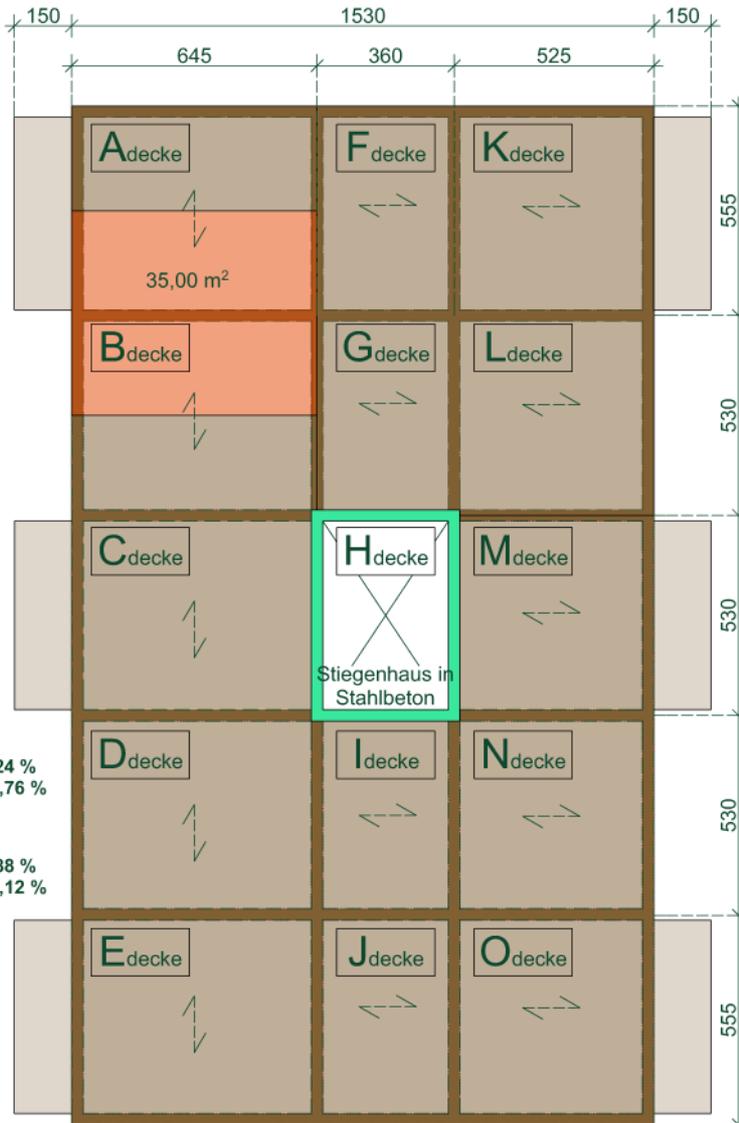
Vom 2. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß wird der Porotherm 30 Plan, passend zu der Vorbemessungstabelle der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH, ausgewählt.

Die Auswahl dieser beiden Steine beruhen vorallem auf der geringstmöglichen Bauteilstärke.

Die Ziegeldecke besteht aus Einfachträger, 17 cm hohe Einhängeziegel 45/17 oder 60/17 (je nach Spannweite) und 5 cm Aufbeton.

Geschoßdecken:
67,16 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 15,24 %
373,51 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 84,76 %

Dach:
69,96 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 17,88 %
321,30 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 82,12 %



Lastenaufstellung

Lasten Dach

Ständige Last:

Eigengewicht Ziegeldecke (Dach) **10,95 kN/m²**

Ständige Last und Nutzlast:

Warmdach (zugänglich) **2,00 kN/m²**

Schneelast:

Schneelast Wien (höchste Schneelast) **2,20 kN/m²**

Lasten Decke

Ständige Last:

Eigengewicht Ziegeldecke (Decken) **10,94 kN/m²**

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken **0,80 kN/m²**

Eigengewicht Wand (5.OG-3.OG) **8,49 kN/m²**

Eigengewicht Wand (2.OG-EG) **8,91 kN/m²**

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag **1,00 kN/m²**

Nutzlast Wohnfläche:

Decke **2,00 kN/m²**

Balkone, Loggien **4,00 kN/m²**

17 cm Ziegel (77,27 % der Bauteilstärke): Dach: Einlageziegel 45/17 (17,88 %) = 774 kg/m ³ x 17,88 % x 77,27 % = 106,93 kg/m³ Geschoßdecke: Einlageziegel 45/17 (15,24 %) = 774 kg/m ³ x 15,24 % x 77,27 % = 91,15 kg/m³
17 cm Ziegel (77,27 % der Bauteilstärke): Dach: Einlageziegel 60/17 (82,12 %) = 731 kg/m ³ x 82,12 % x 77,27 % = 463,85 kg/m³ Geschoßdecke: Einlageziegel 60/17 (84,76 %) = 731 kg/m ³ x 84,76 % x 77,27 % = 478,76 kg/m³
5. OG - 3. OG 865 kg/m ³ Rohdichte 17-50 Plan x 9,81 = 8,49 kN/m²
2. OG - EG 908 kg/m ³ Rohdichte 30 Plan x 9,81 = 8,91 kN/m²
5 cm Aufbeton (22,73 % der Bauteilstärke): Mittel Normalbeton 2000-2800 kg/m ³ = 2400 kg/m ³ x 22,73 % = 545,52 kg/m³ Dach: 106,93 + 463,85 + 545,52 = 1116,30 kg/m ³ x 9,81 = 10,95 kN/m² Geschoßdecke: 91,15 + 478,76 + 545,52 = 1115,43 kg/m ³ x 9,81 = 10,94 kN/m²

Abbildung 63: Lastaufstellung - Mauerwerk

Wand A-B - 5. Obergeschoß

Fläche:	35,00 m ²
Bauteilstärke Ziegeldecke:	0,22 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$$10,95 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$$

$$2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{84,32 \text{ kN}}$$

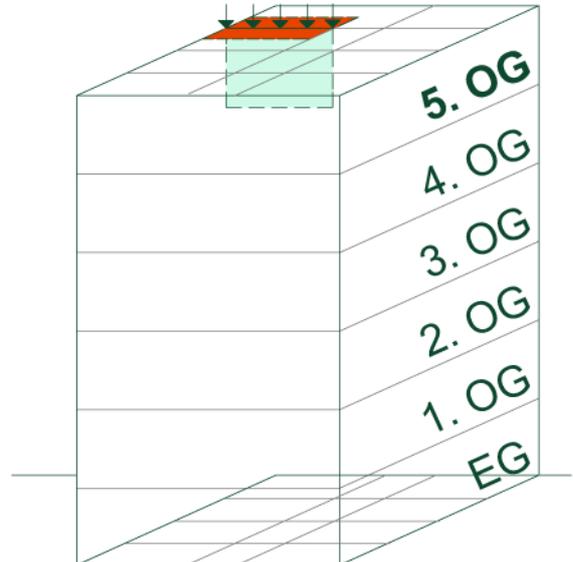
Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

Schneelast Wien

$$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$$

231,32 kN



Wand A-B - 4. Obergeschoß

Fläche:	35,00 m ²
Bauteilstärke Ziegeldecken:	0,22 m
Bauteilstärke Wand (5.OG-3.OG):	0,17 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$$10,95 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$$

$$2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{84,32 \text{ kN}}$$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

Schneelast Wien

$$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Ziegeldecke - 1 Decke

$$10,94 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} = 2,4068 \text{ kN/m}^2$$

$$2,4068 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{84,24 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 1 Decke

$$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{28,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Wand - 1 Geschoß

$$8,49 \text{ kN/m}^2 \times 0,17 \text{ m Bauteilstärke} = 1,4433 \text{ kN/lfm}$$

$$1,4433 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} = \mathbf{9,31 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag - 1 Geschoß

$$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{35,00 \text{ kN}}$$

Nutzlast Wohnfläche - 1 Decke

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

457,87 kN

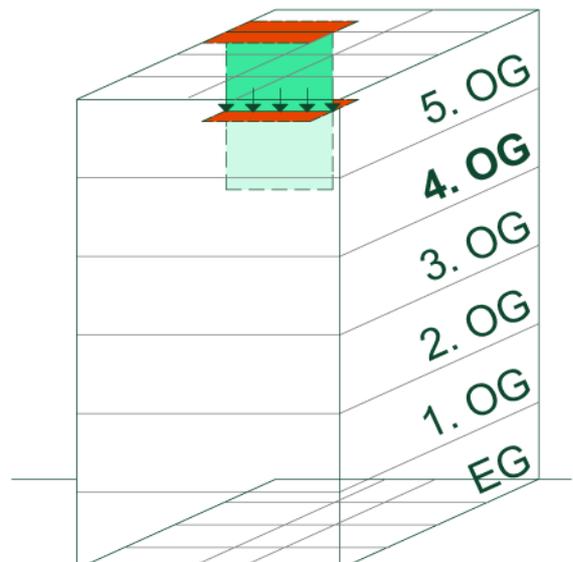


Abbildung 64: Lastaufstellung: 5. Obergeschoß, 4. Obergeschoß

Wand A-B - 3. Obergeschoß

Fläche: 35,00 m²
 Bauteilstärke Ziegeldecken: 0,22 m
 Bauteilstärke Wand (5.OG-3.OG): 0,17 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$10,95 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$
 $2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{84,32 \text{ kN}}$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$

Schneelast Wien

$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$

Eigengewicht Ziegeldecke - 2 Decken

$10,94 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,4068 \text{ kN/m}^2$
 $2,4068 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 2 = \mathbf{168,48 \text{ kN}}$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 2 Decken

$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 2 = \mathbf{56,00 \text{ kN}}$

Eigengewicht Wand - 2 Geschoße

$8,49 \text{ kN/m}^2 \times 0,17 \text{ m Bauteilstärke} = 1,4433 \text{ kN/lfm}$
 $1,4433 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 2 = \mathbf{18,62 \text{ kN}}$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag - 2 Geschoße

$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$

Nutzlast Wohnfläche - 2 Decken

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 2 = \mathbf{140,00 \text{ kN}}$

684,42 kN

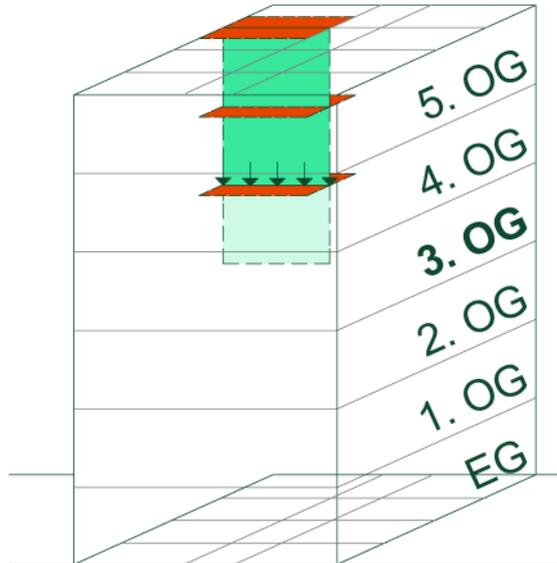


Abbildung 65: Lastaufstellung: 3. Obergeschoß

Projekt: 6-geschoßiges Wohngebäude Bauteil: Wand A-B - 5.-3.OG	Datum: 14.01.2017 Bearb.: Schwaiger	 Building Material Solutions Version 2.4 02-2015
Bemessungswert des VERTIKALEN TRAGWIDERSTANDS von Mauerwerk nach ÖNORM EN 1996-3 (2009-12-01) und ÖNORM B 1996-3 (2009-03-01)		
<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-between;"> !!! WARNHINWEIS: Für die Richtigkeit der verwendeten Daten und Ergebnisse kann von der Wienerberger Ziegelindustrie GmbH keinerlei Haftung übernommen werden! !!! </div>		
Wienerberger Ziegel Porotherm 17-50 Plan	Steindruckfestigkeit $f_b^- = 12,5 \text{ N/mm}^2$	<div style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;"> Die Steindruckfestigkeit entnehmen Sie bitte unseren aktuellen Unterlagen! </div>
Mauermörtel Mörtelklasse Porotherm Dünnbettmörtel	Wandhöhe [m] $h = 2,80 \text{ m}$	Wandlänge [m] $l = 3,23 \text{ m}$
Geschoßtyp Obergeschoß in Gebäude mit Gesamthöhe des Gebäudes $\leq 20,0 \text{ m}$	Wandtyp Innenwand	Deckensystem Durchlaufsystem
Wand-Decken-Knoten Wand oben und unten horizontal nur gehalten (z.B. durch Ringbalken oder Holzbalkendecke), aber nicht eingespannt Anmerkung: Die aussteifende Wirkung von vertikal gehaltenen Rändern wird von diesem Programm nicht berücksichtigt.	Deckenstützweite [m] $l_f = 5,50 \text{ m}$	
Daten Ziegel Abmessungen (B x L x H cm): 17,0 x 50,0 x 24,9 Mauersteingruppe: 2 Beiwert K: $K = 0,70$ Korrekturfaktor: $\delta = 1,31$ Steindruckfestigkeit: $f_b^- = 12,5 \text{ N/mm}^2$ Druckfestigkeit normiert: $f_b = 16,4 \text{ N/mm}^2$ max. in Rechnung zu stellen: $f_b = 16,4 \text{ N/mm}^2$	Daten Mauermörtel Mauermörtel / Mörtelklasse: Typ DBM M10 Exponent α : $\alpha = 0,70$ Exponent β : $\beta = 0,00$ Mörtelfestigkeit: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$ max. in Rechnung zu stellen: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$	Daten Wand Wandtyp: Typ IW Wandhöhe (Rohbaulichte): $h = 2,80 \text{ m}$ Knicklänge: $h_{ef} = 2,80 \text{ m}$ Wanddicke: $t = 0,17 \text{ m}$ Wandlänge: $l = 3,23 \text{ m}$ Querschnittsfläche: $A = 0,55 \text{ m}^2$ Abminderungsbeiwert 1: $\Phi_s = 0,552$ Abminderungsbeiwert 2: $\Phi_s = -$ Abminderungsbeiwert 3: $\Phi_s = -$ maßgeb. Abminderungsbeiwert: $\Phi_s = 0,552$
Wanddruckfestigkeit char. Wanddruckfestigkeit: $f_k = 4,95 \text{ N/mm}^2$ Verbandsmauerwerk mit NM: nein \rightarrow 0% Abminderung Pfeilerquerschnitt: nein \rightarrow 0% Abminderung max. in Rechnung zu stellen: $f_k = 4,95 \text{ N/mm}^2$ Teilsicherheitsbeiwert Material: $\gamma_M = 2,00$ Bemessungswert: $f_d = 2,48 \text{ N/mm}^2$	Daten Decke System / Knoten: Typ D-1ax GE Abminderungsfaktor: $\rho_2 = 1,00$ Deckenstützweite: $l_f = 5,50 \text{ m}$ Faktor Deckenstützweite: 0,7 effektive Deckenstützweite: $l_{f,ef} = 3,85 \text{ m}$	Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands <div style="border: 2px solid red; padding: 10px; text-align: center; font-size: 1.5em; font-weight: bold; color: red;"> $N_{Rd} = 750,4 \text{ kN}$ </div>

Abbildung 66: Vordimensionierung, 5. Obergeschoß bis 3. Obergeschoß

Porotherm 17-50 Plan (Wienerberger Ziegelindustrie GmbH) – 5. OG bis 3. OG

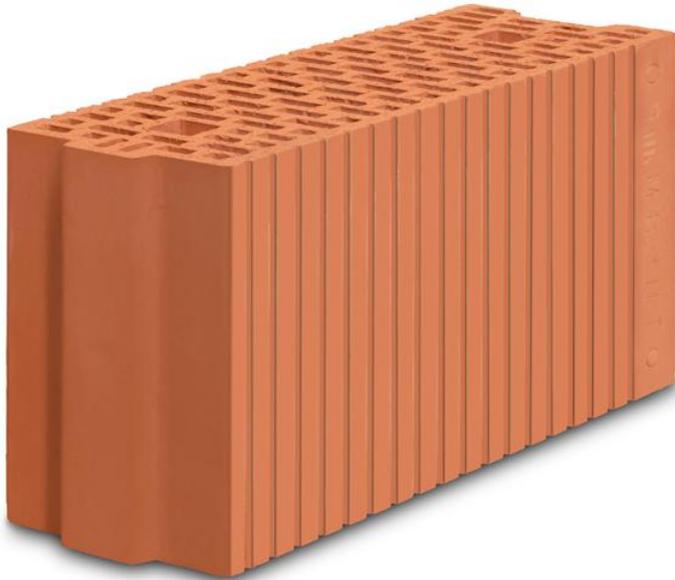


Abbildung 67: Porotherm 17-50 Plan

166

Aufgrund der Ermittlung der Lasten und der Kompatibilität mit dem Ziegel Porotherm 17-50 Plan wird für das 5., das 4. und das 3. Obergeschoß dieser Stein verwendet. Der Porotherm 17-50 Plan besitzt eine Dicke von 17 cm, was die Mindeststärke einer tragenden Ziegelwand beträgt. Dieser kann, aufgrund der Lastaufstellung, bis ins 3. Obergeschoß eingesetzt werden.

Die Berechnung erfolgte mit einem Vorbemessungsprogramm, das von der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH zur Verfügung gestellt wurde. Hier kann Dünnbettmörtel in allen Geschoßen zur Anwendung kommen. Die Steindruckfestigkeit von 12,5 N/mm² wurde laut Datenblatt des Produkts Porotherm 17-50 Plan eingesetzt. Der Wandtyp ist eine Innenwand, da es sich um die Wand A-B handelt. Die Wandlänge wird in allen Geschoßen mit 3,23 Metern, d.h. die Hälfte der Wandlänge in dem betrachteten Bereich von 6,45 Metern, angegeben. Somit kann die Grundrisseinteilung derart erfolgen, dass zumindest die Hälfte der Wand, trotz Unterstützung durch Stürze, stehen bleiben muss. Die Deckenstützweite für das Feld A beträgt 5,55 Meter und wurde in diesem Formular abgerundet auf 5,50 Meter angegeben.

165 Abb. 66: vgl. Grünkranz 2016, E-Mail: Bemessungsprogramme

166 Abb. 67: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan

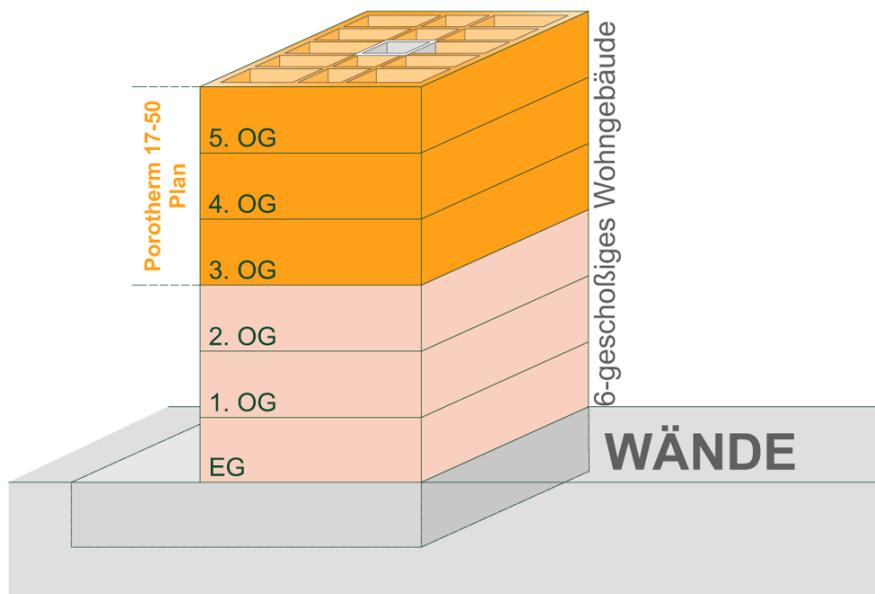


Abbildung 68: Geschoße Porotherm 17-50 Plan

Bei einer durchschnittlichen Höhe eines Geschoßes von 3,02 Metern¹⁶⁷, beträgt die Gesamthöhe 18,12 Meter, d.h. weniger als 20 Meter.

167 Wandhöhe 2,80 Meter lt. Formular, Deckenstärke 0,22 Meter

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Wand A-B - 2. Obergeschoß

Fläche: 35,00 m²
 Bauteilstärke Ziegeldecken: 0,22 m
 Bauteilstärke Wand (5.OG-3.OG): 0,17 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$10,95 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$
 $2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 84,32 \text{ kN}$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 70,00 \text{ kN}$

Schneelast Wien

$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 77,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Ziegeldecke - 3 Decken

$10,94 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,4068 \text{ kN/m}^2$
 $2,4068 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = 252,71 \text{ kN}$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 3 Decken

$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = 84,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Wand - 3 Geschoße

$8,49 \text{ kN/m}^2 \times 0,17 \text{ m Bauteilstärke} = 1,4433 \text{ kN/lfm}$
 $1,4433 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 3 = 27,93 \text{ kN}$

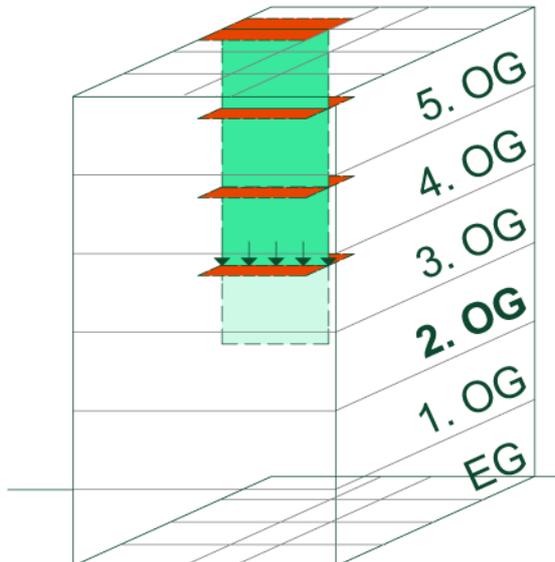
Eigengewicht Zwischenwandzuschlag - 3 Geschoße

$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = 105,00 \text{ kN}$

Nutzlast Wohnfläche - 3 Decken

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = 210,00 \text{ kN}$

910,96 kN



Wand A-B - 1. Obergeschoß

Fläche: 35,00 m²
 Bauteilstärke Ziegeldecken: 0,22 m

Bauteilstärke Wand (5.OG-3.OG): 0,17 m
 Bauteilstärke Wand (2.OG-EG): 0,30 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$10,95 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$
 $2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 84,32 \text{ kN}$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 70,00 \text{ kN}$

Schneelast Wien

$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 77,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Ziegeldecke - 4 Decken

$10,94 \text{ kN/m}^2 \times 0,22 \text{ m} = 2,4068 \text{ kN/m}^2$
 $2,4068 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = 336,95 \text{ kN}$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 4 Decken

$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = 112,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Wand - 4 Geschoße

$8,49 \text{ kN/m}^2 \times 0,17 \text{ m Bauteilstärke} = 1,4433 \text{ kN/lfm}$
 $1,4433 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 3 = 27,93 \text{ kN}$
 $8,91 \text{ kN/m}^2 \times 0,30 \text{ m Bauteilstärke} = 2,673 \text{ kN/lfm}$
 $2,673 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 1 = 17,24 \text{ kN}$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag - 4 Geschoße

$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = 140,00 \text{ kN}$

Nutzlast Wohnfläche - 4 Decken

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = 280,00 \text{ kN}$

1.145,44 kN

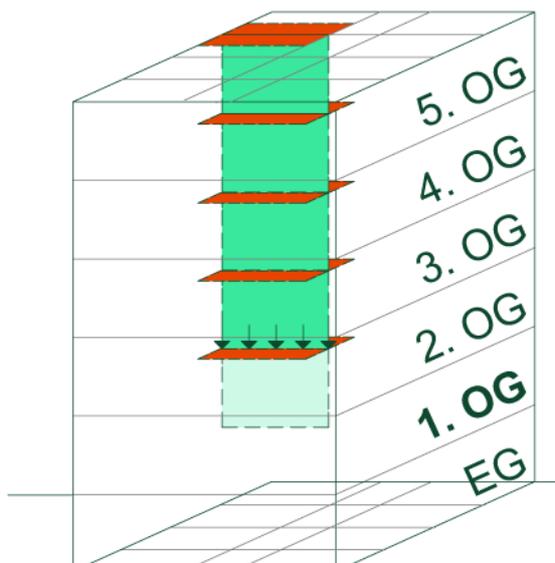


Abbildung 69: Lastaufstellung: 2. Obergeschoß, 1. Obergeschoß

Wand A-B - Erdgeschoß

Fläche: 35,00 m²
 Bauteilstärke Ziegeldecken: 0,22 m

Bauteilstärke Wand (5.OG-3.OG): 0,17 m
 Bauteilstärke Wand (2.OG-EG): 0,30 m

Eigengewicht Ziegeldecke - Dach

$10,95 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} = 2,409 \text{ kN/m}^2$
 $2,409 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **84,32 kN**

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **70,00 kN**

Schneelast Wien

$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **77,00 kN**

Eigengewicht Ziegeldecke - 5 Decken

$10,94 \text{ kN/m}^3 \times 0,22 \text{ m} = 2,4068 \text{ kN/m}^2$
 $2,4068 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 =$ **421,19 kN**

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 5 Decken

$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 =$ **140,00 kN**

Eigengewicht Wand - 5 Geschoße

$8,49 \text{ kN/m}^2 \times 0,17 \text{ m Bauteilstärke} = 1,4433 \text{ kN/lfm}$
 $1,4433 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 3 =$ **27,93 kN**
 $8,91 \text{ kN/m}^2 \times 0,30 \text{ m Bauteilstärke} = 2,673 \text{ kN/lfm}$
 $2,673 \text{ kN/lfm} \times 6,45 \text{ lfm} \times 2 =$ **34,48 kN**

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag - 5 Geschoße

$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 =$ **175,00 kN**

Nutzlast Wohnfläche - 4 Decken

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 =$ **350,00 kN**

1.379,92 kN

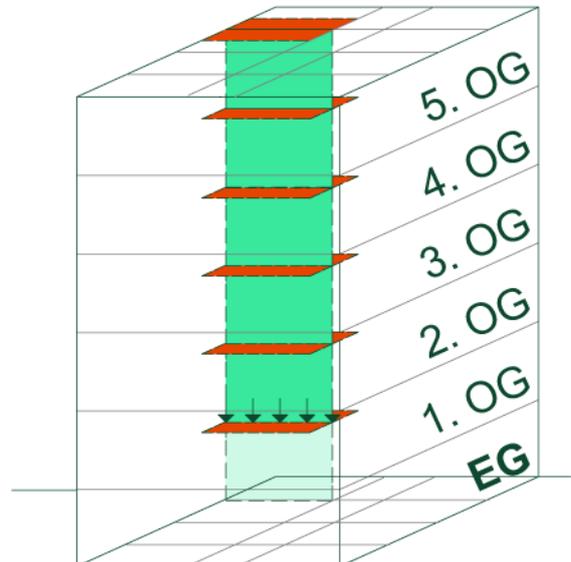


Abbildung 70: Lastaufstellung: Erdgeschoß

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Projekt: <input type="text" value="6-geschoßiges Wohngebäude"/> Bauteil: <input type="text" value="Wand A-B - 2.OG - EG"/>	Datum: <input type="text" value="14.01.2017"/> Bearb.: <input type="text" value="Schwaiger"/>	 Building Material Solutions Version 2.4 02-2015																																								
Bemessungswert des VERTIKALEN TRAGWIDERSTANDS von Mauerwerk nach ÖNORM EN 1996-3 (2009-12-01) und ÖNORM B 1996-3 (2009-03-01)																																										
!!! WARNHINWEIS: Für die Richtigkeit der verwendeten Daten und Ergebnisse kann von der Wienerberger Ziegelindustrie GmbH keinerlei Haftung übernommen werden! !!!																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Wienerberger Ziegel</p> <p>Porotherm 30 Plan <input type="button" value="▼"/></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Steindruckfestigkeit</p> <p>$f_b^- = 10,0 \text{ N/mm}^2$ <input type="button" value="▼"/></p> </div> </div> <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content; margin-left: auto;"> <p style="font-size: small; color: blue;">Die Steindruckfestigkeit entnehmen Sie bitte unseren aktuellen Unterlagen!</p> </div>																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Mauermörtel Mörtelklasse</p> <p>Porotherm Dünnbettmörtel <input type="button" value="▼"/></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Wandhöhe [m]</p> <p>$h = 2,80 \text{ m}$ <input type="button" value="▼"/></p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>Wandlänge [m]</p> <p><math>l = \text{ <input type="text" value="3,23"/> m}</math></p> </div>																																										
<p>Geschoßtyp</p> <p>Obergeschoß in Gebäude mit Gesamthöhe des Gebäudes $\leq 20,0 \text{ m}$ <input type="button" value="▼"/></p>																																										
<p>Wandtyp</p> <p>Innenwand <input type="button" value="▼"/></p>																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Deckensystem</p> <p>Durchlaufsystem <input type="button" value="▼"/></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Deckenstützweite [m]</p> <p>$l_f = 5,50 \text{ m}$ <input type="button" value="▼"/></p> </div> </div>																																										
<p>Wand-Decken-Knoten</p> <p>Wand oben und unten horizontal nur gehalten (z.B. durch Ringbalken oder Holzbalkendecke), aber nicht eingespannt <input type="button" value="▼"/></p> <p>Anmerkung: Die aussteifende Wirkung von vertikal gehaltenen Rändern wird von diesem Programm nicht berücksichtigt.</p>																																										
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 45%;">Daten Ziegel</td> <td style="width: 55%;">Daten Mauermörtel</td> </tr> <tr> <td>Abmessungen (B x L x H cm): 30,0 x 25,0 x 24,9</td> <td>Mauermörtel / Mörtelklasse: Typ DBM M10</td> </tr> <tr> <td>Mauersteingruppe: 2</td> <td>Exponent α: $\alpha = 0,70$</td> </tr> <tr> <td>Beiwert K: $K = 0,70$</td> <td>Exponent β: $\beta = 0,00$</td> </tr> <tr> <td>Korrekturfaktor: $\delta = 1,15$</td> <td>Mörtelfestigkeit: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$</td> </tr> <tr> <td>Steindruckfestigkeit: $f_b^- = 10,0 \text{ N/mm}^2$</td> <td>max. in Rechnung zu stellen: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$</td> </tr> <tr> <td>Druckfestigkeit normiert: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$</td> <td>Daten Wand</td> </tr> <tr> <td>max. in Rechnung zu stellen: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$</td> <td>Wandtyp: Typ IW</td> </tr> <tr> <td>Wanddruckfestigkeit</td> <td>Wandhöhe (Rohbaulichte): $h = 2,80 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>char. Wanddruckfestigkeit: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$</td> <td>Knicklänge: $h_{ef} = 2,80 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>Verbandsmauerwerk mit NM: nein → 0% Abminderung</td> <td>Wanddicke: $t = 0,30 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>Pfeilerquerschnitt: nein → 0% Abminderung</td> <td>Wandlänge: $l = 3,23 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>max. in Rechnung zu stellen: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$</td> <td>Querschnittsfläche: $A = 0,97 \text{ m}^2$</td> </tr> <tr> <td>Teilsicherheitsbeiwert Material: $\gamma_M = 2,00$</td> <td>Abminderungsbeiwert 1: $\Phi_s = 0,754$</td> </tr> <tr> <td>Bemessungswert: $f_d = 1,93 \text{ N/mm}^2$</td> <td>Abminderungsbeiwert 2: $\Phi_s = -$</td> </tr> <tr> <td>Daten Decke</td> <td>Abminderungsbeiwert 3: $\Phi_s = -$</td> </tr> <tr> <td>System / Knoten: Typ D-1ax GE</td> <td>maßgeb. Abminderungsbeiwert: $\Phi_s = 0,754$</td> </tr> <tr> <td>Abminderungsfaktor: $\rho_2 = 1,00$</td> <td>Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands</td> </tr> <tr> <td>Deckenstützweite: $l_f = 5,50 \text{ m}$</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; border: 2px solid red; padding: 10px;"> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: red;"> $N_{Rd} = 1413,7 \text{ kN}$ </div> </td> </tr> <tr> <td>Faktor Deckenstützweite: 0,7</td> </tr> <tr> <td>effektive Deckenstützweite: $l_{f,ef} = 3,85 \text{ m}$</td> </tr> </table>			Daten Ziegel	Daten Mauermörtel	Abmessungen (B x L x H cm): 30,0 x 25,0 x 24,9	Mauermörtel / Mörtelklasse: Typ DBM M10	Mauersteingruppe: 2	Exponent α : $\alpha = 0,70$	Beiwert K: $K = 0,70$	Exponent β : $\beta = 0,00$	Korrekturfaktor: $\delta = 1,15$	Mörtelfestigkeit: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$	Steindruckfestigkeit: $f_b^- = 10,0 \text{ N/mm}^2$	max. in Rechnung zu stellen: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$	Druckfestigkeit normiert: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$	Daten Wand	max. in Rechnung zu stellen: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$	Wandtyp: Typ IW	Wanddruckfestigkeit	Wandhöhe (Rohbaulichte): $h = 2,80 \text{ m}$	char. Wanddruckfestigkeit: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$	Knicklänge: $h_{ef} = 2,80 \text{ m}$	Verbandsmauerwerk mit NM: nein → 0% Abminderung	Wanddicke: $t = 0,30 \text{ m}$	Pfeilerquerschnitt: nein → 0% Abminderung	Wandlänge: $l = 3,23 \text{ m}$	max. in Rechnung zu stellen: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$	Querschnittsfläche: $A = 0,97 \text{ m}^2$	Teilsicherheitsbeiwert Material: $\gamma_M = 2,00$	Abminderungsbeiwert 1: $\Phi_s = 0,754$	Bemessungswert: $f_d = 1,93 \text{ N/mm}^2$	Abminderungsbeiwert 2: $\Phi_s = -$	Daten Decke	Abminderungsbeiwert 3: $\Phi_s = -$	System / Knoten: Typ D-1ax GE	maßgeb. Abminderungsbeiwert: $\Phi_s = 0,754$	Abminderungsfaktor: $\rho_2 = 1,00$	Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands	Deckenstützweite: $l_f = 5,50 \text{ m}$	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: red;"> $N_{Rd} = 1413,7 \text{ kN}$ </div>	Faktor Deckenstützweite: 0,7	effektive Deckenstützweite: $l_{f,ef} = 3,85 \text{ m}$
Daten Ziegel	Daten Mauermörtel																																									
Abmessungen (B x L x H cm): 30,0 x 25,0 x 24,9	Mauermörtel / Mörtelklasse: Typ DBM M10																																									
Mauersteingruppe: 2	Exponent α : $\alpha = 0,70$																																									
Beiwert K: $K = 0,70$	Exponent β : $\beta = 0,00$																																									
Korrekturfaktor: $\delta = 1,15$	Mörtelfestigkeit: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$																																									
Steindruckfestigkeit: $f_b^- = 10,0 \text{ N/mm}^2$	max. in Rechnung zu stellen: $f_m = 10,0 \text{ N/mm}^2$																																									
Druckfestigkeit normiert: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$	Daten Wand																																									
max. in Rechnung zu stellen: $f_b = 11,5 \text{ N/mm}^2$	Wandtyp: Typ IW																																									
Wanddruckfestigkeit	Wandhöhe (Rohbaulichte): $h = 2,80 \text{ m}$																																									
char. Wanddruckfestigkeit: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$	Knicklänge: $h_{ef} = 2,80 \text{ m}$																																									
Verbandsmauerwerk mit NM: nein → 0% Abminderung	Wanddicke: $t = 0,30 \text{ m}$																																									
Pfeilerquerschnitt: nein → 0% Abminderung	Wandlänge: $l = 3,23 \text{ m}$																																									
max. in Rechnung zu stellen: $f_k = 3,87 \text{ N/mm}^2$	Querschnittsfläche: $A = 0,97 \text{ m}^2$																																									
Teilsicherheitsbeiwert Material: $\gamma_M = 2,00$	Abminderungsbeiwert 1: $\Phi_s = 0,754$																																									
Bemessungswert: $f_d = 1,93 \text{ N/mm}^2$	Abminderungsbeiwert 2: $\Phi_s = -$																																									
Daten Decke	Abminderungsbeiwert 3: $\Phi_s = -$																																									
System / Knoten: Typ D-1ax GE	maßgeb. Abminderungsbeiwert: $\Phi_s = 0,754$																																									
Abminderungsfaktor: $\rho_2 = 1,00$	Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands																																									
Deckenstützweite: $l_f = 5,50 \text{ m}$	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: red;"> $N_{Rd} = 1413,7 \text{ kN}$ </div>																																									
Faktor Deckenstützweite: 0,7																																										
effektive Deckenstützweite: $l_{f,ef} = 3,85 \text{ m}$																																										

Abbildung 71: Vordimensionierung 2. Obergeschoß bis Erdgeschoß

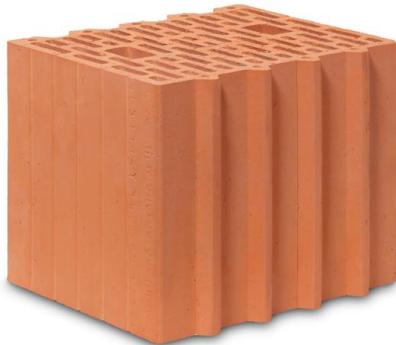
Porotherm 30 Plan (Wienerberger Ziegelindustrie GmbH) – 2. OG bis EG

Abbildung 72: Porotherm 30 Plan

169

Durch die höheren Lastannahmen vom 2. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß, im Vergleich zu den oberen Geschoßen, wird auf den Porotherm 30 Plan mit 30 cm Bauteilstärke umgestiegen. Die Auswahl erfolgte aufgrund des Vorbemessungsprogramms der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH. Auch bei diesem Stein wird Dünnbettmörtel verwendet. Die Steindruckfestigkeit gemäß Datenblatt des Porotherm 30 Plan beträgt 10 N/mm². Die Deckenflächen werden von der Innenwand A-B bis ins Erdgeschoß abgetragen. Die Hälfte der Wandlänge von 6,45 Meter, d.s. 3,23 Meter müssen trotz freier Grundrisseinteilung bestehen bleiben. Die größte Stützweite der Decke beträgt 5,55 Meter, welche zur Vereinfachung in dem Formular zur Vordimensionierung mit 5,50 Meter angegeben wurde. Ein Geschoß besitzt eine Höhe von 3,02 Meter¹⁷⁰, d.h. die Gesamthöhe des Gebäudes beträgt daher 18,12 Meter.

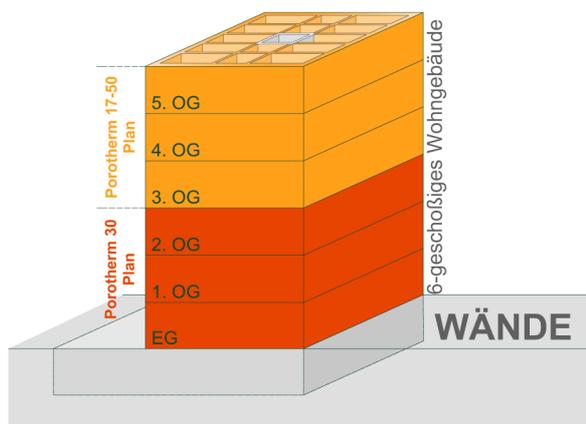


Abbildung 73: Geschoße Porotherm 30 Plan

168 Abb. 71: vgl. Grünkranz 2016, E-Mail: Bemessungsprogramme

169 Abb. 72: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan

170 Wandhöhe 2,80 Meter lt. Formular, Deckenstärke 0,22 Meter

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton

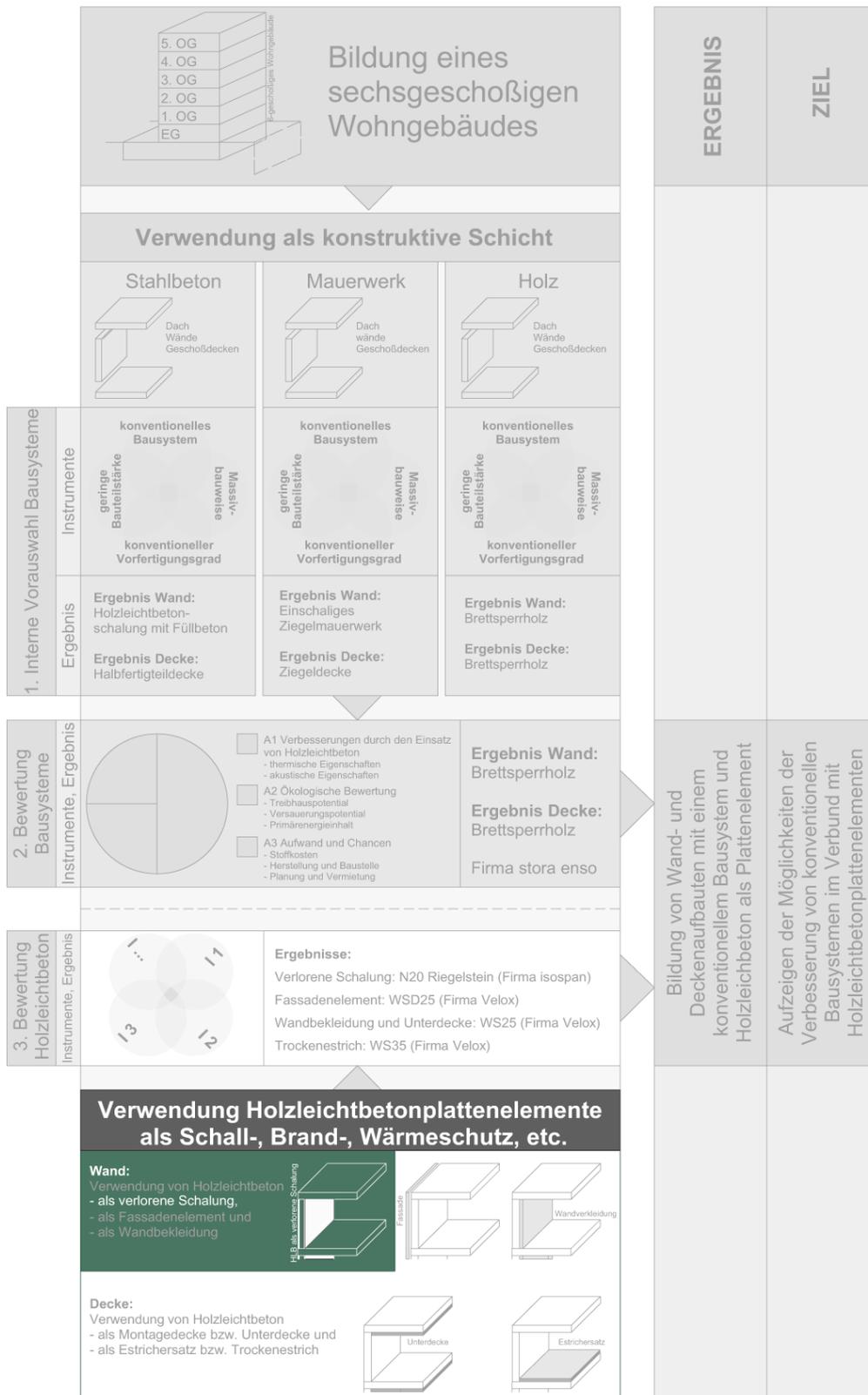


Abbildung 74: Übersicht Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton

Die Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton ist ein Teil der Einsatzmöglichkeiten von Holzleichtbeton. Daher wird dieses Bausystem, genauso wie die Verwendung der anderen Holzleichtbetonbestandteile für die Verbesserung der Wand- und Deckenaufbauten, mithilfe von Instrumenten bewertet.

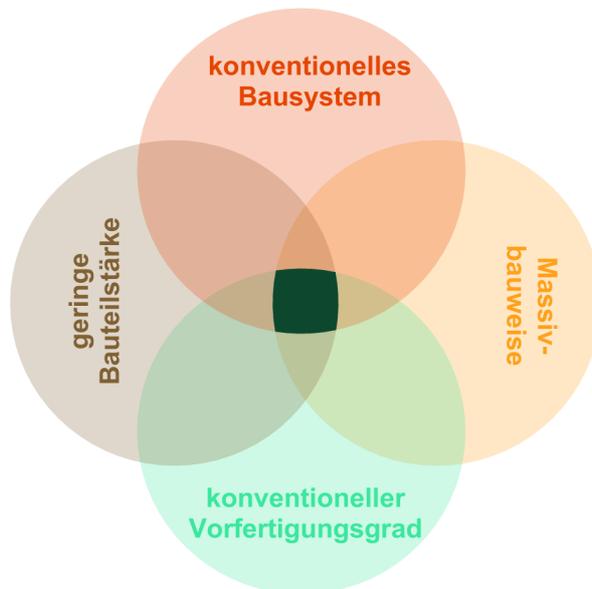


Abbildung 75: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Die Auswahl erfolgte einerseits aufgrund der Benützung von Holzleichtbeton auch als konstruktives Element und andererseits aufgrund der vier oben dargestellten Entscheidungskriterien. Die Holzleichtbetonschalung ist eine Massivbauweise. Die Schalung wird als vorgefertigtes, geschoßhohes Element auf die Baustelle geliefert. Der Beton wird als Transportbeton vor Ort in die Schalung eingebracht. Die Bauteilstärke ist ein Instrument zur Bewertung der einzelnen Mantelbetonsteine verschiedener Hersteller.

Die Zusammensetzung dieses Bausystems besteht aus Holzleichtbeton als „verlorene“ Schalung mit einem Normalbeton, der auf der Baustelle in die Schalung eingebracht wird. Dieser Ortbeton wird als Transportbeton auf die Baustelle geschafft. Als Tragwerk fungieren zweidimensionale Tragelemente, die Scheiben. Zur Verringerung der Wärmeleitfähigkeit wird eine Dämmung angebracht.

Es ergeben sich für Außenwände, den Mantelbeton bzw. Betonschalsteine mit Füllbeton folgende Anforderungen: C25/30 empfohlene Mindestfestigkeitsklasse; B2¹⁷¹ empfohlene

171 B2 = XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A)
vgl. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2011, Der Baustoff, Beton, Betonherstellung

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Beton-Kurzbezeichnung; sowie ein maximales Größtkorn von 16mm.¹⁷²

Betrachtet werden Wandsysteme aus Mantelbetonplatten der Firmen Velox Werk GesmbH, Leier Baustoffe GmbH, Harml & Quehenberger GmbH / thermo-span sowie isospan Baustoffwerk GmbH, die gemäß dem Verband der Österreichischen Beton- und Fertigteilwerke zu den Herstellern von Holzbeton in Österreich zählen. Weiters wurde auch die Firma Harml Baustoffwerk angegeben, die jedoch aufgrund der kleinen Firmengröße nicht in die Bewertung einfließt. Auch die angeführte Firma Betonwerk Rieder GmbH bietet Holzleichtbeton zum Zeitpunkt dieser Arbeit nicht im Hochbaubereich sondern im Bereich Lärmschutz an und findet somit in dieser Arbeit keine Beachtung.¹⁷³

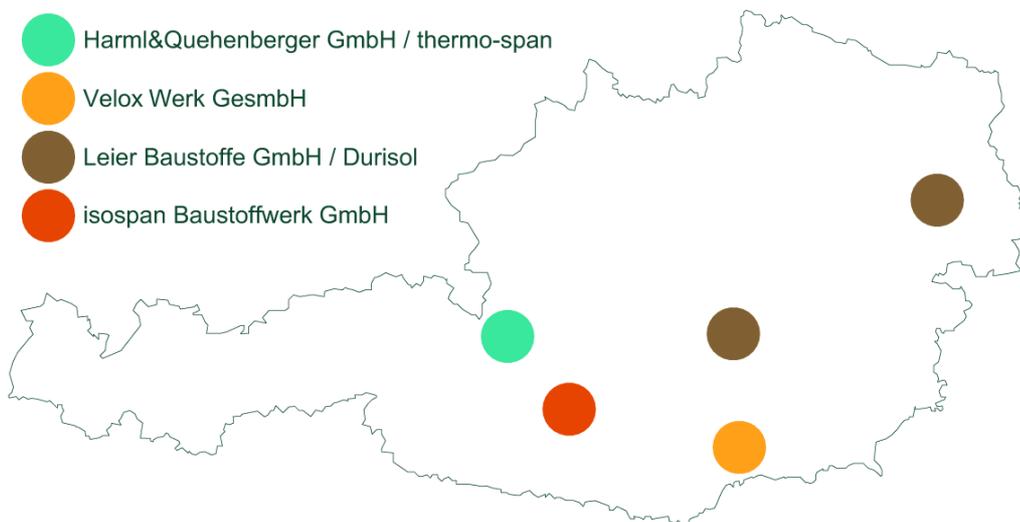


Abbildung 76: Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton: Firmen in Österreich

Alle Mantelbetonausführungen, die von den einzelnen Firmen angeboten werden, werden aufgrund der nachstehend erläuterten Instrumente bewertet.

Die Instrumente sind die benötigten konstruktiven Anforderungen für ein sechsstöckiges Wohngebäude, weiters der geeignete Wärme- und Schallschutz, die Bauteilstärke zur Schaffung eines geringen Mietflächenverlustes, die flächenbezogene Masse die zur Auswahl eines „leichten“ Steines führt und eine schallschutztechnisch gute Ausführung.

172 vgl. Porr Technics & Services GmbH & Co KG 2016, Hochbau, Wände, Säulen, Pfeiler, Balken, sonstige Bauteile, Außen: Ortbeton oder Fertigteile, Mantelbeton und Betonschalsteine - Füllbeton

173 vgl. Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke 2016

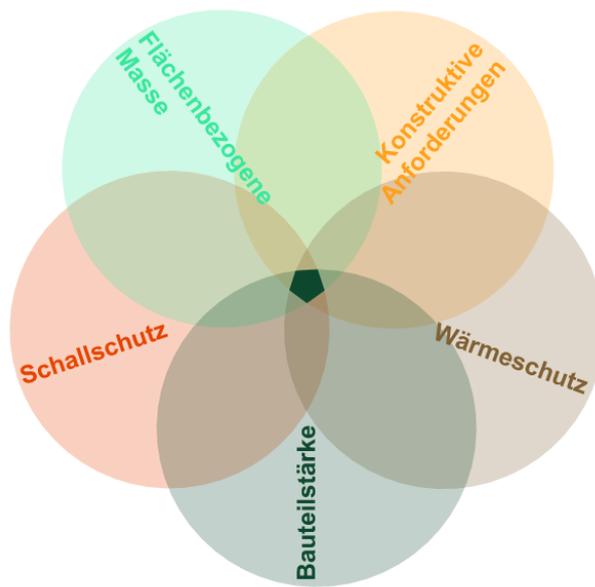


Abbildung 77: Entscheidungskriterien für den kleinsten gemeinsamen Nenner

Der kleinste gemeinsame Nenner wird weiter verwendet. Dies geschieht durch die Ausscheidung der Systeme, die eine gewisse Bandbreite unter- bzw. überschreiten. Diese Bandbreite bewegt sich zwischen der max. bzw. mind. gesetzlichen Vorschreibung und 35 Prozent darüber oder darunter.

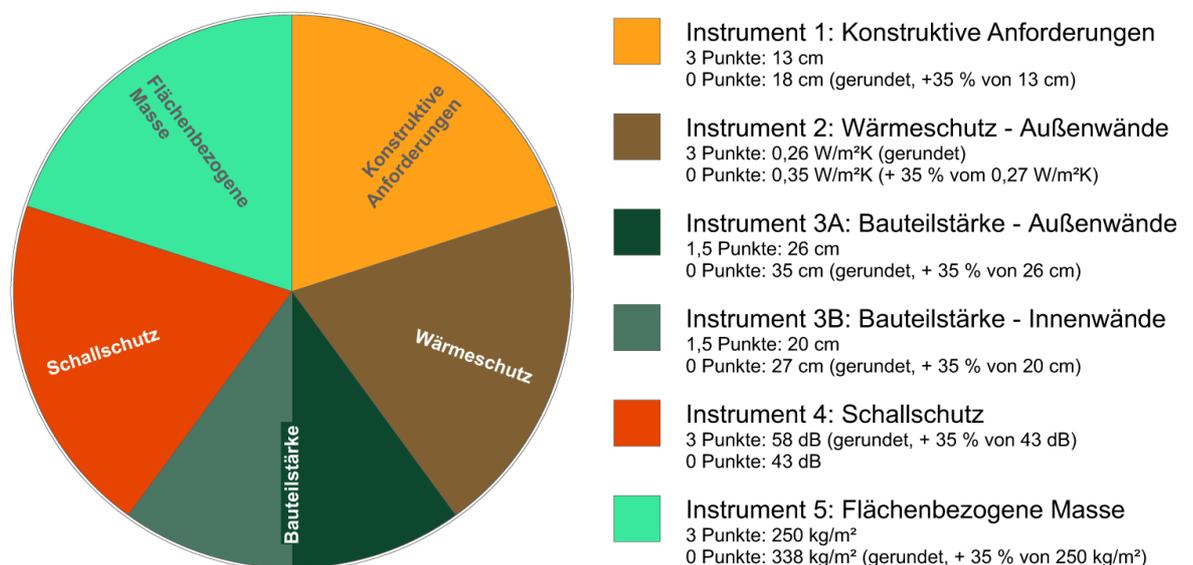


Abbildung 78: Instrumente und Gewichtung

- **Konstruktive Anforderungen:** Weder zu hoch dimensionierte, noch zu geringe Füllbetonstärken für sechs Geschoße können in der Bewertung weiterhin berücksichtigt werden und fallen somit aus der Auswahl. Die Mindeststärke des

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Füllbetons beträgt bei der Firma Velox Werk GesmbH 13 cm für 6 Geschoße. Dieser Wert wird als Mindestwert für den Füllbeton verwendet. Der Maximalwert beträgt 18 cm, da mit einer Prozentzahl von 135 % der höchste Wert angenommen wird. Die Holzleichtbetonschalung trägt zwar auch zur Ableitung der Kräfte bei, jedoch variiert diese bei allen Systemen nicht sehr stark. Die Stärken der Schalungsseiten betragen jeweils 3,5 cm oder 5,0 cm. Somit wird nur der Füllbeton betrachtet, da dieser den Größtenteil der Last in den Untergrund einleitet.

- **Wärmeschutz:** Zur Erreichung eines guten Wärmeschutzes bietet das Instrument „U-Wert“ eine gute Richtlinie zur Einteilung von guten und schlechten Wärmeleitfähigkeiten einer gesamten Wand. Der max. U-Wert für eine Außenwand beträgt lt. OIB-Richtlinie 0,35 W/m²K. Dieser Wert bildet den Maximalwert. Wirtschaftlich gesehen besteht jedoch kein Bedarf an einem U-Wert unter 0,26 W/m²K (100 %).
- **Bauteilstärke:** Dieses Instrument zeigt den Mietflächenverlust durch die Stärke der Wandkonstruktion auf. Es wird die Außenwand, die eine gewisse Wärmedämmung benötigt, von der Innenwand unterschieden. Betrachtet werden bei den Innenwänden, Innenwände innerhalb Wohneinheiten. Bei der Innenwand innerhalb Wohneinheiten kann auf die Wärmedämmung verzichtet werden, da kein max. U-Wert gesetzlich vorgeschrieben ist. Systeme mit integrierter Dämmung, welche für die Innenwand natürlich nicht entfernt werden kann, schneiden bei der Bewertung der Innenwand schlechter ab. Die geringste Bauteilstärke eines Systems beträgt bei der Außenwand 26 cm und bei der Innenwand 20 cm. Mit jeweils 35 Prozent mehr bilden sich die Maximalwerte von 35 cm bei der Außenwand und 27 cm bei der Innenwand. Die darüberliegenden Systeme werden nicht weiter betrachtet.
- **Schallschutz:** Während bei dem folgenden Instrument: flächenbezogenen Masse, zwar das Mindestmaß von 250 kg/m² zu erreichen ist, eine höhere Masse, welche auch den Schallschutz positiv beeinflussen würde, jedoch negativ beurteilt wird, bedarf es eineszusätzlichen Instruments zur Bewertung des Schallschutzes. Dies ist das bewertete Schalldämmmaß R_w . Der gesetzlich vorgeschriebene Mindestwert beträgt 43 dB bei opaken Außenbauteilen. Es werden somit die Außenwände betrachtet. Da ein zu hohes Schalldämmmaß wirtschaftlich und gesetzlich nicht notwendig ist, beträgt das max. Schalldämmmaß in dieser Arbeit

58 dB, d.s. 135 % von 43 dB.

- **Flächenbezogene Masse:** Eine flächenbezogene Masse ab 250 kg/m^2 ¹⁷⁴ ist ein Indikator für einen guten Schallschutz. Je höher die flächenbezogene Masse jedoch ist, desto höher werden auch die Lasten der Geschoße, die von den Wänden aufgenommen werden müssen. Somit beträgt hier die max. flächenbezogene Masse 338 kg/m^2 .
- **Brandschutz:** Da alle zu bewertenden Systeme eine gesetzlich ausreichende Feuerwiderstandsklasse (mind. REI 90) besitzen, ist die Bewertung durch das Instrument Brandschutz nicht nötig.

Die vier zu bewerteten Firmen werden mit den angebotenen Mantelbetonausführungen angezeigt.

Firma Velox Werk GesmbH:

TT18, TT20, TT22, TT25, GG25, GT25, ET30, ET30 Passiv, GU30, TT30, SST32, XG35; GT30¹⁷⁵



Abbildung 79: System Firma Velox Werk GesmbH ¹⁷⁶

174 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Schallschutz

175 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen

176 Abb. 79: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Firma HarmI&Quehenberger GmbH / thermo-span:

thermo-S 25/6, thermo-S 30/7, thermo-S 30/8, thermo-S 30/10, thermo-S 32/11, thermo-S 38/13,4, thermo-S 38/16,4, thermo-S 38/19,4, thermo-N 38/13,4, thermo-N 38/16,4, thermo-N 38/19,4, thermo-T2 38/16, IW 15/9, IW 18/12, IW 20/13, IW 22/15, IW 25/16, IW 25/19, TW 30/20¹⁷⁷



Abbildung 80: System Firma HarmI&Quehenberger GmbH / thermo-span ¹⁷⁸

Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol:

DM 15/9, DM 25/16, DMi 17/12, DMi 20/13, DMi 25/18, DMi 31,5/18, DSi 30/20, DS 35/20, DS 25/12, DSS 30/12, DSS 37,5/12¹⁷⁹

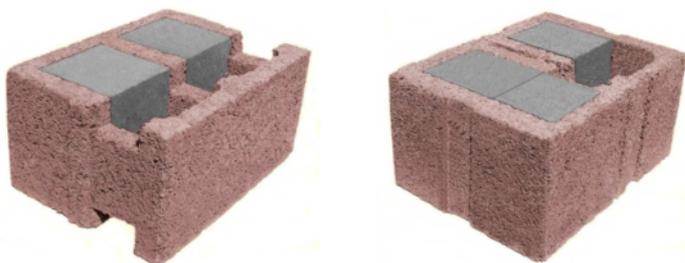


Abbildung 81: System Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol

¹⁸⁰

177 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

178 Abb. 80: Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte, Innenwandsteine

179 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

180 Abb. 81: Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

Firma isospan Baustoffwerk GmbH:

S25/6 SILVER, S30/5 SILVER, S30/7 SILVER, S30/9 SILVER, S36,5/5 SILVER, S36,5/10,5 SILVER, S36,5/13,5 SILVER, S36,5/13,5 ISOPUR; S36,5/16,5 SILVER, S36,5/16,5 ISOPUR, S36,5/16,5 ÖKOPUR, N15, N18, N20, N22, N25, I25, I30, TW30.¹⁸¹



Abbildung 82: System isospan Baustoffwerk GmbH ¹⁸²

181 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich, S. 2-5

182 Abb. 82: Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich, S. 2

I1. Konstruktive Anforderungen

mind. 13 cm Füllbeton, max. 18 cm Füllbeton

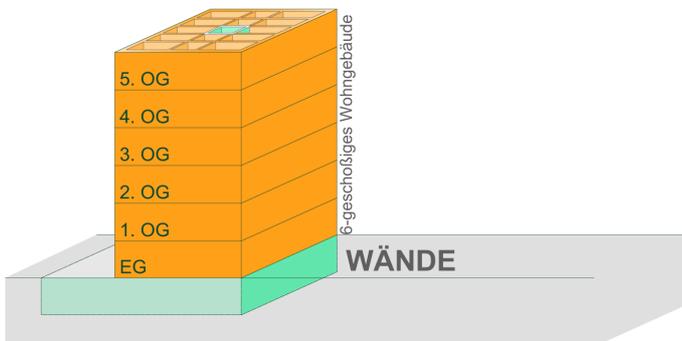


Abbildung 83: I1 Konstruktive Anforderungen - Wände

Die konstruktiven Anforderungen¹⁸³ müssen auf jeden Fall erfüllt werden. Dadurch, dass gemäss Firma Velox Werk GesmbH mind. 13 cm Ortbetondicke nötig wären, um sechs Geschoße auszuführen, werden für die übrigen Firmen auch diese Annahmen getroffen um eine ungefähre Näherung und Vergleichbarkeit der konstruktiven Möglichkeiten zu schaffen.¹⁸⁴ Da alle Systeme eine geringe Diversität in der Stärke der Holzleichtbetonschalung aufweisen, wird diese trotz der konstruktiven Mithilfe nicht in die Bewertung einfließen. Die hauptsächliche Lastabtragung geschieht durch den Füllbeton. Die Systeme, die eine Betonschicht von über 18 cm (13 cm x 135 %, gerundet) besitzen, werden als überdimensioniert aus der Bewertung genommen.

183 $3 \times (18 - \text{Variable}) / (18 - 13)$

Variablen: 13 cm, 14 cm, 15 cm, 16 cm, 16,5 cm, 17 cm

184 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

I1 Konstruktive Anforderungen

■ Füllbeton

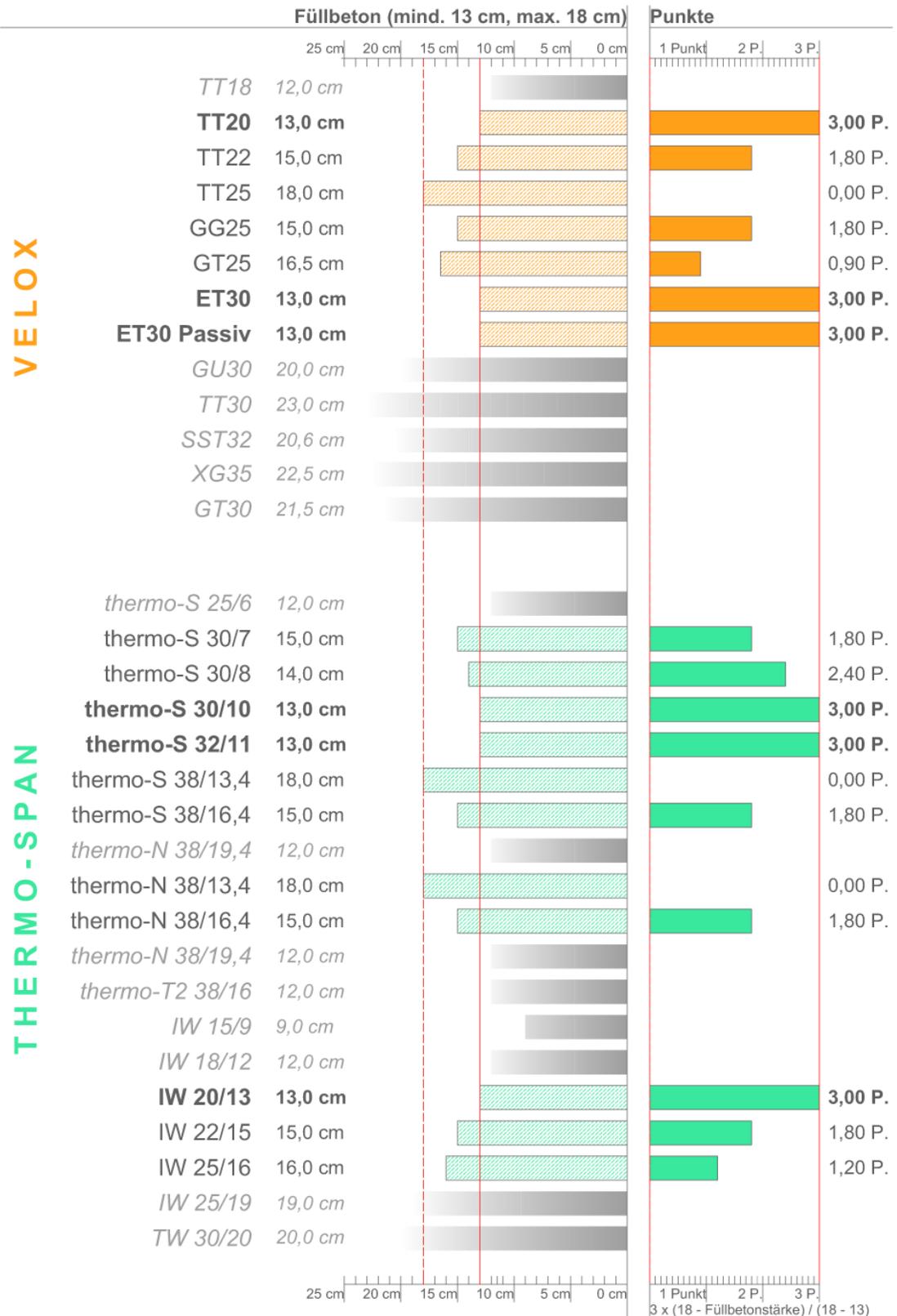


Abbildung 84: I1 Konstruktive Anforderungen (Velox, thermo-span)

I1 Konstruktive Anforderungen

 Füllbeton

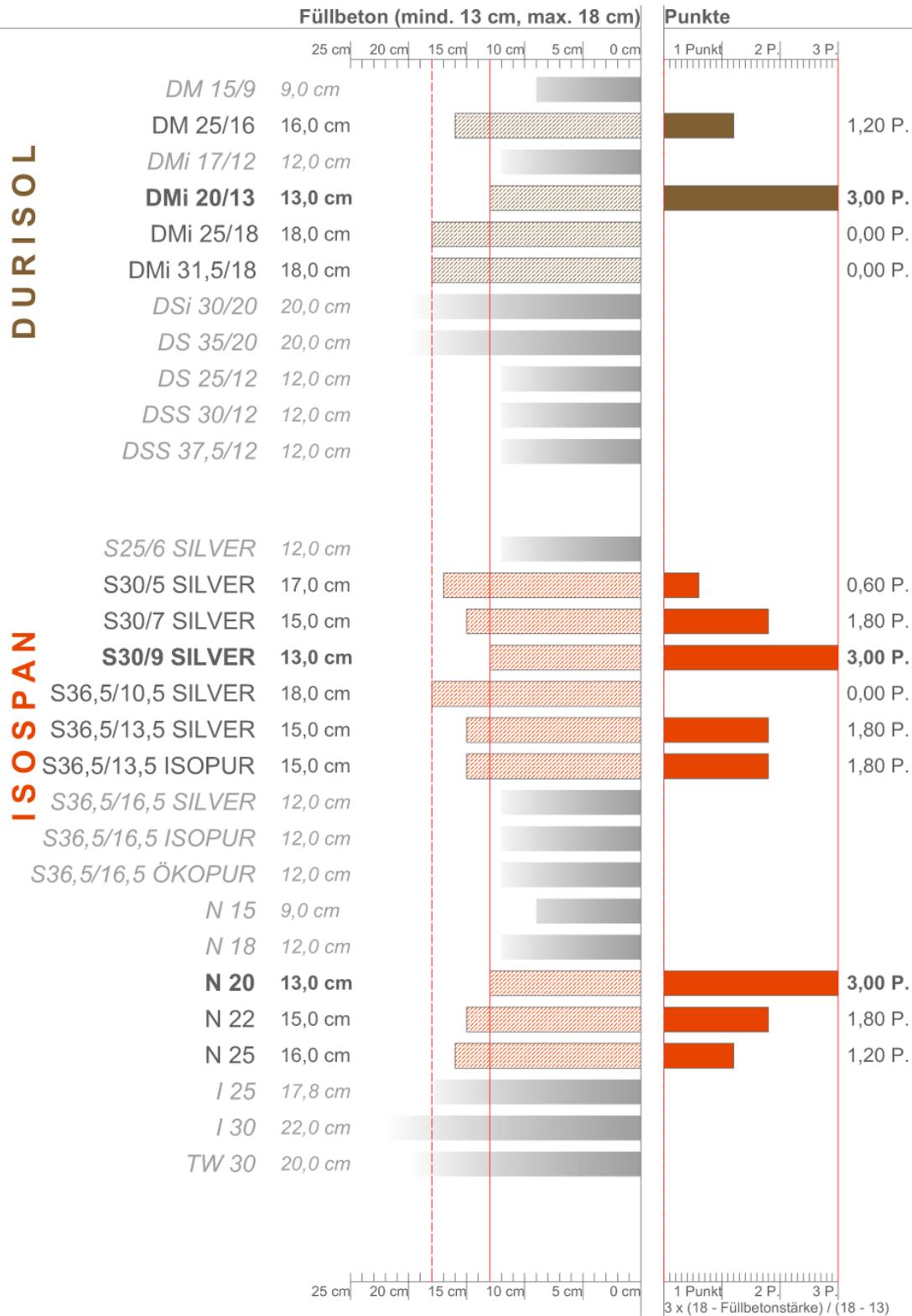


Abbildung 85: I1 Konstruktive Anforderungen (Durisol, isospan)

Die ideale Füllbetonstärke beträgt 13 cm. Diese Stärke trägt sechs Geschoße, ist aber nicht überdimensioniert. Diesen Wert erreichen bei der **Firma Velox Werk GesmbH** die Systeme **TT20, ET30** und **ET30 Passiv**. Weiters schaffen die Systeme TT22, TT25, GG25 und GT25 gute Werte. Sie liegen innerhalb der Bandbreite und nehmen weiterhin an der Bewertung (mind. 13 cm, max. 18 cm = 135 %) teil.¹⁸⁵

Bei der **Firma HarmI & Quehenberger GmbH / thermo-span** besitzen die Systeme **thermo-S 30/10, thermo-S 32/11** und **IW 20/13** die ideale Füllbetonstärke von 13 cm. Die Systeme thermo-S 30/7, thermo-S 30/8, thermo-S 38/13,4, thermo-S 38/16,4, thermo-N 38/13,4, thermo-N 38/16,4, IW 22/15, IW 25/16 befinden sich innerhalb der gewählten Spanne von 13 bis 18 cm.¹⁸⁶

Für ein sechsstöckiges Gebäude im Kontext dieser Arbeit, bietet die **Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol** ein ideales Produkt mit 13 cm Füllbetonstärke (**DMi 20/13**) und weitere gute Steine unter 18 cm Betondicke (DM 25/16, DMi 25/18, DMi 31,5/18) an.¹⁸⁷

Die **Firma isospan Baustoffwerk GmbH** offeriert einige Systeme, die zwischen den gewählten Abgrenzungswerten (mind. 13 cm, max. 18 cm) liegen. Mit 13 cm liegt die Präferenz bei den Systemen **S 30/9 SILVER** und **N20**. Die Systeme S30/5 SILVER, S30/7 SILVER, S36,5/10,5 SILVER, S36,5/13,5 SILVER, s36,5/13,5 ISOPUR, N22, N25 liegen auch innerhalb der Grenzen.¹⁸⁸

Die über- sowie unterdimensionierten Systeme scheiden aus.

185 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

186 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

187 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

188 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

12. Wärmeschutz – Außenwände

mind. 0,26 W/m²K, max. 0,35 W/m²K

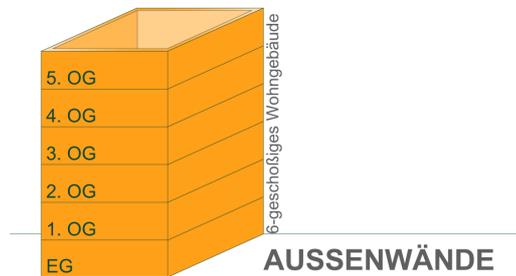


Abbildung 86: I1 Bauteildicke – Außenwände

Zur Bewertung gelangen die Außenwände der Steinsysteme. Eine Außenwand darf einen U-Wert¹⁸⁹ von 0,35 W/m²K nicht überschreiten.¹⁹⁰ Es besteht jedoch wirtschaftlich auch kein Grund, warum die Systeme einen U-Wert von 0,26 W/m²K (0,26 W/m²K + 35 % = 0,35 W/m²K) unterschreiten müssen.

Jene Mantelbetonsteine mit Ortbetonfüllung die trotz Dämmung (bereits integriert oder als zusätzliche Mineralwollendämmung) den benötigten Wärmeschutz nicht erreichen, fallen aus dieser Bewertung. Es werden nur Steine, die keine integrierte Wärmedämmung besitzen, mit einer dementsprechend tiefen Mineralwollendämmung ausgestattet, sodass sie einen max. U-Wert von 0,35 W/m²K erreichen. Die Mantelbetonsteine mit integrierter Wärmedämmung werden nicht mit einer zusätzlichen Dämmung ausgestattet. Die Steine mit dem geringsten U-Wert erzielen die meisten Punkte.

189 $3 \times (0,35 - \text{Variable}) / (0,35 - 0,26)$
Variablen: 0,27 W/m²K, 0,29 W/m²K, 0,30 W/m²K, 0,31 W/m²K, 0,32 W/m²K, 0,33 W/m²K, 0,34 W/m²K

190 vgl. OIB 2015, Richtlinie 6, S. 6

I2 Wärmeschutz

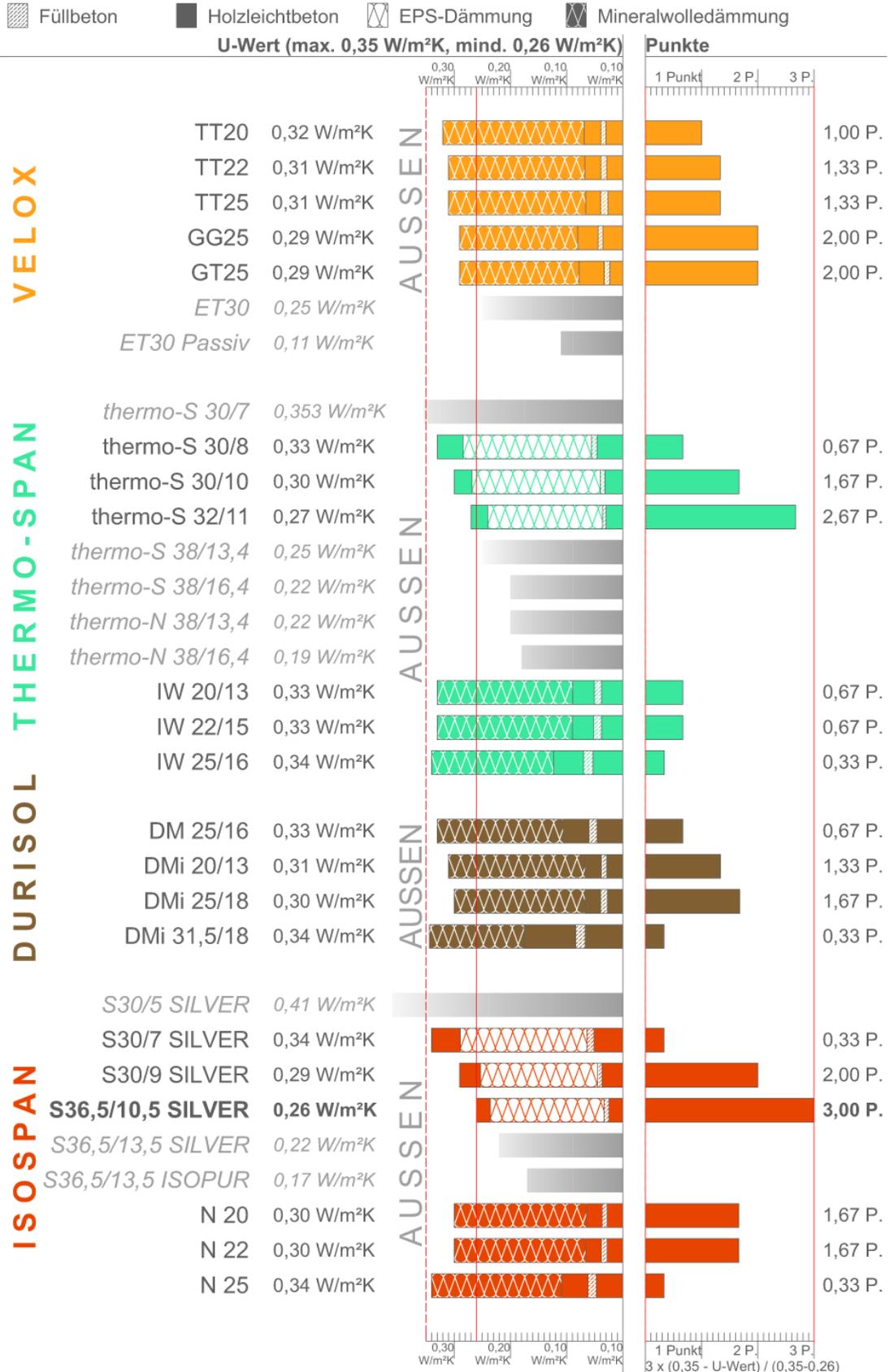


Abbildung 87: I2 Wärmeschutz

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Die Darstellung von Holzleichtbeton, Wärmedämmung und Füllbeton soll zeigen, wie hoch die Einflussname des einzelnen Materials ist, um den guten und geeigneten U-Wert zu erreichen. Je länger z.B. die Schraffur der Dämmung dargestellt ist, desto höher ist der prozentuale, positive Anteil an einem geringen U-Wert.

Bei der **Firma Velox Werk GesmbH** wird bei allen Mantelbetonsteinen eine Mineralwolle-Fassadendämmung angebracht, die keine integrierte Dämmung besitzen. Der gesetzliche U-Wert von 0,35 W/m²K ist zu erreichen. Den geringsten U-Wert schaffen die Steine **GG25** und **GT25** mit 0,29 W/m²K. Auch die Systeme TT20, TT22 und TT25 liegen innerhalb der gewählten Bandbreite.¹⁹¹

191 $R_T = d/\lambda = R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda + R_{se}$ [m²K/W] – unverputzte Außenwand

Mineralwollendämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034$ W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm

vgl. Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

TT 20 (Firma Velox Werk GesmbH)

**gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K,
6 cm Dämmung = 0,39 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,07/0,125 + 0,13/1,5 + 0,04 = 3,17$ m²K/W

U-Wert = **0,32 W/m²K** (1/R)

TT 22 (Firma Velox Werk GesmbH)

**gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K,
6 cm Dämmung = 0,39 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,07/0,125 + 0,15/1,5 + 0,04 = 3,18$ m²K/W

U-Wert = **0,31 W/m²K** (1/R)

TT 25 (Firma Velox Werk GesmbH)

**gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K,
6 cm Dämmung = 0,38 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,07/0,125 + 0,18/1,5 + 0,04 = 3,20$ m²K/W

U-Wert = **0,31 W/m²K** (1/R)

GG 25 (Firma Velox Werk GesmbH)

**gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K,
6 cm Dämmung = 0,353 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,1/0,125 + 0,15/1,5 + 0,04 = 3,42$ m²K/W

U-Wert = **0,29 W/m²K** (1/R)

GT 25 (Firma Velox Werk GesmbH)

**gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K,
6 cm Dämmung = 0,354 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,05/0,1 + 0,035/0,125 + 0,165/1,5 + 0,04 = 3,41$ m²K/W

U-Wert = **0,29 W/m²K** (1/R)

ET 30 (Firma Velox Werk GesmbH)

gesamt (inkl. Integrierter 10 cm EPS-Dämmung, $\lambda=0,032$ W/mK)

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,1/0,032 + 0,035/0,1 + 0,035/0,125 + 0,13/1,5 + 0,04 = 4,01$ m²K/W

U-Wert = **0,25 W/m²K** (1/R)

Im Abgrenzungsbereich von 0,26 bis 0,35 W/m²K bewegen sich viele Systeme der **Firma Harml & Quehenberger GmbH / thermo-span**. Insbesondere der Stein **thermo-S 32/11** mit 0,27 W/m²K liegt sehr gut an vorderster Stelle. Weitere Systeme innerhalb der Grenzen sind die Steine thermo-S 30/8, thermo-S 30/10, IW 20/13, IW 22/15 und IW 25/16.¹⁹²

ET 30 Passiv (Firma Velox Werk GesmbH)

gesamt (inkl. Integrierter 25 cm EPS-Dämmung, $\lambda=0,032$ W/mK

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,25/0,032 + 0,035/0,1 + 0,035/0,125 + 0,13/1,5 + 0,04 = 8,70 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-Wert = **0,11 W/m²K** (1/R)

192 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme
 $R_T = d/\lambda = R_{\text{si}} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda + R_{\text{se}}$ [m²K/W] – unverputzte Wand

Mineralwolledämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034$ W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm

vgl. Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

thermo-S 30/7

$R_{\text{S30/7}} = 2,83 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,353 W/m²K** (1/R) mit integrierter 7 cm EPS-Dämmung

thermo-S 30/8

$R_{\text{S30/8}} = 3,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,33 W/m²K** (1/R) mit integrierter 8 cm EPS-Dämmung

thermo-S 30/10

$R_{\text{S30/10}} = 3,35 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,30 W/m²K** (1/R) mit integrierter 10 cm EPS-Dämmung

thermo-S 32/11

$R_{\text{S32/11}} = 3,68 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,27 W/m²K** (1/R) mit integrierter 11 cm EPS-Dämmung

thermo-S 38/13,4

$R_{\text{S38/13,4}} = 3,99 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,25 W/m²K** (1/R) mit integrierter 13,4 cm EPS-Dämmung

thermo-S 38/16,4

$R_{\text{S38/16,4}} = 4,57 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,22 W/m²K** (1/R) mit integrierter 16,4 cm EPS-Dämmung

thermo-N 38/13,4

$R_{\text{N38/13,4}} = 4,54 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,22 W/m²K** (1/R) mit integrierter 16,4 cm Neopor-Dämmung

thermo-N 38/16,4

$R_{\text{N38/16,4}} = 5,23 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

U-Wert = **0,19 W/m²K** (1/R) mit integrierter 16,4 cm Neopor-Dämmung

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Die vier Systeme der **Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol** liefern durch die zusätzliche Dämmung Ergebnisse im Bereich der Bandbreite.¹⁹³

Bei der **Firma isospan Baustoffwerk GmbH** liegen nahezu alle Systeme innerhalb der Grenzen. Insbesondere der Stein **S36,5/10,5 SILVER** sticht mit 0,26 W/m²K positiv hervor.¹⁹⁴

IW 20/13

RIW20/13 = 1,1 m²K/W (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

gesamt (inkl. 6 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 5 cm Dämmung = 0,36 W/m²K)

R_{gesamt} = 0,13 + 0,06/0,034 + 1,1 + 0,04 = **3,03 m²K/W**

U-Wert = **0,33 W/m²K** (1/R)

IW 22/15

RIW22/15 = 1,12 m²K/W (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

gesamt (inkl. 6 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 5 cm Dämmung = 0,36 W/m²K)

R_{gesamt} = 0,13 + 0,06/0,034 + 1,12 + 0,04 = **3,05 m²K/W**

U-Wert = **0,33 W/m²K** (1/R)

IW 25/16

RIW25/16 = 1,34 m²K/W (lt. Fa. Harml&Quehenberger GmbH / thermo-span)

gesamt (inkl. 5 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 4 cm Dämmung = 0,37 W/m²K)

R_{gesamt} = 0,13 + 0,05/0,034 + 1,34 + 0,04 = **2,98 m²K/W**

U-Wert = **0,34 W/m²K** (1/R)

193 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk Harml-Quehenberger GmbH 2017, Produkte
RT = d/λ = R_{si} + d1/λ1 + d2/λ + R_{se} [m²K/W] – unverputzte Wand

Mineralwolledämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

λ = 0,034 W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm

vgl. Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

DM 25/16

RDM25/16 = 1,06 m²K/W (lt. Fa. Leier Baustoffe GmbH/Durisol)

gesamt (inkl. 6 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 5 cm Dämmung = 0,37 W/m²K)

R_{gesamt} = 0,13 + 0,06/0,034 + 1,06 + 0,04 = **2,99 m²K/W**

U-Wert = **0,33 W/m²K** (1/R)

DMi 20/13

RDMi20/13 = 0,75 m²K/W (lt. Fa. Leier Baustoffe GmbH/Durisol)

gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,37 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)

R_{gesamt} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,75 + 0,04 = **3,27 m²K/W**

U-Wert = **0,31 W/m²K** (1/R)

DMi 25/18

RDMi25/18 = 0,83 m²K/W (lt. Fa. Leier Baustoffe GmbH/Durisol)

Die Mantelbetonsteine, die außerhalb des gewählten Bereichs bleiben, werden nicht weiter betrachtet.

gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,36 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,83 + 0,04 = 3,35 \text{ m}^2\text{K/W}$
U-Wert = **0,30 W/m²K** (1/R)

DMi 31,5/18

$R_{\text{DMi31,5/18}} = 1,56 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Leier Baustoffe GmbH/Durisol)
gesamt (inkl. 4 cm Dämmung, geringstmögliche Stärke)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,04/0,034 + 1,56 + 0,04 = 2,91 \text{ m}^2\text{K/W}$
U-Wert = **0,34 W/m²K** (1/R)

194 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine
 $R_T = d/\lambda = R_{\text{si}} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda + R_{\text{se}}$ [m²K/W] – unverputzte Wand

Mineralwolledämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$ ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm
vgl. Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

S 30/5 SILVER

U-Wert = **0,41 W/m²K** (1/R) mit integrierter 5 cm EPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

S 30/7 SILVER

U-Wert = **0,34 W/m²K** (1/R) mit integrierter 7 cm EPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

S 30/9 SILVER

U-Wert = **0,29 W/m²K** (1/R) mit integrierter 9 cm EPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

S 36,5/10,5 SILVER

U-Wert = **0,26 W/m²K** (1/R) mit integrierter 10,5 cm EPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

S 36,5/13,5 SILVER

U-Wert = **0,22 W/m²K** (1/R) mit integrierter 13,5 cm EPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

S 36,5/13,5 ISOPUR

U-Wert = **0,17 W/m²K** (1/R) mit integrierter 13,5 cm XPS-Dämmung (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

N20 End-/Riegelstein

$R_{\text{N20}} = 0,773 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)

13. Bauteilstärke

Außenwände

mind. 26 cm, max. 35 cm

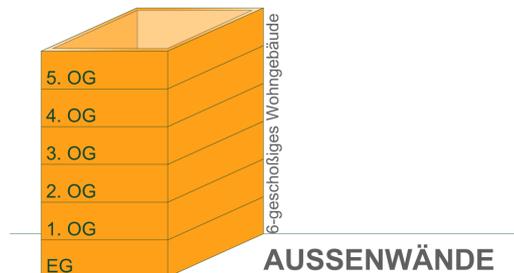


Abbildung 88: I3A Bauteilstärke - Außenwände

Die Bauteilstärke¹⁹⁵ liefert einen wichtigen Aspekt für die Bewertung des Verlustes der vermietbaren Fläche. Betrachtet werden die Außenwände des 6-geschoßigen Wohngebäudes. Die Mindeststärke für eine Außenwand beträgt in Anbetracht aller Systeme 26 cm. Um einen Bereich zu wählen wird der geringsten Stärke, wie bei allen anderen Instrumenten auch, ein Aufschlag von 35 % gegeben, d.h. die max. Bauteilstärke der Außenwände darf 35 cm nicht überschreiten.

Nur bei Mantelbetonsteinen, die über keine dazugehörige Dämmung besitzen, wird eine Mineralwolledämmung angebracht. Die Tiefe der Dämmung folgt daher, dass dadurch ein U-Wert zwischen 0,35 W/m²K und 0,26 W/m²K erreicht wird. Hierbei wurde die Stärke

gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,37 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,773 + 0,04 = 3,30 \text{ m}^2\text{K/W}$
U-Wert = **0,30 W/m²K** (1/R)

N22 End-/Riegelstein
 $R_{\text{N22}} = 0,796 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)
gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,37 W/m²K, 7 cm nicht verfügbar)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,796 + 0,04 = 3,32 \text{ m}^2\text{K/W}$
U-Wert = **0,30 W/m²K** (1/R)

N25 End-/Riegelstein
 $R_{\text{N25}} = 0,975 \text{ m}^2\text{K/W}$ (lt. Fa. Isospan Baustoffwerk GmbH)
gesamt (inkl. 6 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 5 cm Dämmung = 0,38 W/m²K)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,06/0,034 + 0,975 + 0,04 = 2,91 \text{ m}^2\text{K/W}$
U-Wert = **0,34 W/m²K** (1/R)

vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

195 $3 \times (35 - \text{Variable}) / (35 - 26)$
Variablen: 26 cm, 28 cm, 29 cm, 30 cm, 31 cm, 32 cm, 33 cm

gewählt, die am nächsten bei oder unter einem U-Wert von 0,35 W/m²K liegt um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, jedoch den Mietflächenverlust durch die Wanddicke so gering wie möglich hält.

I3A Bauteilstärke - Außenwände



Abbildung 89: I3A Bauteilstärke - Außenwände

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Viele Systeme der vier Firmen liegen innerhalb der Grenzen bei der Außenwand, die zwischen 27 cm und 36 cm liegen, d.h. Nur zwei Systeme scheidet beim Instrument Bauteilstärke der Außenwände in diesem Kontext aus.

Bei der **Firma Velox Werk GesmbH** schneidet das System **TT20** mit 28 cm Bauteilstärke sehr gut ab.¹⁹⁶

Die **Firma HarmI & Quehenberger GmbH / thermo-span** bietet viele Systeme innerhalb der Bandbreite an. Insbesondere der Stein **IW 20/13** schafft die geringste Bauteilstärke von 26 cm trotz angemessenem Wärmeschutz.¹⁹⁷

Die geringste Bauteilstärke der **Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol** bietet das System **DMi 20/13** mit 28 cm Stärke.¹⁹⁸

Bei den sechs Systemen der **Firma isospan Baustoffwerk GmbH** erreicht der Stein **N20** mit 8 cm zusätzlicher Steinwollendämmung eine Bauteilstärke von guten 28 cm.¹⁹⁹

Innenwände

mind. 20 cm, max. 27 cm

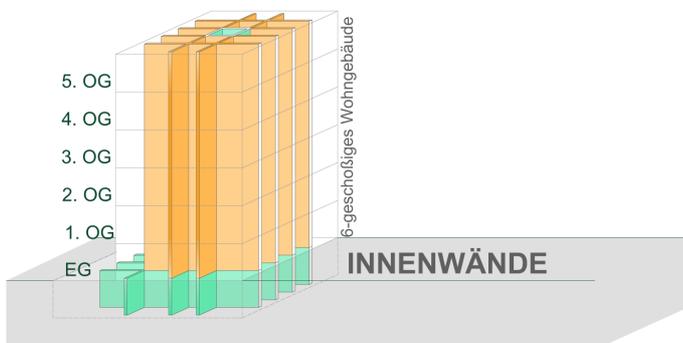


Abbildung 90: I3B Bauteilstärke - Innenwände

Auch die Innenwände müssen betrachtet werden. Die Systeme ohne integrierte Dämmung bieten eine wesentlich geringere Bauteilstärke²⁰⁰ für die Innenwände als die Systeme, deren integrierte Dämmung besonders im Innenraumbereich einen Wärmeschutz bieten,

196 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

197 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

198 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

199 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

200 $3 \times (27 - \text{Variable}) / (27 - 20)$
Variablen: 20 cm, 22 cm, 25 cm

der nicht nötig ist und zu hohen Bauteilstärken führt. Unter allen Systemen wird die geringste Bauteilstärke einer Innenwand mit 20 cm ermittelt. Dadurch wird, wie in dieser Arbeit üblich, ein Aufschlag von 35 Prozent vergeben. Somit beträgt die max. mögliche Bauteilstärke für die Innenwand in Bezug auf diesen Kontext 27 cm.

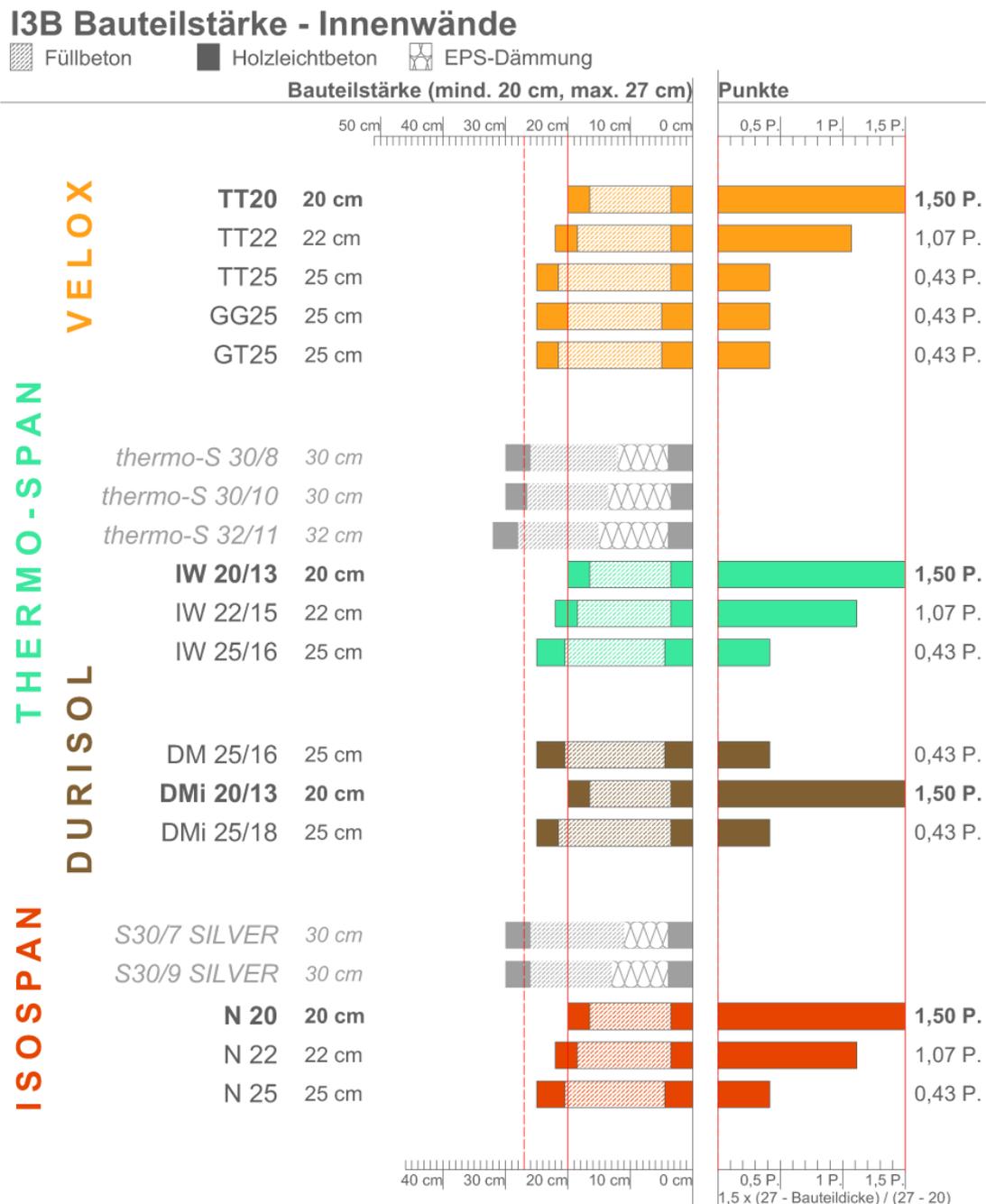


Abbildung 91: I3B Bauteilstärke - Innenwände

Wie bereits erwähnt, haben in dieser Arbeit insbesondere bei der Bauteilstärke der

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Innenwände die Systeme mit integrierter Dämmung einen Nachteil zu Systemen ohne zusätzliche Dämmung im Innenraumbereich. Alle Systeme ohne zusätzlicher Dämmung liegen innerhalb der gewählten Grenzen.

Bei der **Firma Velox Werk GesmbH** bietet das System **TT20** mit 20 cm Innenwandstärke einen großen Vorteil.²⁰¹

Bei den drei Systemen der **Firma HarmI & Quehenberger GmbH / thermo-span** ohne integrierter Dämmung liegt der Stein **IW 20/13** mit 20 cm Bauteilstärke vorne.²⁰²

Auch bei der Innenwand ist es der Stein **DMi 20/13** mit 20 cm Stärke, der bei der **Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol** an erster Stelle steht.²⁰³

Die **Firma isospan Baustoffwerk GmbH** erreicht durch das System **N20** eine Innenwandbauteilstärke von 20 cm.²⁰⁴

14. Schallschutz – Außenwände

mind. 43 dB, max. 58 dB bewertetes Schalldämmmaß

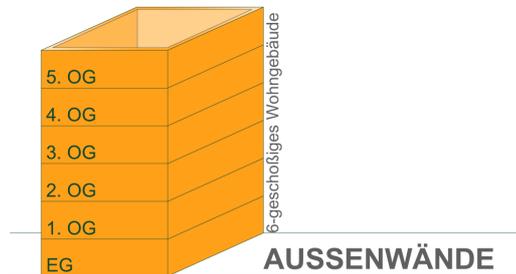


Abbildung 92: I3 Schallschutz - Außenwände

Das bewertete Schalldämmmaß²⁰⁵ muss mind. 43 dB lt. OIB-Richtlinie betragen.²⁰⁶ Für diese Diplomarbeit wird auch ein Maximalwert beschrieben, welcher 135 % vom Mindestwert beträgt, d.s. 58 dB Schalldämmmaß. Ein darüberliegender Schallschutz ist prinzipiell nicht notwendig und für diesen Zweck unwirtschaftlich.

Betrachtet werden die Mantelbetonsteine für die Außenwände, da der Mindestwert von 43

201 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

202 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

203 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

204 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

205 $3 \times (\text{Variable} - 43) / (58 - 43)$

Variablen: 52 dB, 53 dB, 56 dB, 57 dB, 58 dB, 59 dB

206 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2

dB opake Außenbauteile betrifft und der maximal notwendige Schallschutz ausgetestet werden sollte.

I4 Schallschutz

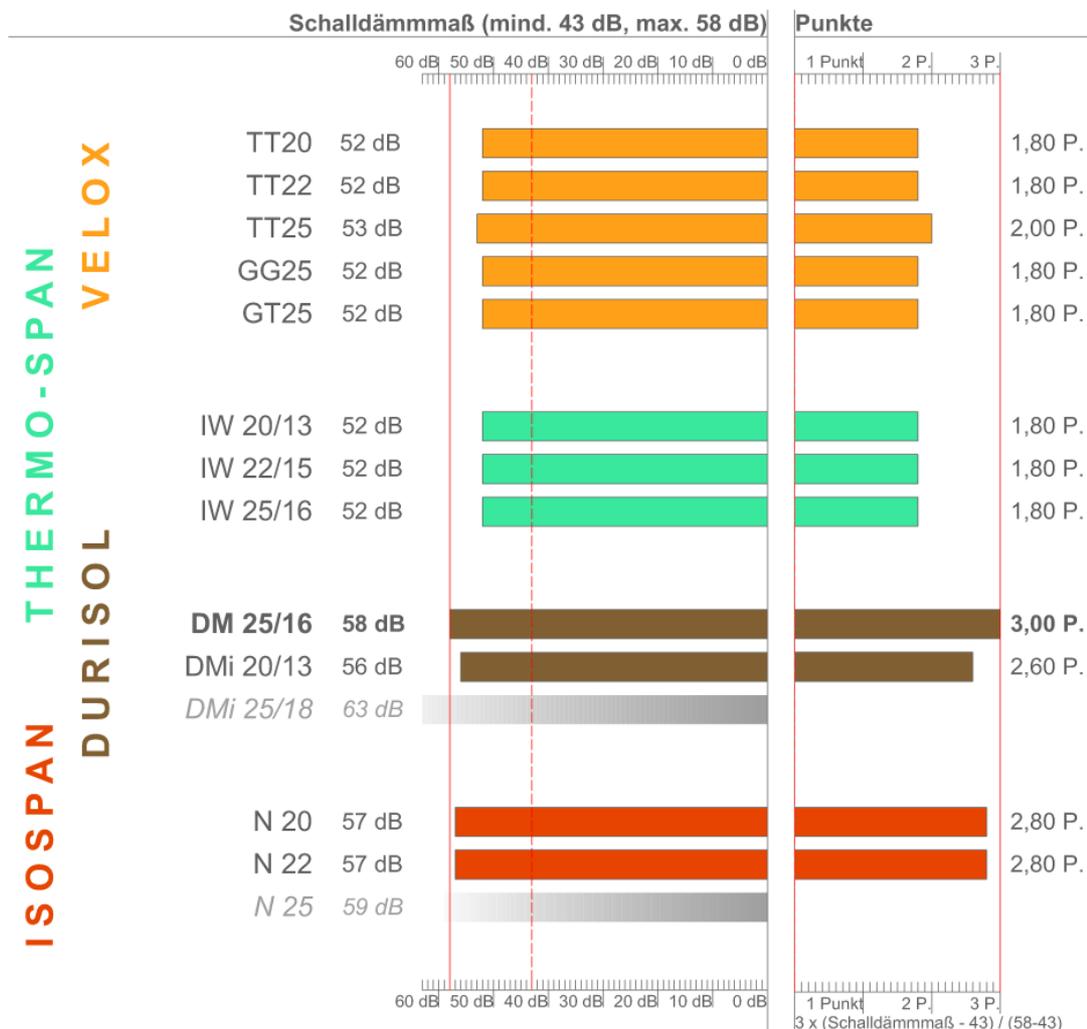


Abbildung 93: I4 Schallschutz

Bei der **Firma Velox Werk GmbH** erreicht das System **TT25** ein Schalldämmmaß von 53 dB während die anderen Systeme dieser Firma innerhalb der Grenzen mit 52 dB liegen.²⁰⁷

Die drei Mantelbetonsysteme der **Firma HarmI & Quehenberger GmbH / thermo-span** liefern ein 52 dB Schalldämmmaß.²⁰⁸

Das höchstmögliche Schalldämmmaß dieser Arbeit erreicht das System **DM 25/16** mit 58 dB von der **Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol**.²⁰⁹

207 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

208 vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

209 vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Auch ein hohes Schalldämmmaß innerhalb des gewählten Bereiches erreichen die Systeme **N20** und **N22** mit jeweils 57 dB der **Firma isospan Baustoffwerk GmbH**.²¹⁰

15. Flächenbezogene Masse – Außenwände

mind. 250 kg/m², max. 338 kg/m² flächenbezogene Masse

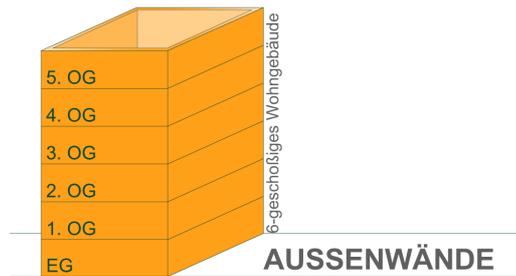


Abbildung 94: 15 Flächenbezogene Masse - Außenwände

Ein weiterer Punkt, um die Mantelbetonsysteme zu vergleichen, ist die flächenbezogene Masse²¹¹. Es sollte einerseits mind. 250 kg/m²²¹² betragen, um einen verbesserten Schallschutz zu gewährleisten. Andererseits sollte die flächenbezogene Masse²¹³ nicht zu

210 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

211 3 x (325 – 293) / (325 - 250)

212 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten. Schallschutz

213 **Mineralwolle:**

Rohdichte: ca. 25 kg/m³, wurde gering angenommen aufgrund der geringen Wärmeleitzahl vgl. Nierobis 2003, Wärmedämmstoffe

TT20:

0,08 m x 25 kg/m³+ 0,035 m x 750 kg/m³ + 0,13 m x 2.200 kg/m³ + 0,035 m x 750 kg/m³
(8 cm Mineralwolle + 3,5 cm Holzleichtbeton + 13 cm Füllbeton + 3,5 cm Holzleichtbeton)
gesamt: **341 kg/m²** (unverputzt)

TT22:

0,08 m x 25 kg/m³+ 0,035 m x 750 kg/m³ + 0,15 m x 2.200 kg/m³ + 0,035 m x 750 kg/m³
(8 cm Mineralwolle + 3,5 cm Holzleichtbeton + 15 cm Füllbeton + 3,5 cm Holzleichtbeton)
gesamt: **385 kg/m²** (unverputzt)

TT25:

0,08 m x 25 kg/m³+ 0,035 m x 750 kg/m³ + 0,18 m x 2.200 kg/m³ + 0,035 m x 750 kg/m³
(8 cm Mineralwolle + 3,5 cm Holzleichtbeton + 18 cm Füllbeton + 3,5 cm Holzleichtbeton)
gesamt: **451 kg/m²** (unverputzt)

GG25

0,08 m x 25 kg/m³+ 0,05 m x 750 kg/m³ + 0,15 m x 2.200 kg/m³ + 0,05 m x 750 kg/m³
(8 cm Mineralwolle + 5 cm Holzleichtbeton + 15 cm Füllbeton + 5 cm Holzleichtbeton)
gesamt: **407 kg/m²** (unverputzt)

GT25

hoch sein, um die Lasten in Grenzen zu halten. In dieser Arbeit wird eine Grenze von 135 % des Mindestwertes verwendet (338 kg/m²). Es werden die Außenwände inkl. Der benötigten Dämmung betrachtet.

0,08 m x 25 kg/m³ + 0,05 m x 560 kg/m³ + 0,165 m x 2.200 kg/m³ + 0,035 m x 750 kg/m³
(8 cm Mineralwolle + 5 cm Holzleichtbeton + 16,5 cm Füllbeton + 3,5 cm Holzleichtbeton)
gesamt: **419 kg/m²** (unverputzt)

vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Wandsysteme

IW 20/13: 370 kg/m² (ohne Dämmung)
0,06 m x 25 kg/m³ + 370 kg/m²
(6 cm Mineralwolle + 20 cm Stein)
gesamt: **372 kg/m²**

IW 22/15: 420 kg/m² (ohne Dämmung)
0,06 m x 25 kg/m³ + 420 kg/m²
(6 cm Mineralwolle + 22 cm Stein)
gesamt: **422 kg/m²**

IW 25/16: 455 kg/m² (ohne Dämmung)
0,05 m x 25 kg/m³ + 455 kg/m²
(5 cm Mineralwolle + 25 cm Stein)
gesamt: **456 kg/m²**

vgl. Thermo-Span Baustoffwerk HarmI-Quehenberger GmbH 2017, Produkte

DM 25/16: 374 kg/m² (ohne Dämmung)
0,06 m x 25 kg/m³ + 374 kg/m²
(6 cm Mineralwolle + 25 cm Stein)
gesamt: **376 kg/m²**

DMi 20/13: 335 kg/m² (ohne Dämmung)
0,08 m x 25 kg/m³ + 335 kg/m²
(8 cm Mineralwolle + 20 cm Stein)
gesamt: **337 kg/m²**

DMi 25/18: 431 kg/m² (ohne Dämmung)
0,08 m x 25 kg/m³ + 431 kg/m²
(8 cm Mineralwolle + 25 cm Stein)
gesamt: **433 kg/m²**

vgl. Leier Baustoffe GmbH & Co KG 2017, Produkte, Durisol, Mantelsteine

N 20: 291 kg/m² (ohne Dämmung)
0,08 m x 25 kg/m³ + 291 kg/m²
(8 cm Mineralwolle + 20 cm Stein)
gesamt: **293 kg/m²**

15 Flächenbezogene Masse

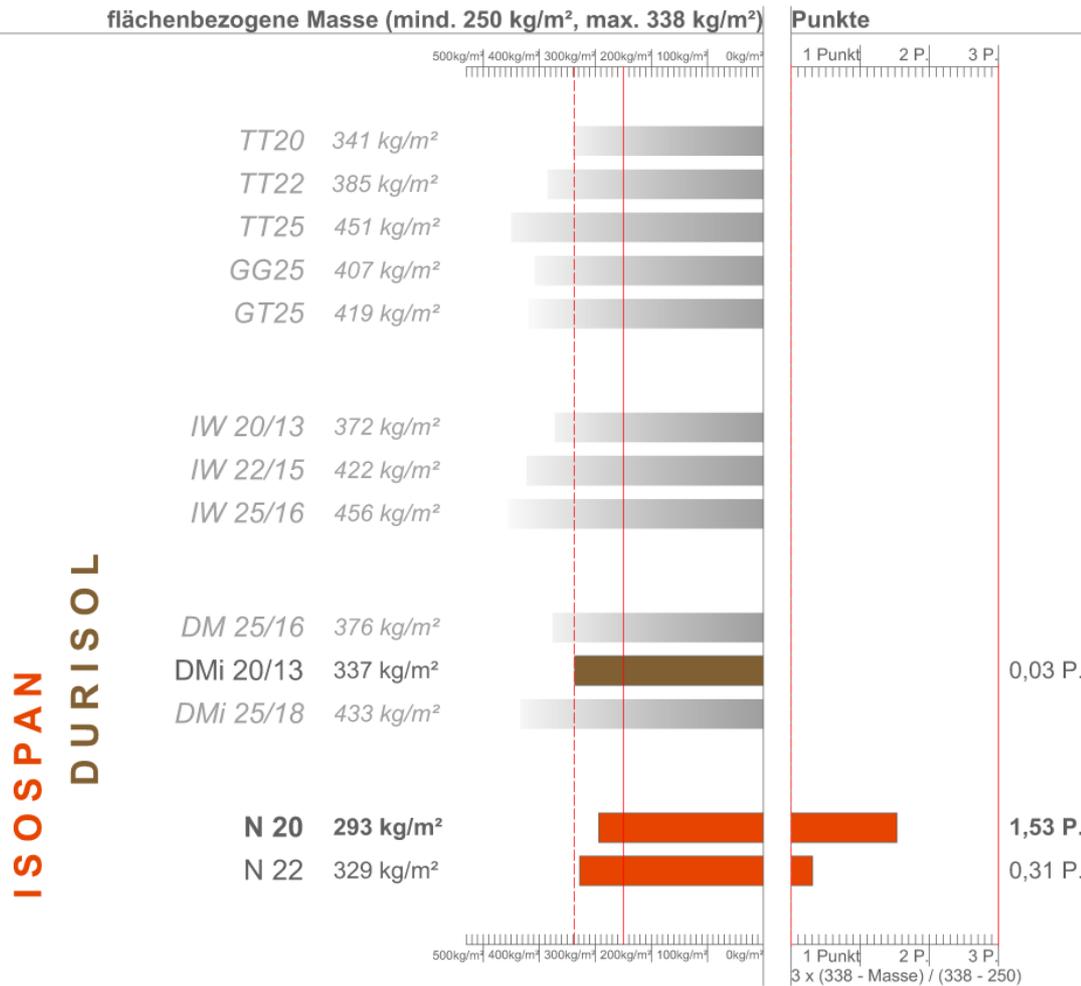


Abbildung 95: 15 Flächenbezogene Masse

Die Systeme **N20** und **N22** der Firma **isospa Baustoffwerk GmbH** sowie der Stein **DMi 20/13** der Firma **Leier Baustoffe GmbH / Durisol** bewegen sich als einzige Systeme in dem für diese Arbeit gewählten Schwankungsbereich. Die restlichen Mantelbetonsysteme besitzen eine flächenbezogene Masse von über 338 kg/m² und scheiden für diesen Kontext aus.

N 22: 327 kg/m² (ohne Dämmung)
 $0,08 \text{ m} \times 25 \text{ kg/m}^3 + 327 \text{ kg/m}^2$
 (8 cm Mineralwolle + 22 cm Stein)
 gesamt: **329 kg/m²**

vgl. Isospa Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

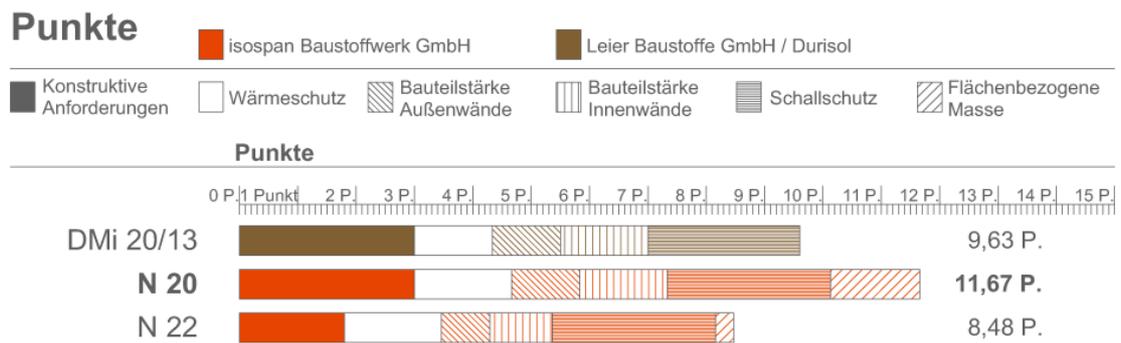


Abbildung 96: Punkteverteilung

Auswahl



214

Abbildung 97: Firma isospan Baustoffwerk GmbH (N20)

Das Mantelbetonsystem **N20** der **Firma isospan Baustoffwerk GmbH** erzielt 11,67 Punkte von 15 möglichen Punkten und wird aufgrund der Einhaltung aller Parameter bzw. aller Maximal- und Mindestwerte der fünf Instrumente im Kontext dieser Arbeit weiterverwendet.

Besonders gut schneidet dieses System bei den konstruktiven Anforderungen ab. Es besitzt eine genügende Füllbetonstärke ohne überdimensioniert ausgeführt zu werden.

Beim Wärmeschutz wird durch die Anfügung von 8 cm Mineralwollendämmung der gesetzlich notwendige U-Wert leicht unterschritten.

Die Bauteilstärke des Systems beträgt 20 cm. Für die Außenwand zur Erreichung des gesetzlich notwendigen U-Wertes muss eine 8 cm Dämmung angebracht werden. Die Bauteilstärke im Außenwandbereich liegt innerhalb der Bandbreite im vorderen Bereich während die Stärke der Innenwand mit 20 cm (ohne Dämmung) an vorderster Position liegt.

214 Abb. 97: Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Der Schallschutz ist trotz der geringen Bauteilstärke sehr hoch. Neben der guten Erfüllung der konstruktiven Eigenschaften, sticht das Schalldämmmaß dieses Mantelbetonsteines positiv hervor.

Die flächenbezogene Masse liegt innerhalb der gesetzten Grenzen im Mittelfeld. Durch den relativ hohen Schallschutz kann die flächenbezogene Masse nicht allzu gering ausfallen.

Das System DMi 20/13 der Firma Leier Baustoffe GmbH / Durisol erreicht 9,63 Punkte und schneidet insbesondere in den Bereichen der konstruktiven Anforderungen, bei den Bauteilstärken und beim Schallschutz sehr gut ab. Aufgrund des guten Schallschutzes bietet dieses System eine relativ hohe flächenbezogene Masse. Der Wärmeschutz ist ausreichend.

Der Stein N22 der Firma isospan Baustoffwerk GmbH schafft eine Punkteanzahl von 8,48 Punkten. Ein positiver Aspekt ist der hohe Schallschutz, der jedoch innerhalb der Bandbreite liegt. Die flächenbezogene Masse ist relativ hoch. Die Ausnutzung der konstruktiven Möglichkeiten und die Bauteilstärke liegen im Mittelfeld.

Brettsperrholz (CLT)



Abbildung 98: Brettsperrholz

215

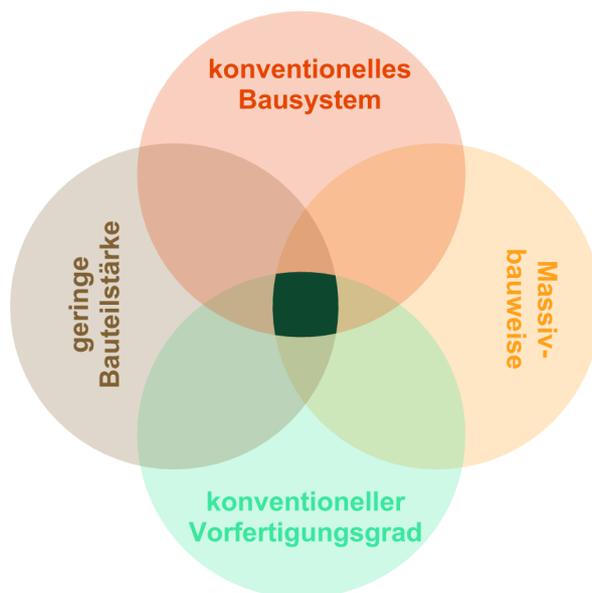


Abbildung 99: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Zur Verwendung der aktuellen Entwicklung von stabförmigen zu scheibenförmigen Elementen und zur Vergleichbarkeit mit den anderen massiven Bausystemen Mauerwerk und Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton, wird auch der Holzbau als Massivbauweise bzw. der Brettsperrholzbauweise angewendet. Sie werden gänzlich fertig zugeschnitten direkt auf die Baustelle geliefert, um von dem ausführenden Unternehmen aufgestellt zu werden.²¹⁶

215 Abb. 98: Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, CLT - Das Massivholzsystem
216 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Weiters fällt die Wahl wegen der bereits erwähnten besseren Brand- und Schallschutzeigenschaften des Massivbaustoffes auf Brettsperrholz. Der Einsatz des Brettsperrholz liegt in der Nutzungsklasse 1.

In dieser Arbeit wird aufgrund der Nähe zu Wien und dem Vorhandensein von bereits zwei Werken (NÖ, K) mit der Firma Stora Enso Wood Products GmbH gearbeitet. Die folgenden Firmen stehen in Österreich zur Wahl bei der Verwendung von Brettsperrholz.

- **Stora Enso Wood Products GmbH** (9462 Bad St. Leonhard, 3370 Ybbs an der Donau)
- **KLH Massivholz GmbH** (8842 Teufenbach-Katsch)
- **Binderholz GmbH** (6263 Fügen)
- **Mayr-Meinhof Holz Holding AG** (8700 Leoben)²¹⁷

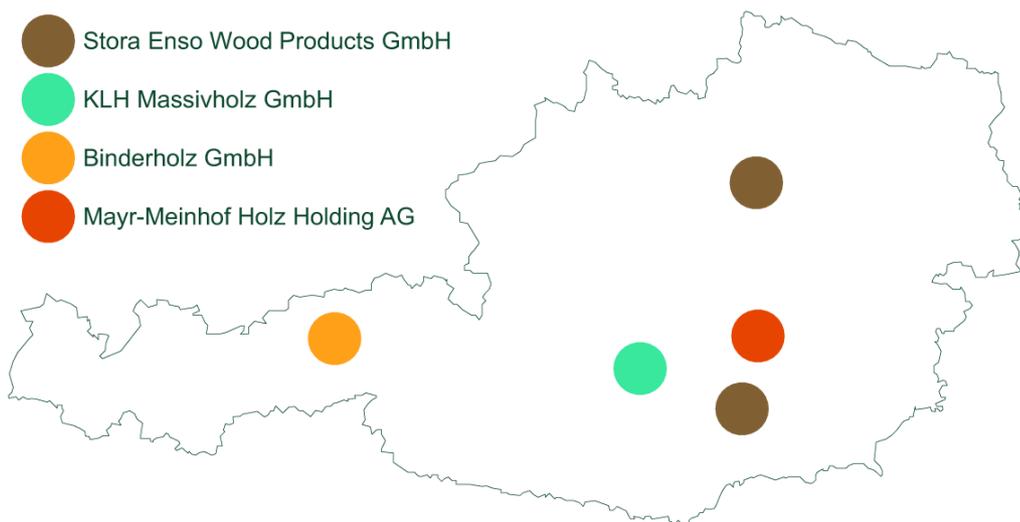


Abbildung 100: Brettsperrholz-Firmen Österreich

Die Bauteilstärke der Außenwand beträgt, gemäß Lastenaufstellung und der Vordimensionierung, welche mit einem Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products (CLT)²¹⁸ durchgeführt wurde, 160 cm (5 Lagen) im 5. und im 4. Obergeschoß und 180 cm (7 Lagen) in den restlichen Geschoßen. Die einzelnen Lagen sind miteinander verleimt. Als Klebstoff bei der Flächenverleimung dient Polyurethan-

217 vgl. Proholz Austria 2008, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Brettsperrholz, Produktübersicht

218 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2017, Media & Downloads, Bemessungssoftware

Klebstoff (PUR), bei der Schmalseitenverleimung ein EPI-Klebstoff. Der gesamte Klebstoffanteil beträgt 1 Prozent.²¹⁹

Die Mindestproduktionslänge beträgt 8,0 Meter und eine max. Ausführung bis 16,0 Meter ist möglich. Die Abstufung erfolgt in 10 cm Schritten. Die Breiten variieren zwischen 245, 275 und 295 cm.²²⁰ CLT (cross laminated timber) ist auch in Sichtqualität mit Sichtlagen in den folgenden Holzarten serienmäßig möglich: Kiefer, Lärche, Weiß Tanne, Zirbe. Für diese Arbeit reicht eine Nichtsichtqualität (NVI), da Holzleichtbeton als Decklage eingesetzt wird.²²¹ Die Rohdichte beträgt 470 kg/m³.²²²

219 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Häufige Fragen

220 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, CLT Standardaufbauten

221 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Oberflächenqualitäten

222 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2016, Media & Downloads, Broschüren, Technische Broschüre CLT, S.4

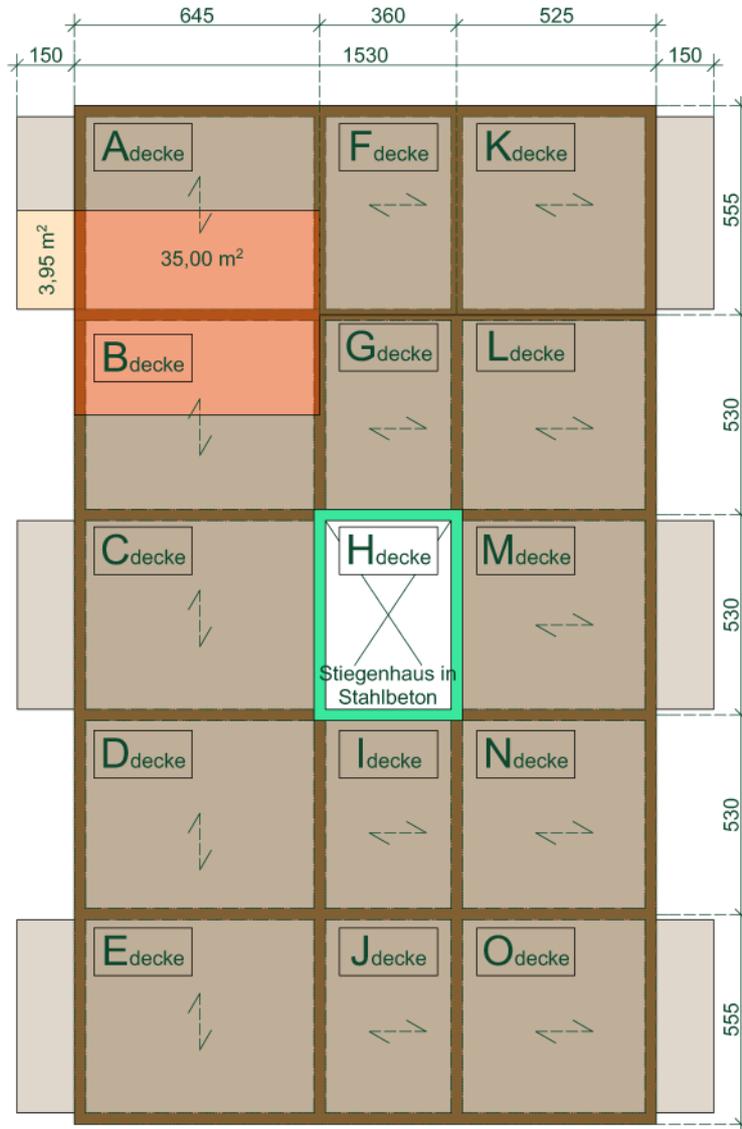
3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Grundriss

Wand: CLT 160 L5s, 180 L7s

Dadurch, dass Brettsper Holz eine zweiachsige Lastabtragung ermöglicht, kann die Balkonfläche als Auskragung mitgetragen werden.

Es wird die Fläche A-B betrachtet, da hier die größte Deckenfläche von 35 m² und die Auskragung von 3,95 m² in eine Wand mit 6,45 Meter Länge abgeleitet wird. Die Wand A-B leitet die Kräfte bis ins Erdgeschoß.



Lastenaufstellung

Lasten Dach

- Ständige Last:**
 - Eigengewicht Brettsper Holz (Dach) 4,61 kN/m²
- Ständige Last und Nutzlast:**
 - Warmdach (zugänglich) 2,00 kN/m²
- Schneelast:**
 - Schneelast Wien (höchste Schneelast) 2,20 kN/m²

Lasten Decke

- Ständige Last:**
 - Eigengewicht Brettsper Holz (Decken) 4,61 kN/m²
 - Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken 0,80 kN/m²
 - Eigengewicht Brettsper Holz (Wände) 4,61 kN/m²
 - Eigengewicht Zwischenwandzuschlag 1,00 kN/m²
 - Nutzlast Wohnfläche:**
 - Decke 2,00 kN/m²
 - Balkone, Loggien 4,00 kN/m²
- 470 kg/m³ Rohdichte CLT x 9,81 = 4,61 kN/m²

Abbildung 101: Lastaufstellung Brettsper Holzwand

Wand A-B - 5. Obergeschoß

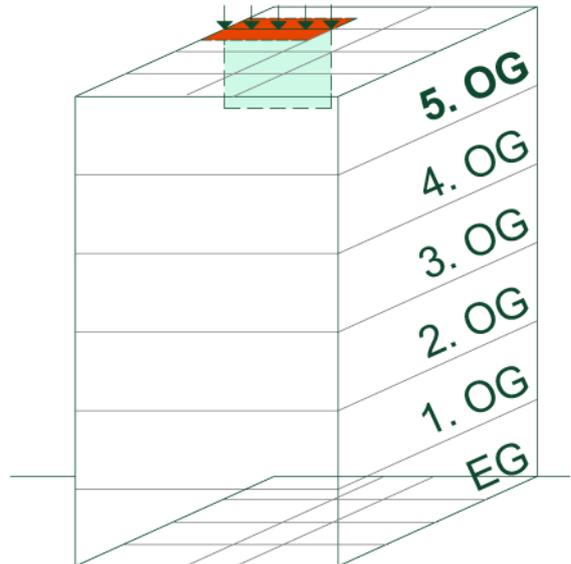
Fläche: 35,00 m²
 Bauteilstärke Brettsperrholz (Dach): 0,14 m

Eigengewicht Brettsperrholz - Dach
 $4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,14 \text{ m} = 0,6454 \text{ kN/m}^2$
 $0,6454 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **22,59 kN**

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach
 $2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **70,00 kN**

Schneelast Wien
 $2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 =$ **77,00 kN**

169,59 kN



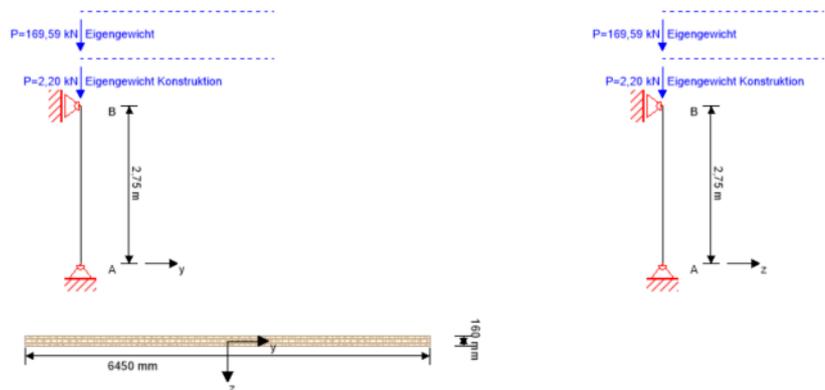
Kathrin Schwaiger

Projekt
 Element

6-geschoßiges Wohngebäude
 A-B Wand - 5.OG

Seite 1
 Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 160 L5s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 102: Lastaufstellung 5. Obergeschoß

Wand A-B - 4. Obergeschoß

Fläche: 35,00 m²
 Fläche Balkon: 3,95 m²
 Bauteilstärke Brettsper Holz (Dach): 0,14 m

Bauteilstärke Brettsper Holz (Decken): 0,16 m
 Bauteilstärke Wand (5.OG-4.OG): 0,16 m

Eigengewicht Brettsper Holz - Dach

$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,14 \text{ m} = 0,6454 \text{ kN/m}^2$
 $0,6454 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 22,59 \text{ kN}$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 70,00 \text{ kN}$

Schneelast Wien

$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 77,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Brettsper Holz - 1 Decke

$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m} = 0,7376 \text{ kN/m}^2$
 $0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 25,82 \text{ kN}$
 $0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} = 2,91 \text{ kN}$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 1 Decke

$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 28,00 \text{ kN}$

Eigengewicht Wand - 1 Geschoß

$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m Bauteilstärke} = 0,7376 \text{ kN/lfm}$
 $0,7376 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} = 4,09 \text{ kN}$

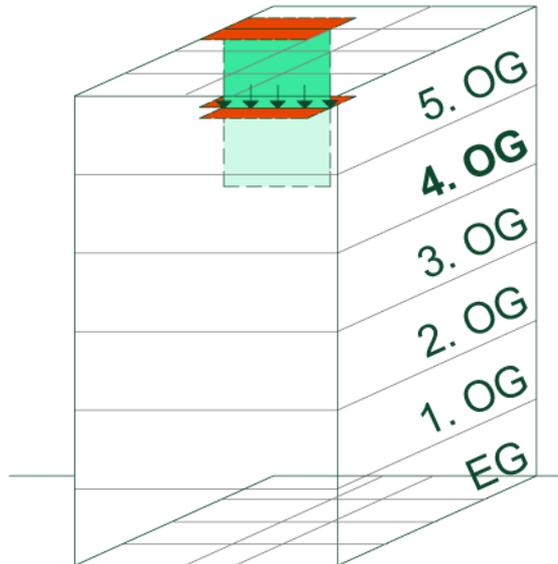
Eigengewicht Zwischenwandzuschlag

$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 35,00 \text{ kN}$

Nutzlast Wohnfläche - 1 Decke

$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = 70,00 \text{ kN}$
 $4,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} = 15,80 \text{ kN}$

351,21 kN



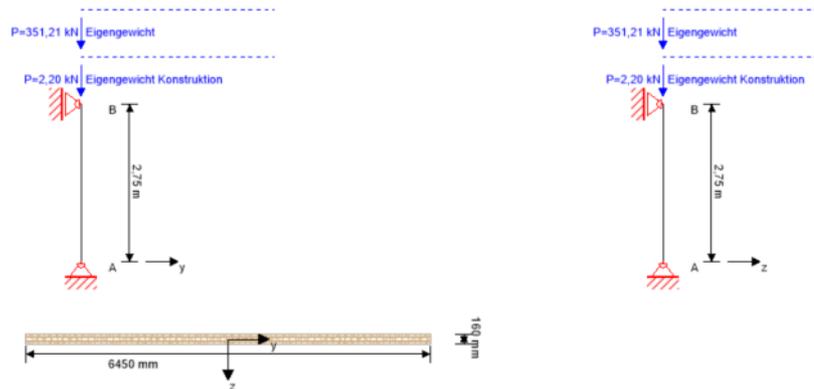
Kathrin Schwaiger

Projekt
Element

6-geschoßiges Wohngebäude
A-B Wand - 4. OG

Seite 1
Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 160 L5s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

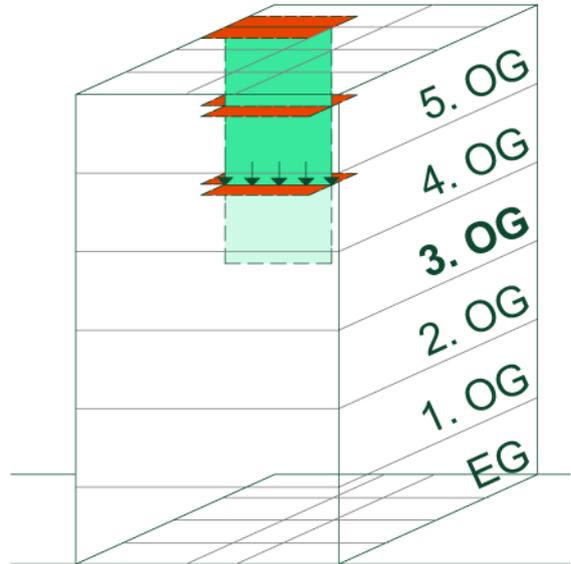
Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 103: Lastaufstellung 4. Obergeschoß

Wand A-B - 3. Obergeschoß

Fläche:	35,00 m ²	Bauteilstärke Brettsperrholz (Decken):	0,16 m
Fläche Balkon:	3,95 m ²	Bauteilstärke Wand (5.OG-4.OG):	0,16 m
Bauteilstärke Brettsperrholz (Dach):	0,14 m		

Eigengewicht Brettsperrholz - Dach	
4,61 kN/m ³ x 0,14 m = 0,6454 kN/m ²	
0,6454 kN/m ² x 35,00 m ² =	22,59 kN
Ständige Last und Nutzlast - Warmdach	
2,00 kN/m ² x 35,00 m ² =	70,00 kN
Schneelast Wien	
2,20 kN/m ² x 35,00 m ² =	77,00 kN
Eigengewicht Brettsperrholz - 2 Decken	
4,61 kN/m ³ x 0,16 m = 0,7376 kN/m ²	
0,7376 kN/m ² x 35,00 m ² x 2 =	51,63 kN
0,7376 kN/m ² x 3,95 m ² (Balkon) x 2 =	5,83 kN
Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 2 Decken	
0,80 kN/m ² x 35,00 m ² x 2 =	56,00 kN
Eigengewicht Wand - 2 Geschoße	
4,61 kN/m ³ x 0,16 m Bauteilstärke = 0,7376 kN/lfm	
0,7376 kN/lfm x 5,55 lfm x 2 =	8,19 kN
Eigengewicht Zwischenwandzuschlag	
1,00 kN/m ² x 35,00 m ² x 2 =	70,00 kN
Nutzlast Wohnfläche - 2 Decken	
2,00 kN/m ² x 35,00 m ² x 2 =	140,00 kN
4,00 kN/m ² x 3,95 m ² (Balkon) x 2 =	31,60 kN
	532,84 kN



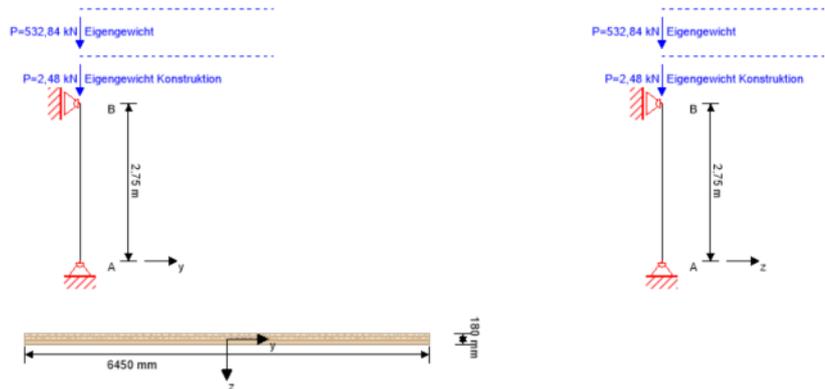
Kathrin Schwaiger

Projekt
Element

6-geschoßiges Wohngebäude
A-B Wand - 3.OG

Seite 1
Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 180 L7s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 104: Lastaufstellung 3. Obergeschoß

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Wand A-B - 2. Obergeschoß

Fläche:	35,00 m ²	Bauteilstärke Brettsperrholz (Decken):	0,16 m
Fläche Balkon:	3,95 m ²	Bauteilstärke Wand (5.OG-4.OG):	0,16 m
Bauteilstärke Brettsperrholz (Dach):	0,14 m	Bauteilstärke Wand (3.OG-EG):	0,18 m

Eigengewicht Brettsperrholz - Dach

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,14 \text{ m} = 0,6454 \text{ kN/m}^2$$

$$0,6454 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{22,59 \text{ kN}}$$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

Schneelast Wien

$$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Brettsperrholz - 3 Decken

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m} = 0,7376 \text{ kN/m}^2$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = \mathbf{77,45 \text{ kN}}$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 3 = \mathbf{8,74 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 3 Decken

$$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = \mathbf{91,20 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Wand - 3 Geschosse

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m Bauteilstärke} = 0,7376 \text{ kN/lfm}$$

$$0,7376 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 2 = \mathbf{8,19 \text{ kN}}$$

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,18 \text{ m Bauteilstärke} = 0,8298 \text{ kN/lfm}$$

$$0,8298 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 1 = \mathbf{4,61 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag

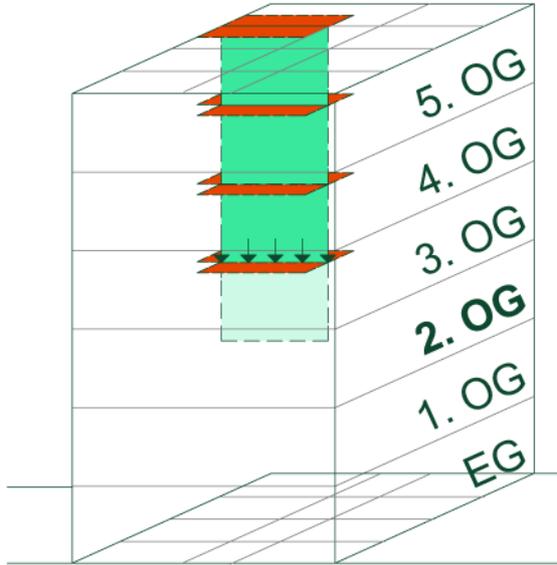
$$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = \mathbf{105,00 \text{ kN}}$$

Nutzlast Wohnfläche - 3 Decken

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 3 = \mathbf{210,00 \text{ kN}}$$

$$4,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 3 = \mathbf{47,40 \text{ kN}}$$

722,18 kN



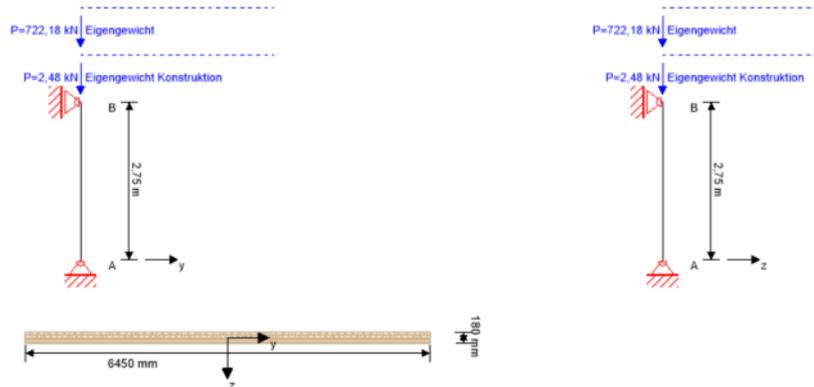
Kathrin Schwaiger

Projekt
Element

6-geschoßiges Wohngebäude
A-B Wand - 2. OG

Seite 1
Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 180 L7s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 105: Lastaufstellung 2. Obergeschoß

Wand A-B - 1. Obergeschoß

Fläche:	35,00 m ²	Bauteilstärke Brettsperrholz (Decken):	0,16 m
Fläche Balkon:	3,95 m ²	Bauteilstärke Wand (5.OG-4.OG):	0,16 m
Bauteilstärke Brettsperrholz (Dach):	0,14 m	Bauteilstärke Wand (3.OG-EG):	0,18 m

Eigengewicht Brettsperrholz - Dach

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,14 \text{ m} = 0,6454 \text{ kN/m}^2$$

$$0,6454 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{22,59 \text{ kN}}$$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

Schneelast Wien

$$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Brettsperrholz - 4 Decken

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m} = 0,7376 \text{ kN/m}^2$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = \mathbf{103,26 \text{ kN}}$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 4 = \mathbf{11,65 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 4 Decken

$$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = \mathbf{112,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Wand - 4 Geschoße

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m Bauteilstärke} = 0,7376 \text{ kN/lfm}$$

$$0,7376 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 2 = \mathbf{8,19 \text{ kN}}$$

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,18 \text{ m Bauteilstärke} = 0,8298 \text{ kN/lfm}$$

$$0,8298 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 2 = \mathbf{9,21 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag

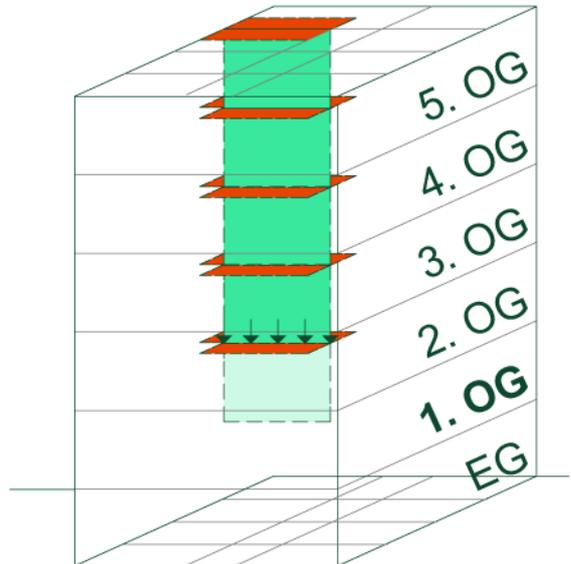
$$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = \mathbf{140,00 \text{ kN}}$$

Nutzlast Wohnfläche - 4 Decken

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 4 = \mathbf{280,00 \text{ kN}}$$

$$4,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 4 = \mathbf{63,20 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{897,10 \text{ kN}}$$



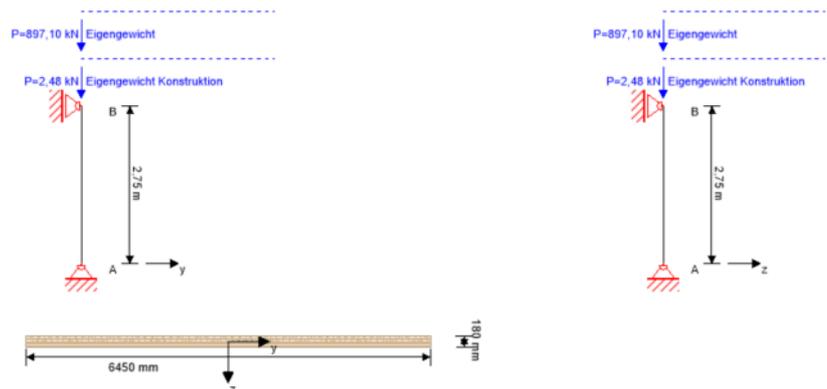
Kathrin Schwaiger

Projekt
Element

6-geschoßiges Wohngebäude
A-B Wand - 1.OG

Seite 1
Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 180 L7s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 106: Lastaufstellung 1. Obergeschoß

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Wand A-B - Erdgeschoß

Fläche:	35,00 m ²	Bauteilstärke Brettsperrholz (Decken):	0,16 m
Fläche Balkon:	3,95 m ²	Bauteilstärke Wand (5.OG-4.OG):	0,16 m
Bauteilstärke Brettsperrholz (Dach):	0,14 m	Bauteilstärke Wand (3.OG-EG):	0,18 m

Eigengewicht Brettsperrholz - Dach

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,14 \text{ m} = 0,6454 \text{ kN/m}^2$$

$$0,6454 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{22,59 \text{ kN}}$$

Ständige Last und Nutzlast - Warmdach

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{70,00 \text{ kN}}$$

Schneelast Wien

$$2,20 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 = \mathbf{77,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Brettsperrholz - 5 Decken

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m} = 0,7376 \text{ kN/m}^2$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 = \mathbf{129,08 \text{ kN}}$$

$$0,7376 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 5 = \mathbf{14,57 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken - 5 Decken

$$0,80 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 = \mathbf{140,00 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Wand - 5 Geschosse

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,16 \text{ m Bauteilstärke} = 0,7376 \text{ kN/lfm}$$

$$0,7376 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 2 = \mathbf{8,19 \text{ kN}}$$

$$4,61 \text{ kN/m}^3 \times 0,18 \text{ m Bauteilstärke} = 0,8298 \text{ kN/lfm}$$

$$0,8298 \text{ kN/lfm} \times 5,55 \text{ lfm} \times 3 = \mathbf{13,82 \text{ kN}}$$

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag

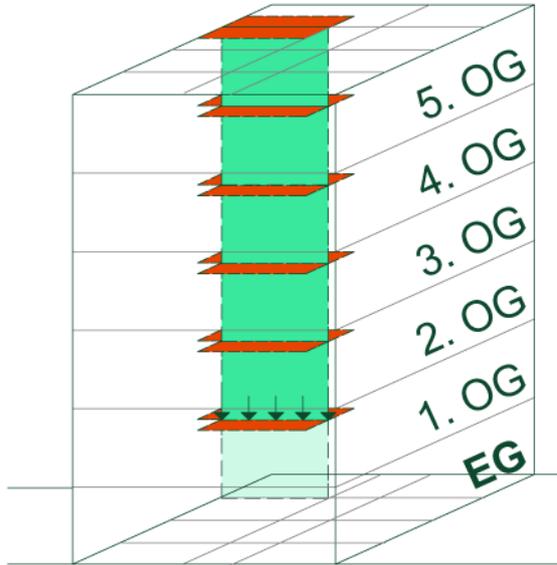
$$1,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 = \mathbf{175,00 \text{ kN}}$$

Nutzlast Wohnfläche - 5 Decken

$$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 35,00 \text{ m}^2 \times 5 = \mathbf{350,00 \text{ kN}}$$

$$4,00 \text{ kN/m}^2 \times 3,95 \text{ m}^2 \text{ (Balkon)} \times 5 = \mathbf{79,00 \text{ kN}}$$

1079,25 kN



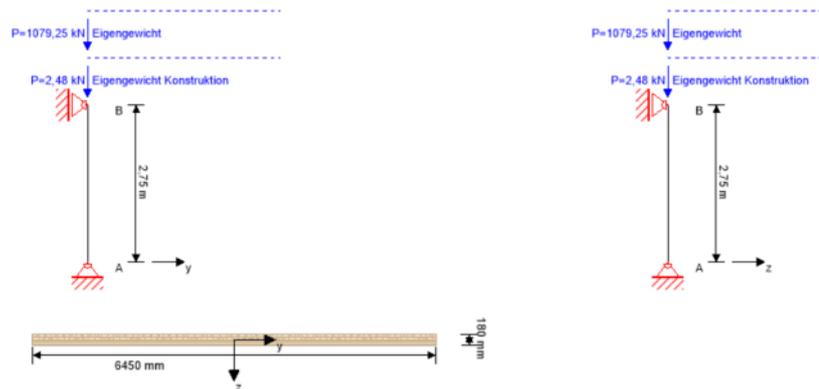
Kathrin Schwaiger

Projekt
Element

6-geschoßiges Wohngebäude
A-B Wand - EG

Seite 1
Datum 06.04.2017

System



Querschnitt: CLT 180 L7s; Material: C24 Fichte; Nutzungsklasse: Nutzungsklasse 1; Feuerwiderstandsklasse: R 90

Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 107: Lastaufstellung Erdgeschoß

3.2.5.2 Decke

Der Stiegenhauskern und die Bodenplatte sowie die Decke über dem Erdgeschoß werden bei allen Varianten in Stahlbeton ausgeführt. Grund hierfür sind ein geeigneter Brandschutz im Stiegenhaus und ein Feuchteschutz im Untergeschoß. Alle restlichen Geschoßdecken und das Dach werden in den folgenden Seiten betrachtet und eine Vorentscheidung wird getroffen.

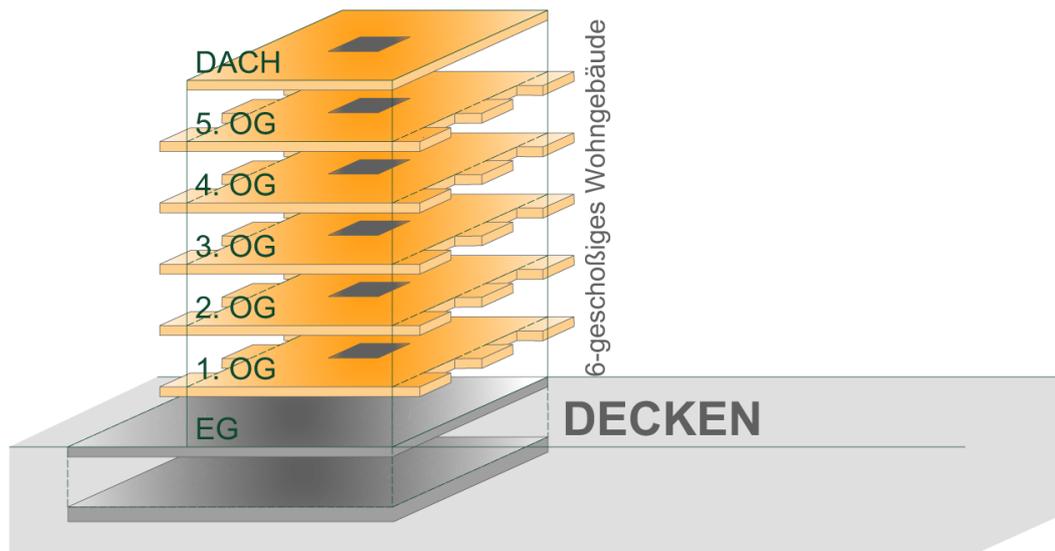


Abbildung 108: Übersicht Decken

Rippenziegeldecke



Abbildung 109: Deckenträger, Einlageziegel 45/17 und 60/17

223

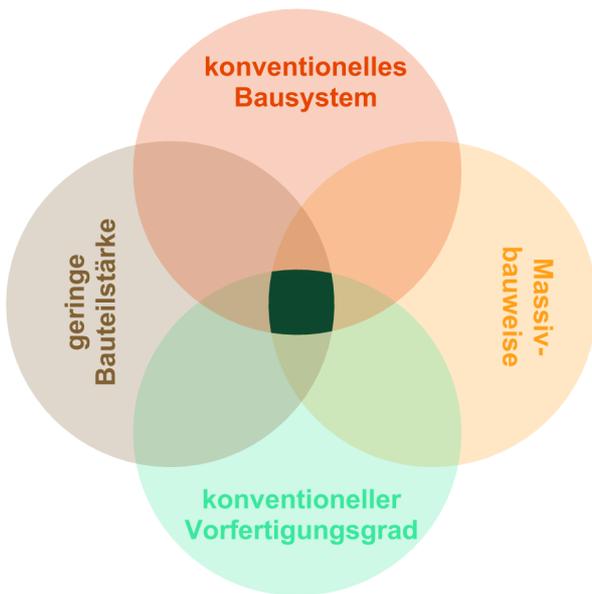


Abbildung 110: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Die Rippenziegeldecke ist eine Massivbauweise und besteht konventionell aus Deckenträger, Einlageziegel und Aufbeton. Die Montage der Rippendecke wird direkt auf der Baustelle ausgeführt. Die Bauteilstärke setzt den Maßstab für die Auswahl der Art der Deckenträger und Einlageziegel, gemäß Lastenaufstellung und Vorbemessungstabelle.

Für die Ziegeldecke, wie auch für den Hochlochziegel, wird mit der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH weitergearbeitet. Grund dafür sind die hohe Anzahl an Werke dieser Firma. Für Ostösterreich standen folgende Firmen zur Wahl:

- **Ziegelwerk Lizzi GmbH** (2822 Erlach)
- **Ziegelwerk Pottenbrunn**, Vittorio Nicoloso (3140 Pottenbrunn)
- **Tondach Gleinstätten AG** (8443 Gleinstätten, 7422 Riedlingsdorf, 2511 Leobersdorf)
- **Wienerberger Ziegelindustrie GmbH** (im Osten: 2332 Hengersdorf, 8720 Knittelfeld, 8280 Fürstenfeld, 7501 Rotenturm bei Oberwart
im Rest von Österreich: 4631 Krenglbach, 5261 Uttendorf, 6170 Zirl,)²²⁴

224 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Verband, Ziegelwerke, Ost

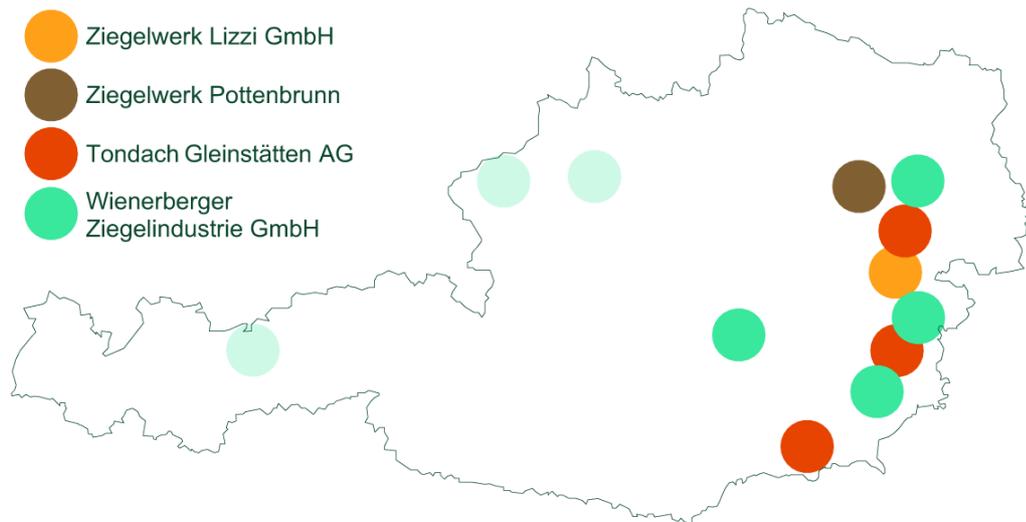


Abbildung 111: Ziegelwerke Ostösterreich

Die Wahl der Systeme fiel aufgrund der Decken-Vorbemessungstabelle der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH auf Einfachträger, 5 cm Aufbeton und Einlageziegel 45/17 für die Bereiche A und E und Einlageziegel 60/17 für die restlichen Bereich. Diese Art der Decke betrifft alle Geschoße, d.h. 5. Obergeschoß bis Erdgeschoß.

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Grundriss

Decke: Ziegeldecke (Einfachträger, Einlageziegel 45/17 und 60/17, 5 cm Aufbeton)

Die Spannrichtung beruht auf der geringsten jeweiligen Spannweite.

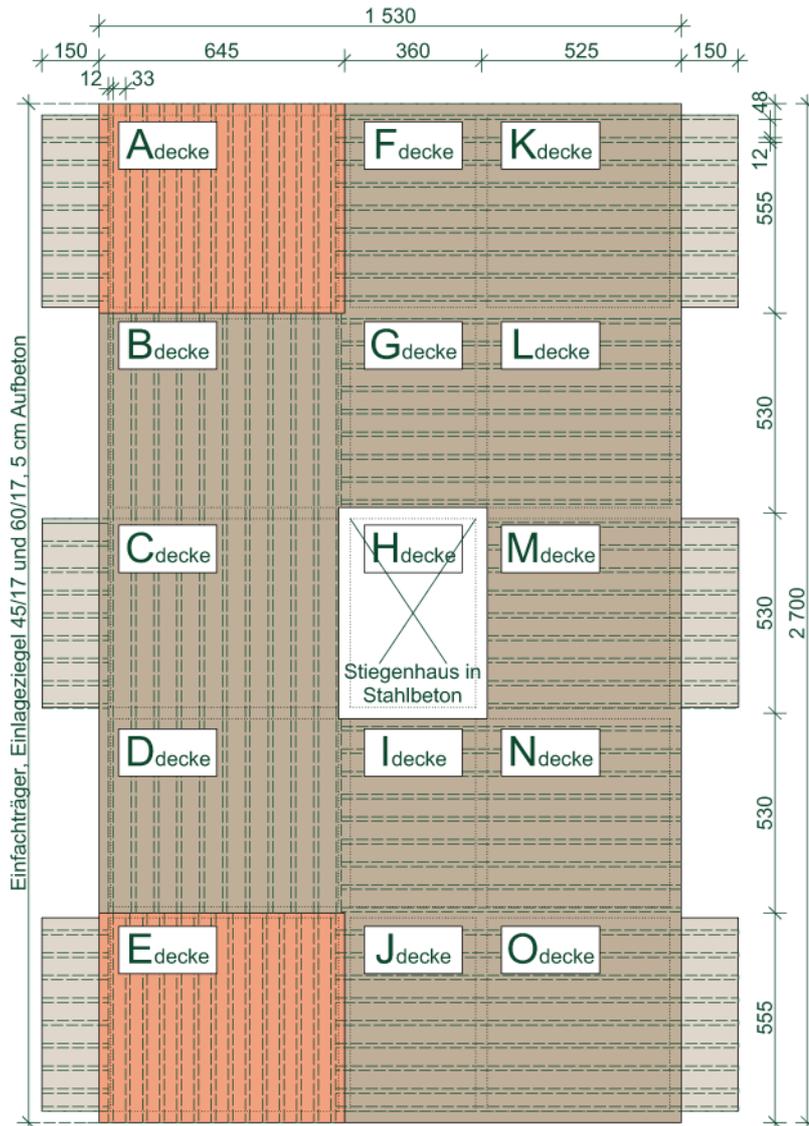
Die höchste Spannweite mit 5,55 Metern haben die Decken A und E. Bei den Flächen B bis D beträgt sie 5,30 Meter.

Die Flächen F, J, G, H und I besitzen eine geringe Spannweite von 3,60 Meter und die Flächen K, O, L, M und N bis O haben eine Spannweite von 5,25 Meter.

Die Ziegeldecke der Flächen A und E werden mit Einfachträgern, Einlageziegeln 45/17 und 5 cm Aufbeton ausgeführt. Alle anderen Deckenfelder und die Auskragungen werden mit Einfachträger, Einlageziegel 60/17 und 5 cm Aufbeton realisiert.

Bei der Geschoßdecke werden 15,24 % mit dem Einlageziegel 45/17 und 84,76 % mit dem Einlageziegel 60/17 ausgeführt. Bei der Geschoßdecke werden Balkone geschaffen.

Der Einlageziegel 45/17 wird beim Dach zu 17,88 % montiert während der Einlageziegel 60/17 beim Dach mit 82,12 % realisiert wird.



Lastenaufstellung

Lasten Dach

Ständige Last und Nutzlast:	
Warddach (zugänglich)	2,00 kN/m ²
Schneelast:	
Schneelast Wien (höchste Schneelast)	2,20 kN/m ²
	4,20 kN/m²

Lasten Decke

Ständige Last:	
Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken	0,80 kN/m ²
Eigengewicht Zwischenwandzuschlag	1,00 kN/m ²
Nutzlast Wohnfläche:	
Decke	2,00 kN/m ²
	3,80 kN/m²

Lasten Decke - Loggia

Nutzlast Wohnfläche:	
Balkone, Loggien	4,00 kN/m ²
	4,00 kN/m²

max. Auflast beim Dach: 4,20 kN/m²

Bereich 5,55 m Spannweite:

- Einfachträger
- Einlageziegel 45/17
- Höhe: 17 cm Einlageziegel
- 5 cm Aufbeton

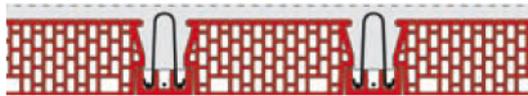
Bereich 3,60, 5,25 und 5,30 m Spannweite und Auskragungen:

- Einfachträger
- Einlageziegel 60/17
- Höhe: 17 cm Einlageziegel
- 5 cm Aufbeton

Abbildung 112: Lastaufstellung Rippenziegeldecke

Das massive POROTHERM Deckensystem

POROTHERM Decke mit Aufbeton



... für Lichte Weiten bis 7,75 m (in Abhängigkeit von der Auflast). Die Einlageziegel sind je nach den statischen Erfordernissen einsetzbar.

Ein Deckensystem für alle Anforderungen

*) die angegebenen Lichten Weiten gelten für eine Auflast von $4,50 \text{ kN/m}^2$.
Abweichende Auflasten und Lichten sind nach Möglichkeit abzuklären.

Bezeichnung Einlageziegel	Maße in cm b x l x h	mit cm Aufbeton	Lichte Weite ^{*)} (Trägerlängen 1,75 - 8,0 m)	
			mit Einfachträger	mit Doppelträger
Einlageziegel 60/17 	48 x 25 x 17	17+4	5,00 m	5,50 m
		17+5	5,25 m	5,75 m
		17+6	5,25 m	6,00 m
		17+7	5,50 m	6,25 m
Einlageziegel 45/17 	33 x 25 x 17	17+4	5,25 m	5,75 m
		17+5	5,50 m	6,00 m
		17+6	5,75 m	6,25 m
		17+7	5,75 m	6,50 m
Einlageziegel 45/21 	33 x 25 x 21	21+4	6,00 m	6,50 m
		21+5	6,25 m	6,75 m
		21+6	6,50 m	7,00 m
		21+7	6,50 m	7,25 m

Abbildung 113: Vordimensionierungstabelle Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH

225

Die Spannweite der Ziegeldecke beträgt 5,55, 5,25, 5,30 und 3,60 Meter. Bei einer Spannweite von 5,55 Meter und einer Auflast von $4,20 \text{ kN/m}^2$ wird lt. Vorbemessungstabelle näherungsweise die Auflast von $4,50 \text{ kN/m}^2$ und 5,50 Meter gewählt. Somit wird in Bezug auf eine geringe Bauteilstärke der Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton gewählt. Für die Spannweite von 5,25 und 5,30 Meter wird der Einlageziegel 60/17 mit 5 cm gewählt, um eine ebene und barrierefreie Decke in Bezug auf den Aufbeton zu schaffen. Für die Spannweite von 3,60 Meter und für die Auskragungen wird der Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton gewählt.

Die Bauteilstärke beträgt für alle Deckenelemente 22 cm.

Elementdecke – Halbfertigteile



Abbildung 114: Elementdecke

226

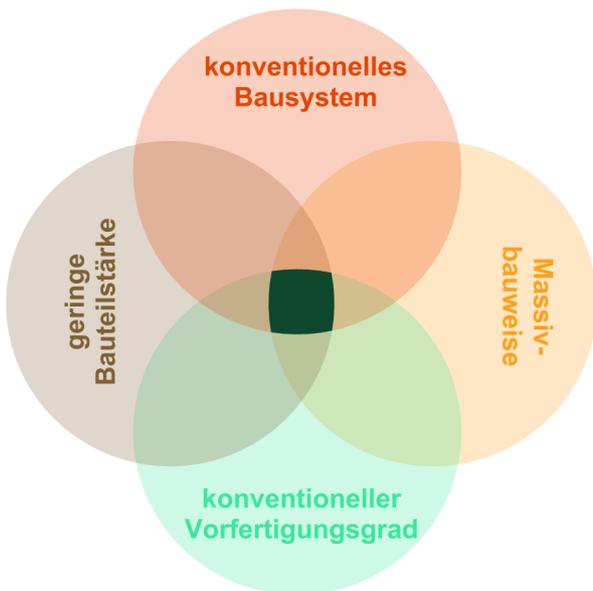


Abbildung 115: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

Die Verwendung einer Elementdecke bzw. einer Halbfertigteildecke ist die konventionelle Stahlbetonbauweise im Wohnbau. Es handelt sich dabei um eine Massivbauweise. Die Elemente werden auf die Baustelle geliefert und dort mit dem benötigten Aufbeton versehen. Die Bauteilstärke ergibt sich aus den Vorbemessungstabellen der Firma Oberndorfer GmbH & Co KG. Andere Bauweisen, wie z.B. die Spannbetonhohldiele

226 Abb. 114: Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke

besitzt eine zu hohe Dimensionierung für die gewählten Spannweiten. Es wurde die vorgespannte Elementdecke gewählt, da mit einer nicht vorgespannten Elementdecke nach Vorbemessungstabelle nach ÖNORM EN 1992-1-1 die Bauteilstärke 20 cm betragen würde. Dies wären 4 cm mehr Raumhöhenverlust im Gegensatz zur vorgespannten Elementdecke.

Belastungsdiagramme der maximalen lichten Weite für Einfelddecken
(nach ÖNORM EN 1992-1-1 und ÖNORM B 1992-1-1)

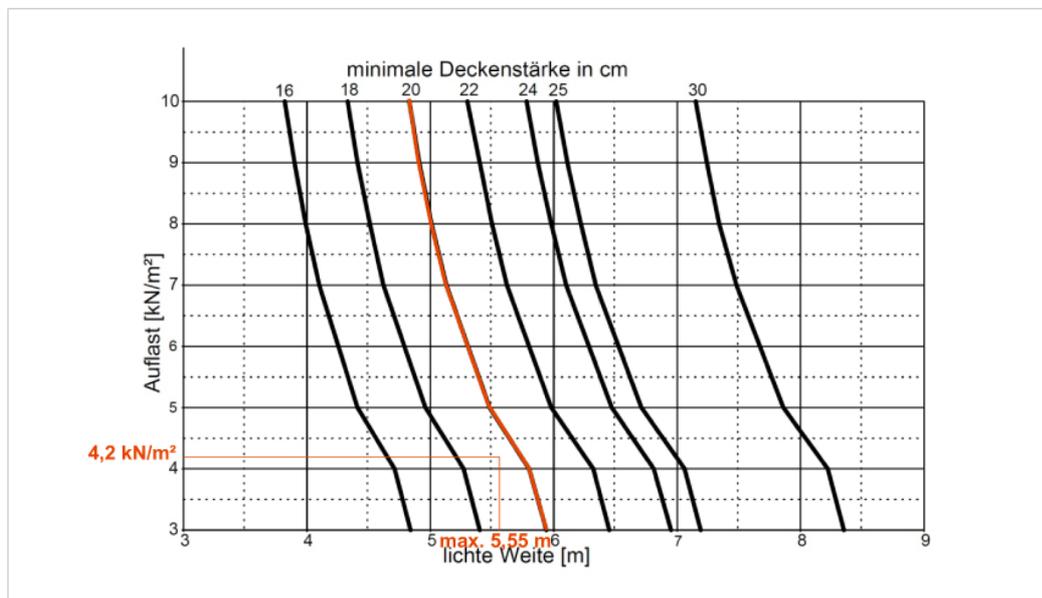


Abbildung 116: Vorbemessungstabelle Elementdecke nach ÖNORM EN 1992-1-1

227

Die Geschoßdecken, die bewehrt und ohne Frost ausgebildet werden, werden mit folgenden Anforderungen ausgeführt: C20/25 empfohlene Mindestfestigkeitsklasse; 20 mm Nennmaß der Betondeckung der Stahleinlagen.²²⁸

Für die Decke gegen Außenraum bzw. das Dach gelten folgende Anforderungen: C25/30 empfohlene Mindestfestigkeitsklasse; B2²²⁹ empfohlene Beton-Kurzbezeichnung; 30 mm Nennmaß der Betondeckung der Stahleinlagen.²³⁰

Als Deckensystemlieferant wird für diese Arbeit die Firma Oberndorfer GmbH & Co KG

227 Abb. 116: vgl. Leitl Beton GmbH & Co KG 2015, Produkte, Deckensysteme, Elementdecke, Datenblatt

228 vgl. Porr Technics & Services GmbH & Co KG 2016, Hochbau, Decken, Stiegen, Innen Ortbeton oder Fertigteile, ohne Frost, bewehrt

229 B2 = XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A)
vgl. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2011, Der Baustoff, Beton, Betonherstellung

230 vgl. Porr Technics & Services GmbH & Co KG 2016, Hochbau, Decken, Stiegen, Außen Frost, lotrecht oder annähernd waagrecht (min. 5 % geneigt)

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

gewählt, da die Firma einerseits Standorte in vielen Teilen Österreichs besitzt und andererseits dient die Firma Oberndorfer exemplarisch für Betonlieferanten und könnte durch andere Firmen ohne erhebliche Unterschiede der ermittelten Daten ersetzt werden. Alle Firmen produzieren nach eigenem Ermessen lt. dem Stand der Technik. Ein Vorteil der Firma Oberndorfer GmbH & Co KG ist, dass sie besonders im Osten Österreichs über viele Standorte bzw. Werke verfügt.

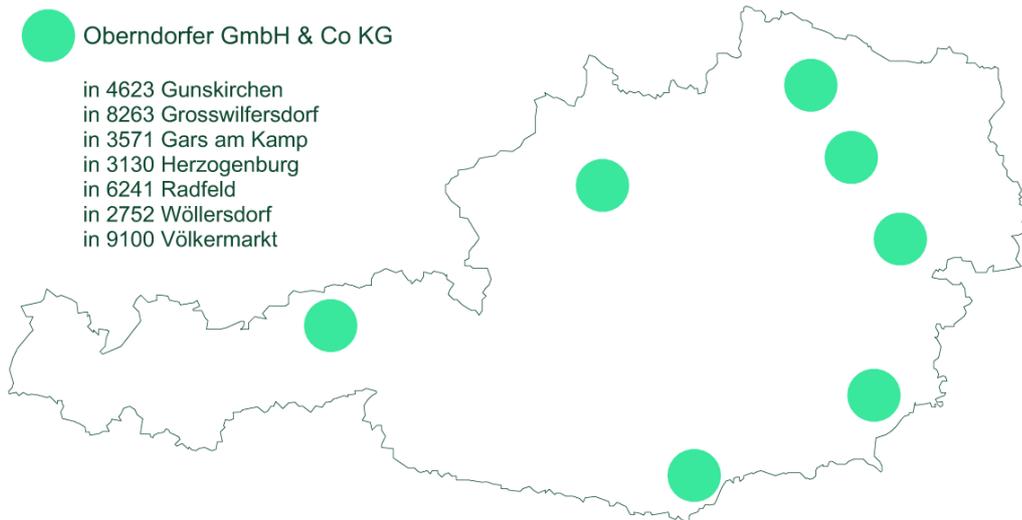


Abbildung 117: Werke Österreich: Firma Oberndorfer GmbH & Co KG

Grundriss

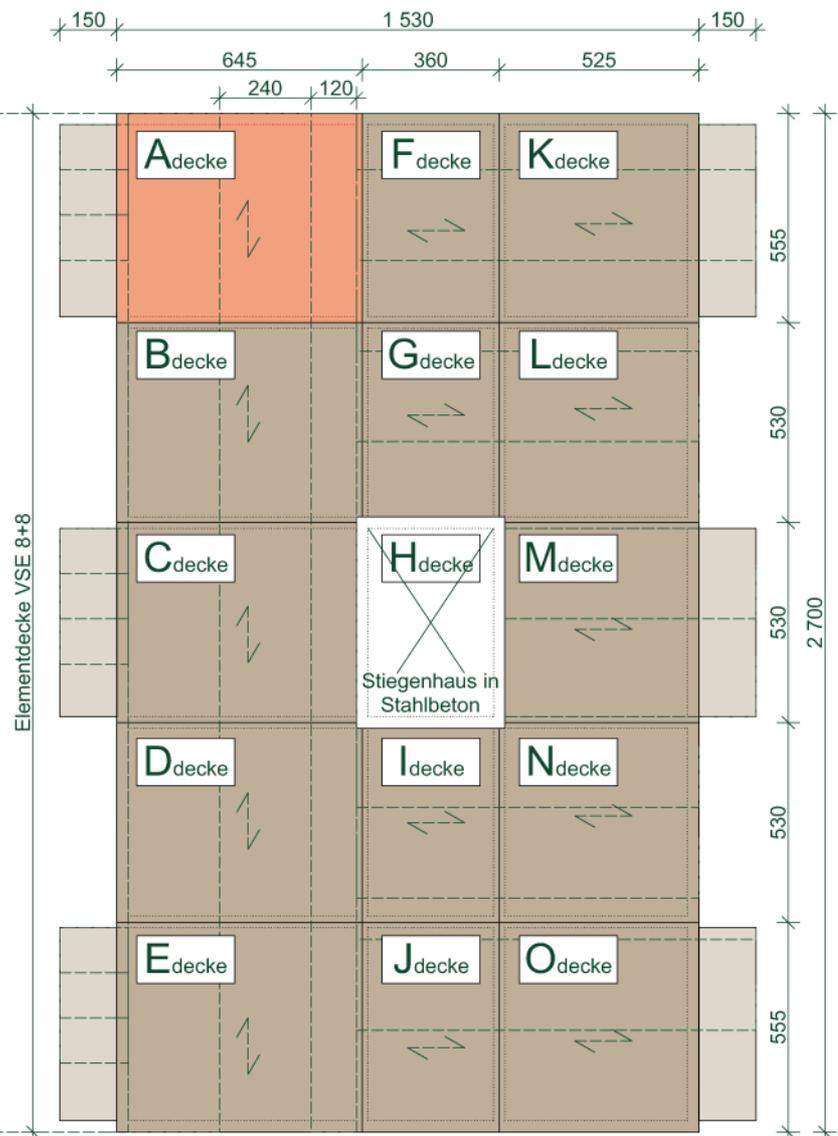
Decke: Vorgespannte Elementdecke (VSE 8+8)

Die Spannrichtung richtet sich nach der geringsten Spannweite je Deckenfeld.

Die höchste Spannweite halten die Flächen A und E mit 5,55 m. Bei den Flächen B bis D beträgt sie 5,30 Meter während sie bei den Feldern F bis J 3,60 Meter und bei den Feldern K bis O 5,25 Meter beträgt. Die Balkonfelder werden als Auskragung ausgeführt.

Das Feld H wird in Stahlbeton strukturiert.

Die Breite der Deckenelemente beträgt 120 oder 240 cm lt. der Firma Oberndorfer GmbH & Co KG.



Lastenaufstellung

Lasten Dach

Ständige Last und Nutzlast:	
Warmdach (zugänglich)	2,00 kN/m ²
Schneelast:	
Schneelast Wien (höchste Schneelast)	2,20 kN/m ²
	4,20 kN/m²

max. Auflast beim Dach: 4,20 kN/m²

Lasten Decke

Ständige Last:	
Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken	0,80 kN/m ²
Eigengewicht Zwischenwandzuschlag	1,00 kN/m ²
Nutzlast Wohnfläche:	
Decke	2,00 kN/m ²
	3,80 kN/m²

max. Spannweite: 5,55 m
(sonstige Spannweiten: 5,30 m, 5,25 m und 3,60 m)

- Vorgespannte Elementdecke VSE 8+8

Lasten Decke - Loggia

Nutzlast Wohnfläche:	
Balkone, Loggien	4,00 kN/m ²
	4,00 kN/m²

Abbildung 118: Lastermittlung vorgespannte Elementdecke

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Verwendet wird das System VSE 8+8. Die Bauteilstärke beträgt 16 cm für alle Deckenfelder und für alle Geschosse. Für die Spannweite von 5,55 Meter und einer Auflast von max. 4,20 kN/m² in Bezug auf das Dach, wird in der Vorbemessungstabelle die Spannweite von 5,60 Meter verwendet. Wobei diese Spannweite eine Auflast von 6,0 kN/m² ermöglicht. Somit ist die Dimensionierung mehr als ausreichend. Auch die Deckenfelder für die anderen Spannweiten (5,30 m, 5,25 m, 3,60 m) werden mit dem System VSE 8+8, durch die ausreichende Dimensionierung, ausgeführt. Die Betonfläche wird als Auskragung ausgeführt.



VSE mit Gitterträger: in (KN/m²) gem.
Bemessungsprogramm ZT DI. Hans Spreitzer

für ungeschwächte Platten und vorwiegend ruhende Lasten sowie für Expositionsklasse X0 und XC1 gem. EUROCODE

Beton: Fertigteil C 40/50 / Aufbeton C 25/30

Deckenstärke	VSE 8+8 *		VSE 10+8 *		VSE 10+10 *		VSE 12+10 *		VSE 12+12 *		Spannweite in (m)
	ohne Unterst.	1x **) unterst.									
3,20	21,0	26,0	24,7	28,9	29,3	31,5	41,7	41,7	42,3	42,3	3,20
3,60	13,5	19,8	16,7	21,9	19,3	25,7	36,2	36,2	36,8	36,8	3,60
4,00	8,1	15,3	10,9	17,0	12,1	19,9	31,0	31,9	32,4	32,4	4,00
4,40		12,0	6,7	13,3	6,8	15,7	22,7	26,0	25,7	28,8	4,40
4,80		9,5		10,5		12,4	16,4	21,0	18,1	23,9	4,80
5,20		7,6		8,3		9,9	11,4	17,2	12,2	19,6	5,20
5,60		6,0		6,3		7,9	7,5	14,1	7,5	16,1	5,60
6,00		4,5		4,6		6,3		11,7		13,3	6,00
6,40		3,2		3,3		4,8		9,7		11,1	6,40
6,80				2,2		3,4		8,0		9,2	6,80
7,20						2,3		6,6		7,6	7,20
7,60								5,4		6,3	7,60
8,00								4,4		5,1	8,00
Auflagertiefe	8 cm		8 cm		8 cm		10 cm		10 cm		Auflagertiefe
Montagegew.	200 kg/m ²		250 kg/m ²		250 kg/m ²		300 kg/m ²		300 kg/m ²		Montagegew.
Eigengew.	4,00 kN/m ²		4,50 kN/m ²		5,00 kN/m ²		5,50 kN/m ²		6,00 kN/m ²		Eigengew.

* Produktionsbreite = 2,39 (1,19) m, Montagebreite = 2,40 (1,20) m

**) Mittige Unterstellung L/500 überhöht vorab errichtet!

Abbildung 119: Vordimensionierungstabelle Vorgespannte Elementdecke

231

231 Abb. 119: vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke, Produktfolder

Brettsperrholz (CLT)



Abbildung 120: Brettsperrholz

232

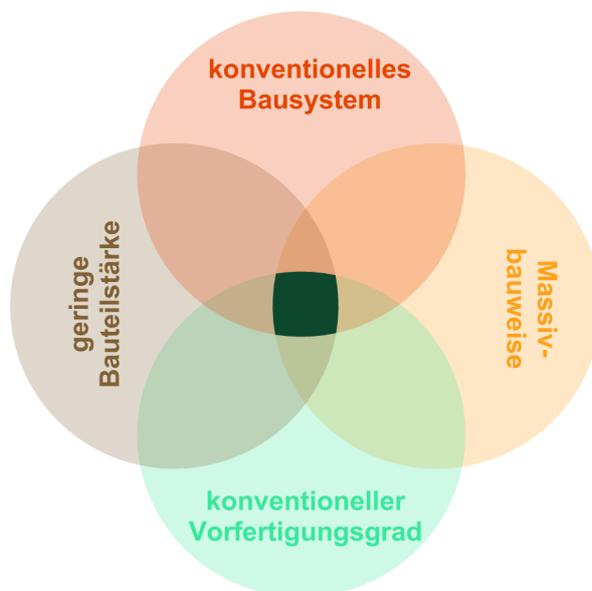


Abbildung 121: Entscheidungskriterien für die Vorauswahl

CLT (cross laminated timber) ist eine Massivbauweise mit einem hohen, konventionellen Vorfertigungsgrad. Die Gründe für die Auswahl liegen, wie bei der Vorauswahl als Wandelement, Kapitel 3.2.5.1 Wand, bei der aktuellen Entwicklung von stabförmigen zu scheibenförmigen Elementen und zur Vergleichbarkeit aller Bausysteme als Massivbausysteme. Brettsperrholz wird in der Nutzungsklasse 1 eingesetzt. Die Bauteilstärken ergeben sich gemäß Auflast und Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH.

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Auch für die Decke wird die Firma Stora Enso Wood Products GmbH zur weiteren Bearbeitung aufgrund der höchsten Anzahl an Werken und der Nähe an Ostösterreich herangezogen. Es stehen folgende Firmen zur Auswahl.

- **Stora Enso Wood Products GmbH** (9462 Bad St. Leonhard, 3370 Ybbs an der Donau)
- **KLH Massivholz GmbH** (8842 Teufenbach-Katsch)
- **Binderholz GmbH** (6263 Fügen)
- **Mayr-Meinhof Holz Holding AG** (8700 Leoben)²³³

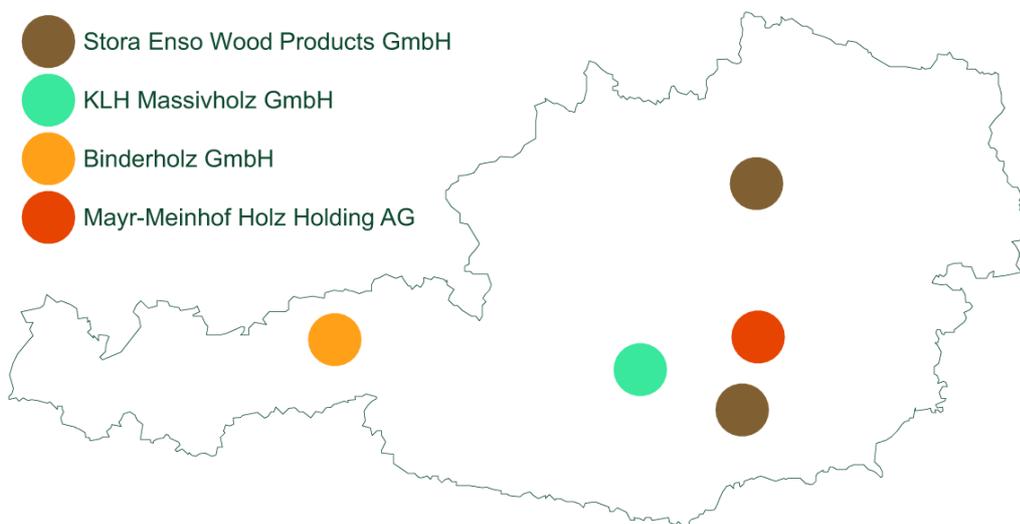


Abbildung 122: Brettsper Holz Firmen Österreich

Auch die Deckenstärke wurde mit dem Bemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH ermittelt. Die Bauteildicke beträgt für das Dach 140 mm und für alle anderen zu bewertenden Geschoße 160 mm und besteht aus fünf kreuzweise verleimten Lagen. Nicht nur um die Tragfähigkeit zu gewährleisten, sondern auch um einen geeigneten Brandschutz zu erhalten, besitzen die Deckenplatten diese Stärken. Die Geschoßdecke besitzt eine gesetzlich vorgeschriebene, höhere Feuerwiderstandsdauer, aufgrund dessen eine höhere Geschoßdecken-Stärke, im Vergleich zum Dach, erforderlich ist.

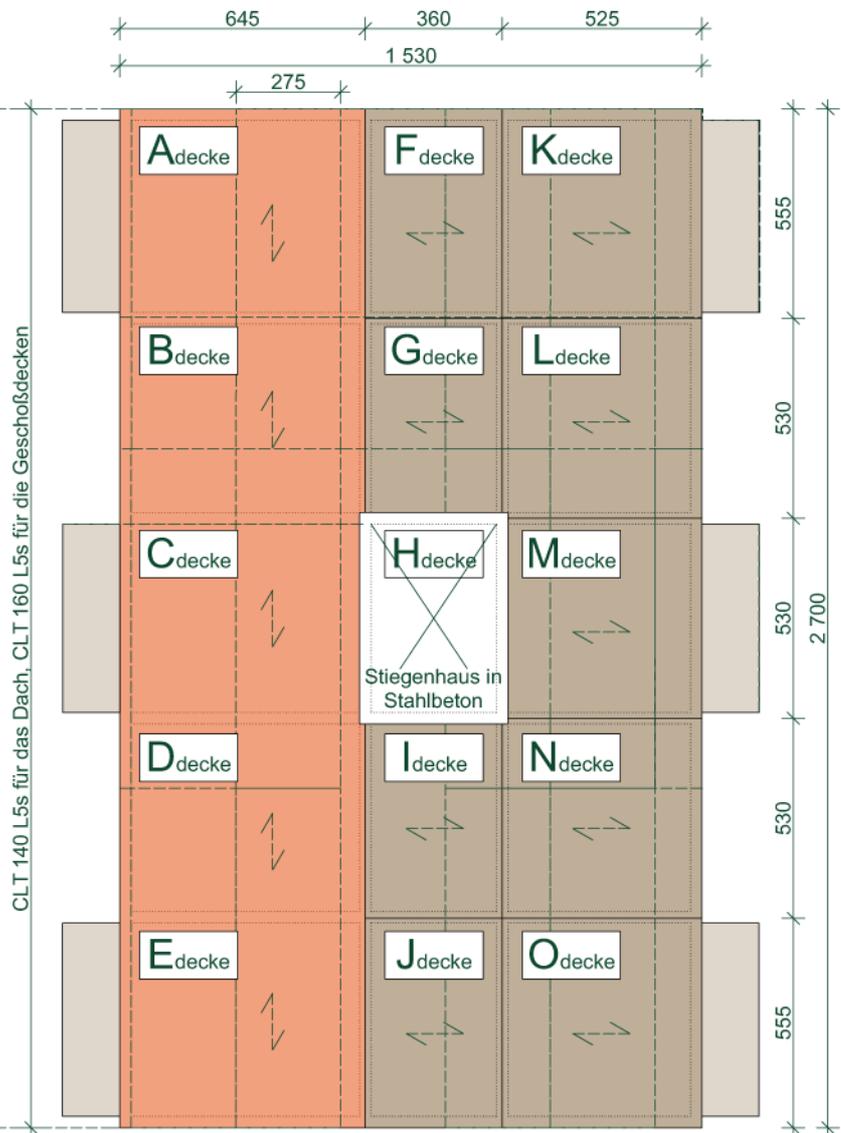
233 vgl. Proholz Austria 2008, Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft, Brettsperholz, Produktübersicht

Grundriss

Decke: Brettsperrholz
(CLT 140 L5s: Dach
CLT 160 L5s: Decken)

Aufgrund der zweiachsigen Lastabtragung übernimmt die Übernahme der Kräfte die nahestgelegene Wand. Somit sind die relevanten Spannweiten 5,55, 5,30, 5,25 und 3,60 Meter.

Betrachtet werden die Flächen A bis E als Durchlaufträger gemäß dem Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH.



Lastenaufstellung

Lasten Dach

Ständige Last und Nutzlast:

Warmdach (zugänglich) 2,00 kN/m²

Schneelast:

Schneelast Wien (höchste Schneelast) 2,20 kN/m²

4,20 kN/m²

max. Auflast beim Dach: 4,20 kN/m²

Lasten Decke

Ständige Last:

Eigengewicht Fußbodenaufbau, trocken 0,80 kN/m²

Eigengewicht Zwischenwandzuschlag 1,00 kN/m²

Nutzlast Wohnfläche:

Decke 2,00 kN/m²

3,80 kN/m²

max. Spannweite 5,55 m:

- CLT 140 L5s für das Dach

Höhe: 14 cm

- CLT 160 L5s für die Geschloßdecken

Höhe: 16 cm

Lasten Decke - Loggia

Nutzlast Wohnfläche:

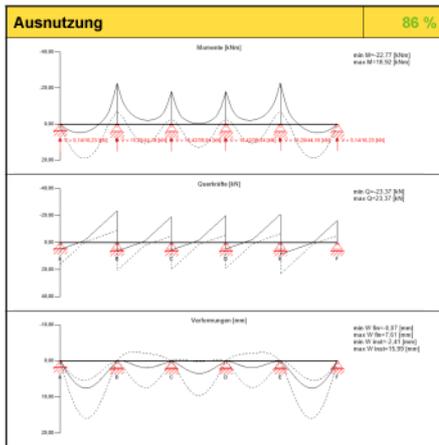
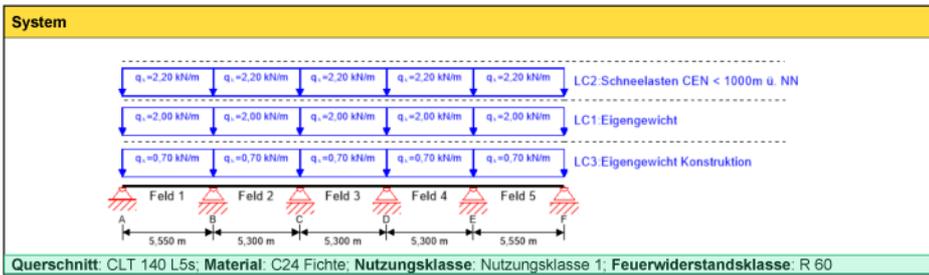
Balkone, Loggien 4,00 kN/m²

4,00 kN/m²

Abbildung 123: Lastaufstellung Brettsperrholz-Decke

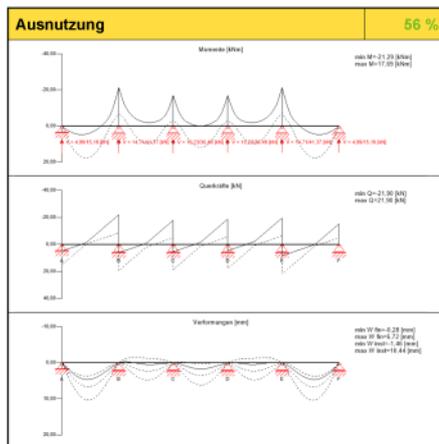
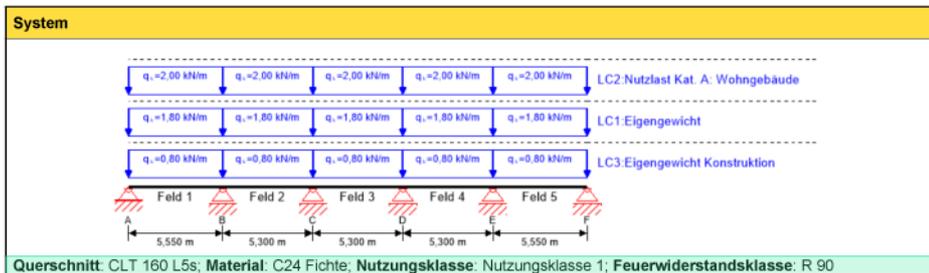
3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

DACH



Biegespannungsnachweis	40 %
$M_d = -$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²
$\sigma_{m,d} = 7,54$ N/mm ²	$< f_{m,d} = 19,01$ N/mm ² ✓
Schubspannungsnachweis	8 %
$V_d = 23,37$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²
$\tau_{v,d} = 0,23$ N/mm ²	$< f_{v,d} = 2,88$ N/mm ² ✓
Rollschubspannungsnachweis	25 %
$V_d = 23,37$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²
$\tau_{r,d} = 0,22$ N/mm ²	$< f_{r,d} = 0,90$ N/mm ² ✓
Biegespannungsnachweis Brand	28 %
$M_d = -8,47$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²
$\sigma_{m,d} = 8,62$ N/mm ²	$< f_{m,d} = 30,36$ N/mm ² ✓
Schubspannungsnachweis Brand	3 %
$V_d = 9,02$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²
$\tau_{v,d} = 0,15$ N/mm ²	$< f_{v,d} = 4,60$ N/mm ² ✓
Rollschubspannungsnachweis Brand	11 %
$V_d = 9,02$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²
$\tau_{r,d} = 0,15$ N/mm ²	$< f_{r,d} = 1,44$ N/mm ² ✓

GESCHOSSDECKE



Biegespannungsnachweis	33 %
$M_d = -$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²
$\sigma_{m,d} = 5,60$ N/mm ²	$< f_{m,d} = 16,90$ N/mm ² ✓
Schubspannungsnachweis	7 %
$V_d = 21,90$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²
$\tau_{v,d} = 0,19$ N/mm ²	$< f_{v,d} = 2,56$ N/mm ² ✓
Rollschubspannungsnachweis	22 %
$V_d = 21,90$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²
$\tau_{r,d} = 0,17$ N/mm ²	$< f_{r,d} = 0,80$ N/mm ² ✓
Biegespannungsnachweis Brand	40 %
$M_d = 10,28$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²
$\sigma_{m,d} = 12,21$ N/mm ²	$< f_{m,d} = 30,36$ N/mm ² ✓
Schubspannungsnachweis Brand	4 %
$V_d = 10,73$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²
$\tau_{v,d} = 0,19$ N/mm ²	$< f_{v,d} = 4,60$ N/mm ² ✓
Rollschubspannungsnachweis Brand	13 %
$V_d = 10,73$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²
$\tau_{r,d} = 0,18$ N/mm ²	$< f_{r,d} = 1,44$ N/mm ² ✓

Abbildung 124: Auswahl - Brettsperrholz-Decke

234

234 Abb. 124: vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2017, Media & Downloads, Bemessungssoftware

3.3. Wand- und Deckenaufbauten

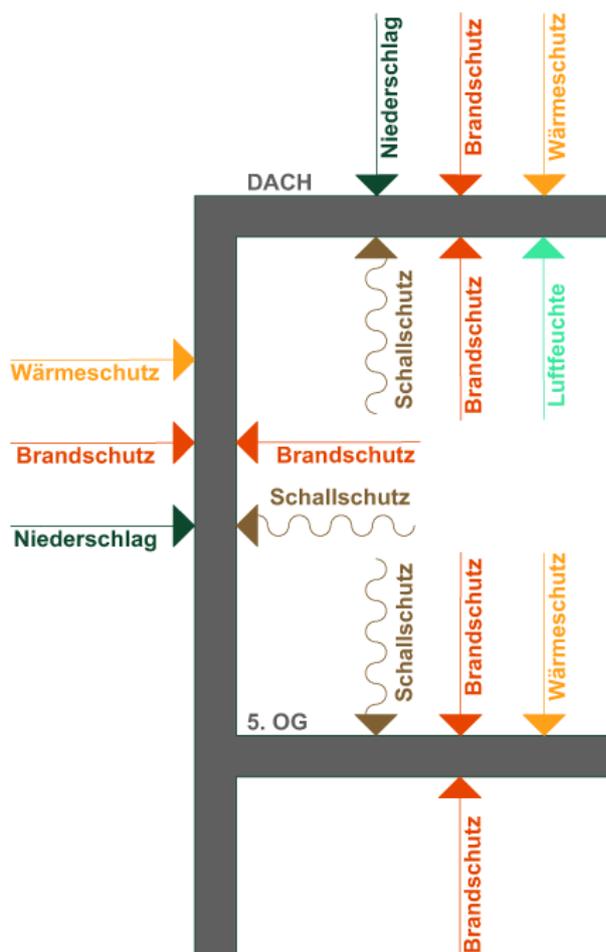


Abbildung 125: Aufgaben von Aufbauten

Ein Gebäude muss einen Abwehrmechanismus gegenüber Kräften, Niederschlägen, Grundwasser bzw. Bodenfeuchte, Lufttemperatur und Luftfeuchte, sowie gegenüber Schall, biologischen Abfalls, mechanischen Abriebs, Blitzschlag und Brand darstellen, die die Wand- und Deckenaufbauten zu erfüllen haben.²³⁵ Das wichtigste Element bei Wand- und Deckenaufbauten bildet die tragende Struktur. Diese kann jedoch nicht alle Aspekte einer schützenden und abwehrenden Schicht erfüllen, somit sind weitere Materialien obligat. Gemeinsam bilden die tragenden Elemente und die Materialien, die den Schall-, Wärme-, Brand-, Feuchteschutz etc. verbessern, die Wand- und Deckenaufbauten.

Der Dach- und der Außenwandaufbau bieten Schutz vor Niederschlägen, kalten Temperaturen und Brandüberleitung. Eine weitere Aufgabe des Wandaufbaus ist der Schallschutz. Gewisse Beplankungen und Folien im Innenraum schützen die tragende Struktur vor aufsteigender Luftfeuchtigkeit. Der Fußbodenaufbau der Geschosdecke

²³⁵ vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 7

ermöglicht einen Schutz vor Trittschallproblemen.

Für das Kapitel Wand- und Deckenaufbauten wurden die Außenwand als vertikales Element, die Geschoßdecke, die zwei Innenräume miteinander verbindet, und die Decke zu einem Außenraum als horizontales Element ausgewählt, um im darauffolgenden Kapitel 3.4 Bauteilanschlüsse herzustellen.

3.3.1 Wand

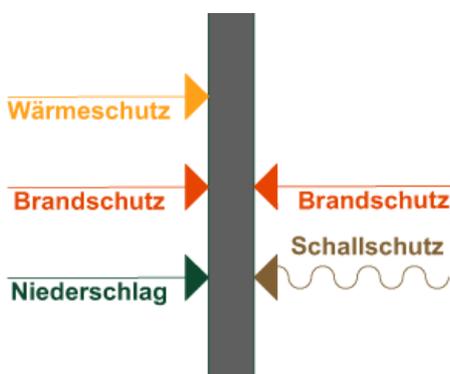


Abbildung 126: Aufgaben des Außenwandaufbaus

Ein Wandaufbau besteht aus vielen Teilen und muss vor allem den Brand-, Schall- und Wärme- und Feuchteschutz übernehmen. Die tragenden Elemente sind vor allem dazu da, die Vertikal-, z.B. Deckenlasten, und Horizontallasten, z.B. Wind, aufzunehmen und in den Untergrund abzuleiten. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass Wandelemente mit großer Porosität eine gute Wärmedämmfähigkeit besitzen, jedoch geringe Festigkeiten. Daher wird oft auf Mischkonstruktionen zurückgegriffen, die wiederum Probleme, wie z.B. das unterschiedliche Dehnungsverhalten der Materialien oder die mögliche Schaffung von Wärmebrücken, mit sich bringen.²³⁶ Die optimalen Fensteröffnungen sollten im Massivbau übereinanderliegen. Die Anforderungen an das tragende Element sind ein gewisses Tragverhalten, ein Brandschutz und insbesondere bei Massivbaustoffen die Luftdichtheit der Gebäudehülle. Die Fassade sollte einen Schutz vor Witterungen und vor der Brandweiterleitung schaffen. Die Wärmedämmung bietet vor allem einen Wärmeschutz. Aber auch der Brand- (z.B. durch deckenübergreifende Außenwandstreifen) und der Schallschutz sollen gewährleistet werden. Die Innenbekleidung soll als Brand- und Schallschutz dienen.²³⁷

236 vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 377-379

237 vgl. Teibinger, Matzinger 2013, S. 4-49

3.3.1.1 Tragendes Bausystem

Bewertung der Aspekte durch Instrumente

Um die Auswahl für tragende Wände eines Wohngebäudes zu ermessen, werden die Bausysteme aufgrund der folgenden Aspekte (A1-A3) mit den darin angeführten Instrumenten analysiert und bewertet.

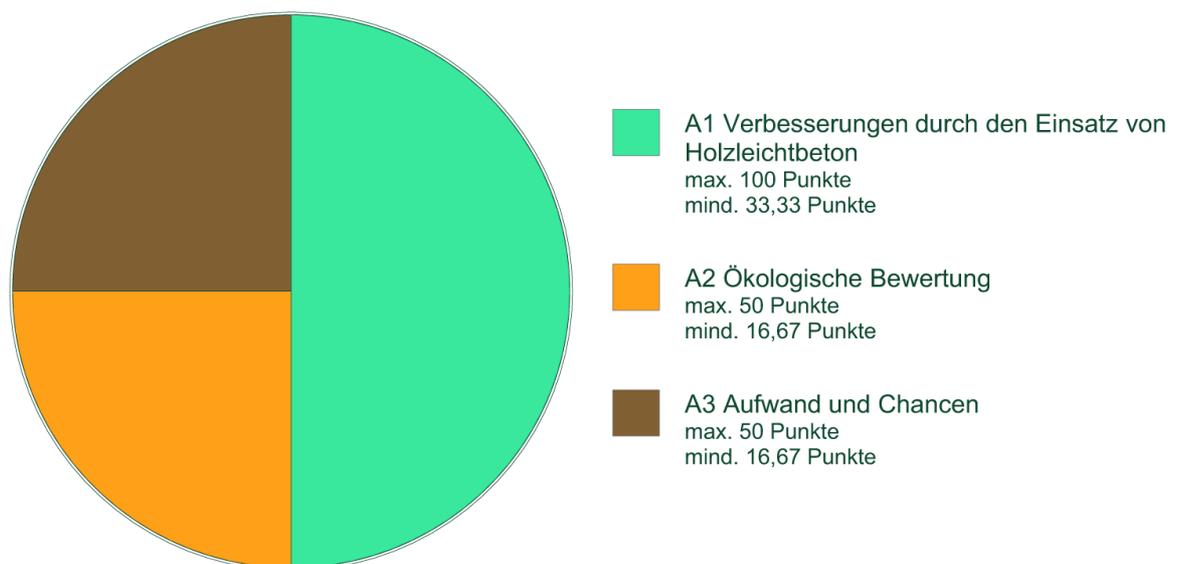


Abbildung 127: Aspekte und Gewichtung

Der **erste Aspekt** setzt den Fokus auf die Verbesserungsfähigkeit der negativen Eigenschaften durch die Beifügung von Holzleichtbeton. Dieser Punkt beinhaltet thermische (Brandschutz, Wärmeschutz) und akustische Eigenschaften (Flächenbezogene Masse, bewertetes Schalldämmmaß). Der Wert und die Punkte verhalten sich hierbei gegensätzlich, d.h. ein hoher Wert erzielt wenig Punkte, um Holzleichtbeton die Fähigkeit der Verbesserung zu ermöglichen.

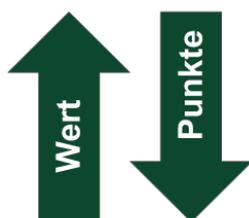


Abbildung 128: Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Der **Aspekt 2** unterstreicht die Notwendigkeit einer ökologischen Planung und dessen Umsetzung bei Gebäuden sowie der Möglichkeit zur Erhaltung von etlichen Förderungen. Dieser ökologische Aspekt behandelt das Treibhaus-, das Versauerungspotential und den Primärenergieinhalt der Bausysteme. Ein ökologisch guter Wert erhält hier equivalent eine hohe Punkteanzahl.

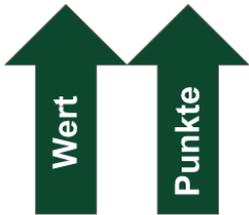


Abbildung 129: Ökologische Bewertung

Der **dritte Aspekt** Aufwand und Chancen bewertet die Bausysteme in den Bereichen Kosten, Herstellung und Baustelle sowie Planung und Vermietung. Da Holzleichtbeton diese Aspekte nur bedingt verbessern kann, wird hier das Bausystem und nicht die Verbesserungsfähigkeit durch Holzleichtbeton bewertet, d.h. ein guter Wert des Bausystems bedeutet auch eine hohe Bewertung.



Abbildung 130: Aufwand und Chancen

Die Aspekte 2 und 3 besitzen dieselbe Relevanz, d.h. dass je Aspekt eine maximale Anzahl von 50 Punkten zu erreichen sind. Der erste Aspekt (Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton) spielt in dieser Arbeit die bedeutendste Rolle für die Auswahl des tragenden Bausystems und wird daher zweifach so intensiv, d.h. mit max. 100 Punkten, gewichtet.

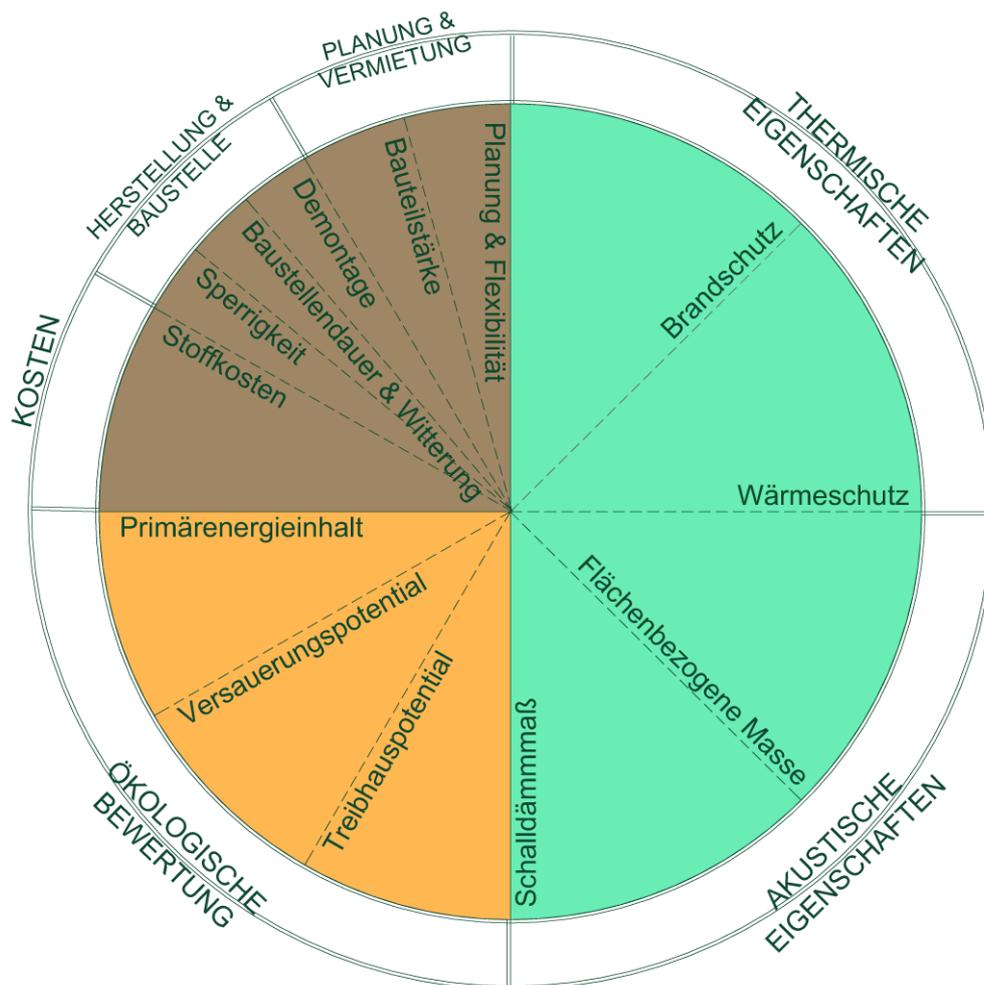
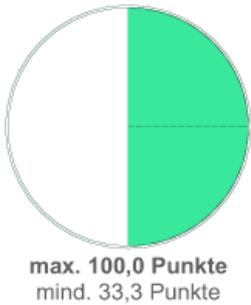


Abbildung 131: Instrumente und Gewichtung

A1. Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton



Hauptaugenmerk dieser Arbeit ist die Reduzierung der Nachteile eines Bausystems, daher ist der Einfluss und die Verbesserungskraft von Holzleichtbeton natürlich einer der wichtigsten Aspekte, um in der vorliegenden Diplomarbeit Bausysteme zu bewerten. Der sinnvolle Einsatz von Holzleichtbeton bei einer Wand besteht in der Gebäudehülle als Bauteil bzw. als Fassadenelement und als Bauelement²³⁸ bzw. als Wärme-, Feuchte-, und / oder Schallschutz. Im Innenraum wird Holzleichtbeton als Wandverkleidung angebracht.²³⁹

Für den Aspekt (A1): Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton wären 100 Punkte die max. erreichbare Punkteanzahl für das am besten bewertete Bausystem. Die geringstmöglichen zu erreichenden Punkte betragen 1/3 der gesamten Punkte, d.s. 33,33 Punkte. Der Aspekt 1 besteht aus zwei Instrumenten, wobei jedes Instrument (thermische und akustische Eigenschaften) dem Bausystem je zwischen 16,67 und 50 Punkte einbringt. 50 Punkte gilt als Maximum. Je höher die Wahrscheinlichkeit oder Möglichkeit zur Verbesserung der Bausysteme durch den Einsatz von Holzleichtbeton ist, desto mehr Punkte erhält das Bausystem.

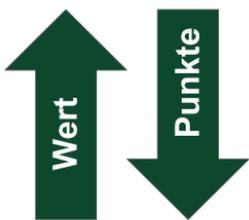
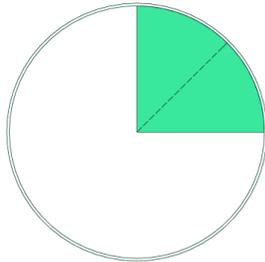


Abbildung 132: Beziehung zwischen Wert und Punkte

238 wurde bereits in Kapitel 3.2.5 Vorauswahl Bausysteme behandelt

239 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 37-40

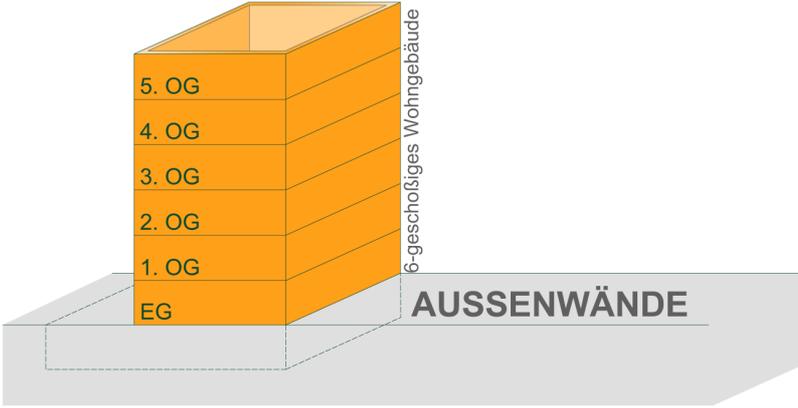
I1. Thermische Eigenschaften



max. 50,0 Punkte
mind. 16,7 Punkte

Die Bestandteile dieses Instrumentes sind der Brandschutz (Feuerwiderstandsdauer) und der Wärmeschutz (U-Wert).

Diese thermischen Eigenschaften können durch Holzleichtbeton verbessert werden, somit liefern mangelhafte Ergebnisse der Bausysteme in den Bewertungen die höchste Punktezahl. Holzleichtbeton kann hier sinnvoll z.B. als Brandschutz eingesetzt werden.

 <p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <p>Wert Punkte</p>	<h2>I1 Thermische Eigenschaften</h2> <h3>Brandschutz</h3> <p>Feuerwiderstandsdauer:</p> <p>Außenwände: mind. REI 90</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>REI 120 für alle Geschoße²⁴⁰</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>REI 180 für alle Geschoße²⁴¹</p>

240 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt, S. 1

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan. Datenblatt, S. 1

241 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten und Lieferprogramm für Österreich, S. 6

Brettsperrholz 5. OG – 4.OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	REI 90 für alle Geschoße ²⁴²
---	---

I1 Thermische Eigenschaften

Brandschutz

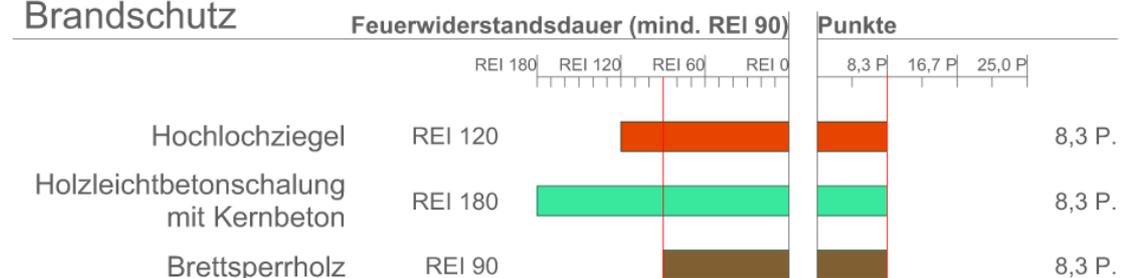


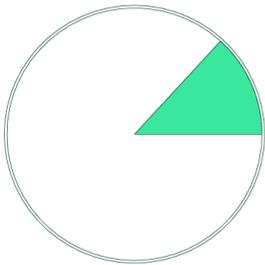
Abbildung 133: I1 Thermische Eigenschaften: Brandschutz Feuerwiderstandsdauer

Beim **Hochlochziegel** wird eine Feuerwiderstandsdauer von **REI 120** erreicht. Somit wird der gesetzlich nötige Rahmen bereits mit dem Bausystem erreicht. Holzleichtbeton wird in diesem Fall als Brandschutz überflüssig. Der Hochlochziegel erzielt somit 8,3 Punkte.

Auch bei der **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** wird bereits das gesetzliche Mindestmaß mit **REI 180** weit überschritten. Hier ist der Einsatz von Holzleichtbeton zur Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer noch weniger als beim Hochlochziegel von Nöten (8,3 Punkte).

Brettsperrholz schafft mit einer Feuerwiderstandsdauer von **REI 90** die gesetzlichen Bestimmungen für eine brandabschnittsbildende Außenwand. Holzleichtbeton als Erhöher der Feuerwiderstandsdauer ist somit nicht nötig (8,3 Punkte).

²⁴² siehe Kapitel 3.2.5.1 – Brettsperrholz



max. 25,0 Punkte
mind. 8,3 Punkte



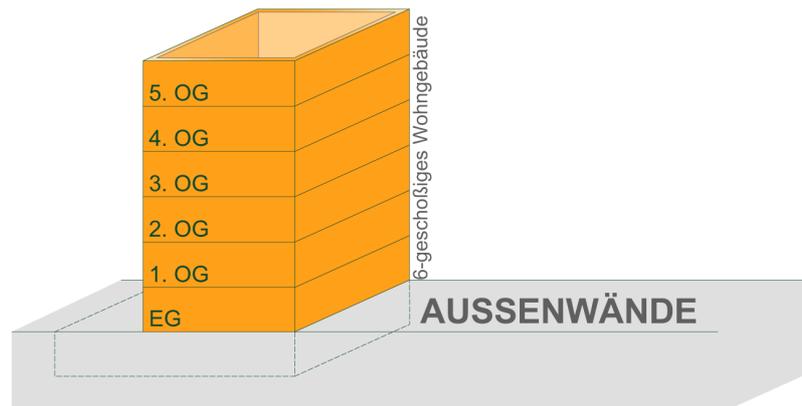
I1 Thermische Eigenschaften

Wärmeschutz

U-Wert:

Außenwand: max. 0,35 W/m²K²⁴³

Da Holzleichtbeton den U-Wert zwar positiv beeinflussen kann, jedoch eine zusätzliche Dämmung sich nicht vermeiden lässt, wird der gesetzlich notwendige U-Wert mit einer zusätzlichen Mineralwollgedämmung erbracht, falls der benötigte Wärmeschutz nicht bereits mit dem Bausystem allein erreicht wird. Holzleichtbeton kann dennoch die Wärmeleitfähigkeit verringern und somit auch als zusätzlicher Wärmeschutz eingesetzt werden.



Hochlochziegel

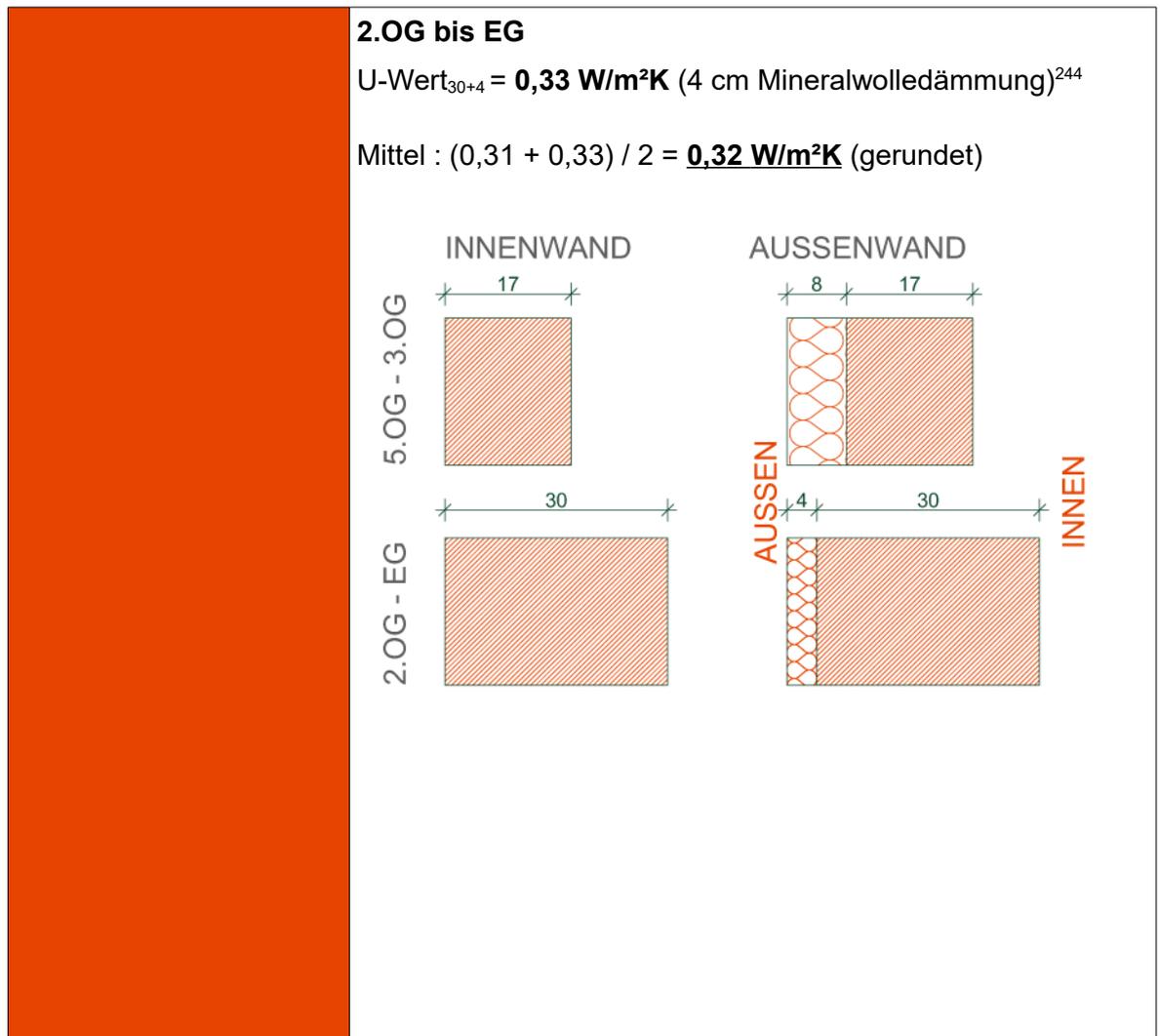
5.OG bis 3.OG
Porotherm 17-50 Plan

2.OG bis EG
Porotherm 30 Plan

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH

5.OG bis 3.OG:

U-Wert₁₇₊₈ = **0,31 W/m²K** (8 cm Mineralwollgedämmung)



244 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – unverputzte Außenwand

Mineralwolledämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034$ W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm
 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

Porotherm 17-50 Plan

$\lambda = 0,245$ W/mK (lt. Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)
gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,38 W/m²K, 7 cm nicht im Angebot)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,17/0,247 + 0,04 = 3,211$ m²K/W
U-Wert = 0,31 W/m²K (1/R)

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan, Datenblatt.

Porotherm 30 Plan

$\lambda = 0,18$ W/mK (lt. Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)
gesamt (inkl. 4 cm Dämmung, geringstmögliche Stärke)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,04/0,034 + 0,30/0,18 + 0,04 = 3,013$ m²K/W
U-Wert = 0,33 W/m²K (1/R)

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan Datenblatt.

<p>Holzleichtbeton-schalung mit Füllbeton N20 End-/Riegelstein 5. OG bis EG isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>5. OG bis EG U-Wert₂₀₊₈ = 0,30 W/m²K (8 cm Mineralwolledämmung)²⁴⁵</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>INNENWAND</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>AUSSENWAND</p> </div> </div>
<p>Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>5. OG – 4. OG U-Wert₁₆₊₅ = 0,32 W/m²K (5 cm Mineralwolledämmung)</p>

245 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – unverputzte Außenwand

Mineralwolledämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034$ W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm

vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

N20

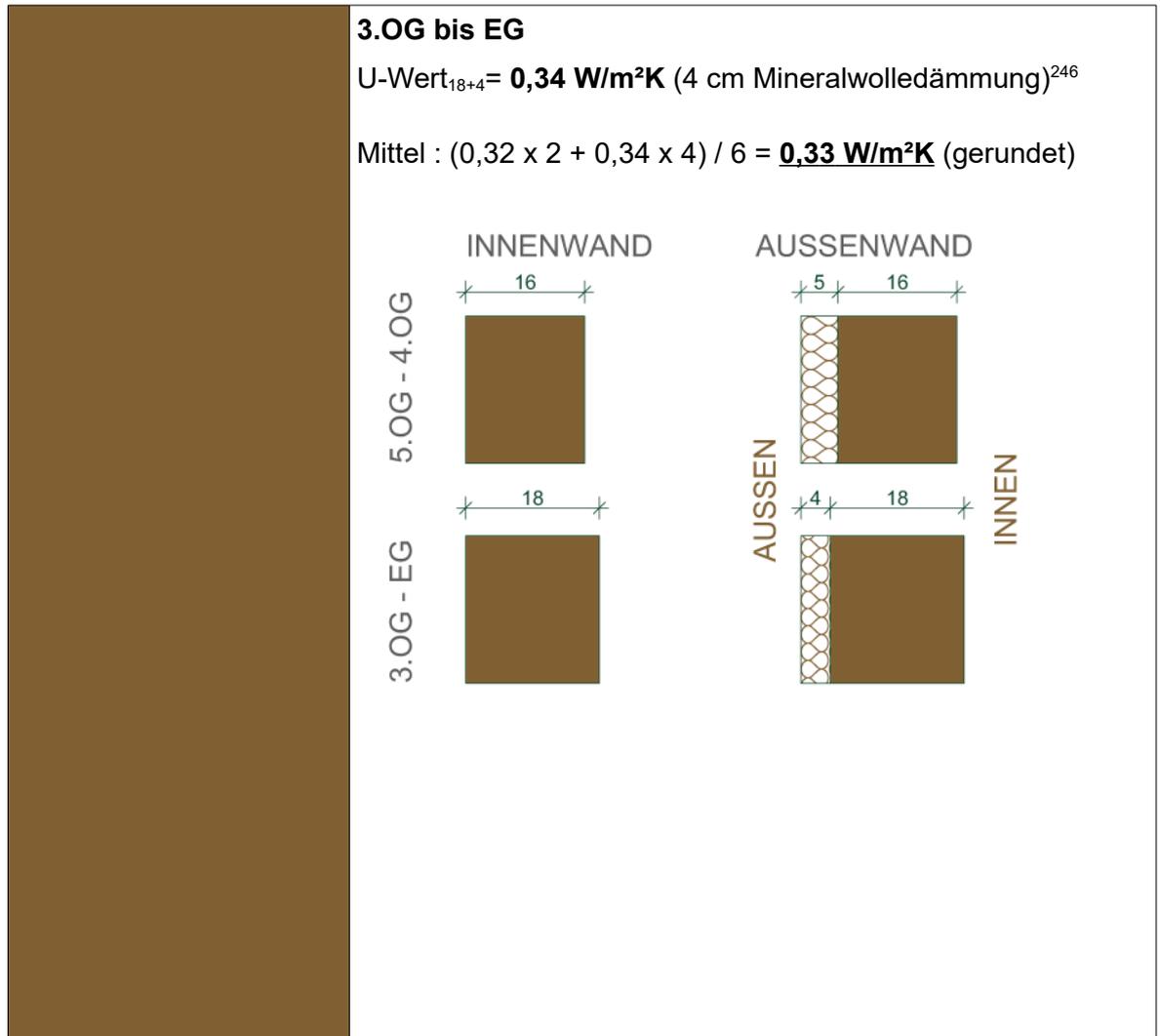
$R = 0,773$ W/mK (lt. Firma isospan Baustoffwerk GmbH)

gesamt (inkl. 8 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 6 cm Dämmung = 0,37 W/m²K, 7 cm nicht im Angebot)

$R_{gesamt} = 0,13 + 0,08/0,034 + 0,773 + 0,04 = 3,30$ m²K/W

U-Wert = 0,30 W/m²K (1/R)

vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten und Lieferprogramm für Österreich, S. 4



246 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – unverputzte Außenwand

Mineralwollgedämmung (bei Steinen ohne integrierte Dämmung)

$\lambda = 0,034$ W/mK ULTIMATE Kerndämmplatte 035, geringste Stärke 4 cm
 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

CLT 160 mm

$\lambda = 0,11$ W/mK (lt. Firma Stora Enso Wood Products GmbH)
gesamt (inkl. 5 cm Dämmung, erste Stärke unter 0,35 W/m²K, 4 cm Dämmung = 0,36 W/m²K)
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,05/0,034 + 0,16/0,11 + 0,04 = 3,095$ m²K/W
U-Wert = 0,32 W/m²K (1/R)

CLT 180 mm

$\lambda = 0,11$ W/mK (lt. Firma Stora Enso Wood Products GmbH)
gesamt (inkl. 4 cm Dämmung, geringstmögliche Stärke),
 $R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,04/0,034 + 0,18/0,11 + 0,04 = 2,983$ m²K/W
U-Wert = 0,34 W/m²K (1/R)

vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2012, Produkt, Technische Daten, Wärmeschutz, U-Wert Vergleichsbeispiele, S. 1

I1 Thermische Eigenschaften

Wärmeschutz

■ Bausystem ▨ Mineralwollgedämmung

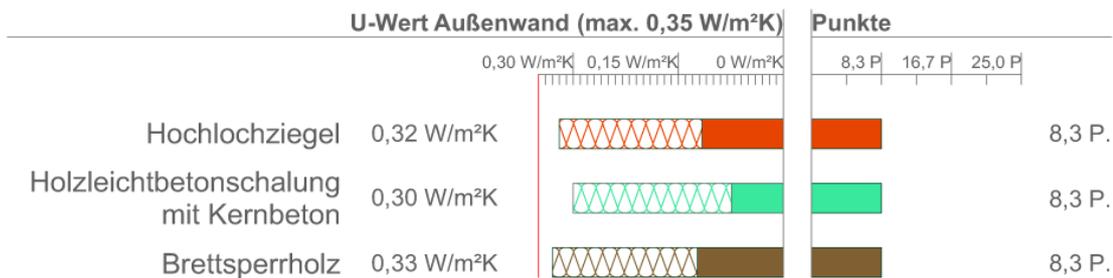


Abbildung 134: I1 Thermische Eigenschaften: Wärmeschutz

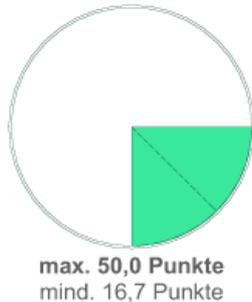
Der U-Wert des **Hochlochziegels** beträgt in den drei oberen Geschoßen 0,31 W/m²K mit 8 cm zusätzlicher Mineralwollgedämmung. In den unteren drei Geschoßen reicht eine 4 cm Mineralwollgedämmung, um einen U-Wert von 0,33 W/m²K zu erreichen. Im Mittel aller Geschoße beträgt der U-Wert **0,32 W/m²K**.

Bei der **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** wird ein U-Wert von **0,30 W/m²K** erzielt. Dieser Wert wurde mit einer 8 cm starken zusätzlichen Mineralwollgedämmung erlangt. Der gesetzliche Rahmen wird somit eingehalten.

Der gesetzlich vorgeschriebene U-Wert wird beim **Brettsperrholz** mit einer zusätzlichen Dämmung von 5 cm in den oberen beiden Geschoßen und von 4 cm in den unteren vier Geschoßen erreicht. Der mittlere U-Wert aller Geschoße beträgt **0,33 W/m²K**.

Da alle drei Bausysteme im Bereich eines akzeptablen U-Wertes liegen und auch die Diskrepanz zwischen den einzelnen Bausystemen sehr gering ist (max. 0,03 W/m²K), erhalten die Bausysteme jeweils eine geringe Punkteanzahl von 8,3 Punkten. Holzleichtbeton kann hier die Wärmeleitfähigkeit verringern. Diese Verringerung ist wünschenswert, aber gesetzlich und wirtschaftlich nicht nötig.

12. Akustische Eigenschaften

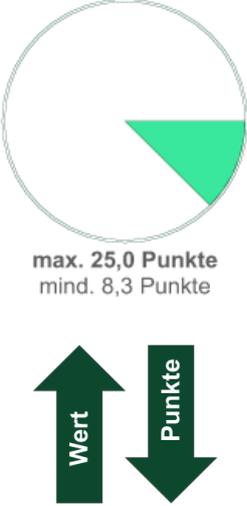
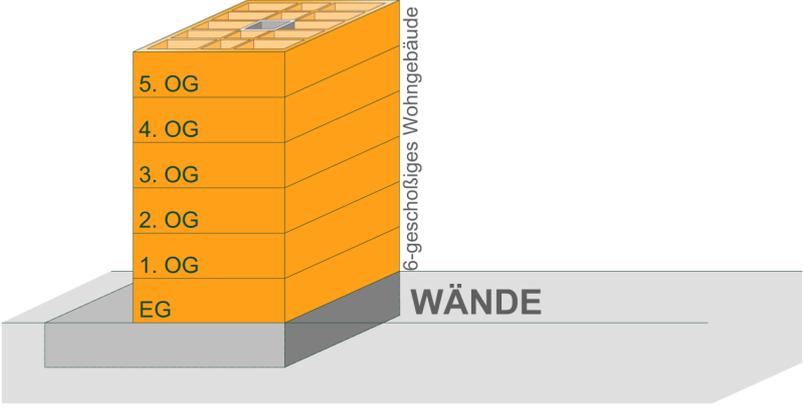


Der Schall lässt sich je nach Quelle in Luft- und Körperschall einteilen und ist zudem eine mechanische Bewegungsenergie, durch den ein Bauteil angeregt wird. Der Luftschall wird durch Luftschallwellen angeregt und breitet sich in angrenzende Räume aus. Die Quellen sind hierbei Verkehr, Sprache, Musik, usw.. Der Körperschall (z.B. Trittschall) hingegen wird durch das Gehen, Klopfen, etc. direkt in den Bauteil eingeleitet und im benachbarten Raum als Luftschall abgestrahlt.

Für einen guten Schallschutz ($R_w > 50$ dB) mit einschaligen Bauteilen sollte die flächenbezogene Masse größer als 250 kg/m^2 sein. Eine Verbesserung des Schallschutzes kann durch die Verbesserung der Entkopplung oder der Erhöhung der Masse erreicht werden.²⁴⁷ Gemessen wird der Schall an der Außenwand durch das Schalldämmmaß, das laut OIB-Richtlinien mind. 43 dB betragen sollte.²⁴⁸

247 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten. Schallschutz

248 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2

 <p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <p>Wert ↑ Punkte ↓</p>	<h2>12. Akustische Eigenschaften</h2> <h3>Flächenbezogene Masse</h3> <p>Die flächenbezogene Masse sollte mind. 250 kg/m² betragen.²⁴⁹ Betrachtet werden Außen- wie auch Innenwände.</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>5.OG bis 3.OG:</p> <p>149 kg/m² (unverputzt, ohne Dämmung)²⁵⁰ zusätzlicher Schallschutz nötig</p> <p>2.OG bis EG:</p> <p>277 kg/m² (unverputzt, ohne Dämmung)²⁵¹ Schallschutz ausreichend</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Alle Geschoße</p> <p>291 kg/m² mit Kernbeton (unverputzt, ohne Dämmung)²⁵² Schallschutz ausreichend</p>

- 249 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Schallschutz
- 250 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt.
- 251 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan. Datenblatt.
- 252 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten und Lieferprogramm für Österreich, S. 4

Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	5.OG bis 4.OG 160 mm Dicke x 470 kg/m ³ ²⁵³ = 75,2 kg/m² zusätzlicher Schallschutz nötig
	restlichen Geschoße 180 mm Dicke x 470 kg/m ³ = 84,6 kg/m² zusätzlicher Schallschutz nötig

I2 Akustische Eigenschaften

Flächenbezogene Masse



Abbildung 135: I2 Akustische Eigenschaften: Flächenbezogene Masse

Die flächenbezogene Masse des **Hochlochziegels** beträgt in den drei oberen Geschoßen 149 kg/m². Vom 2. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß erzielt der Hochlochziegel eine flächenbezogene Masse von 277 kg/m². Im Mittel ergibt sich eine flächenbezogene Masse von **213,0 kg/m²** ²⁵⁴. Der Schallschutz ist im Mittel aller Geschoße nicht ausreichend, daher erhält der Hochlochziegel 14,5 Punkte²⁵⁵. Eine Erhöhung des Schallschutzes durch Holzleichtbeton ist nötig.

Die **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** erzielt für alle Geschoße eine flächenbezogene Masse von **291 kg/m²**. Somit ist hier der Schallschutz nach Betrachtung der flächenbezogenen Masse ausreichend (8,3 Punkte).

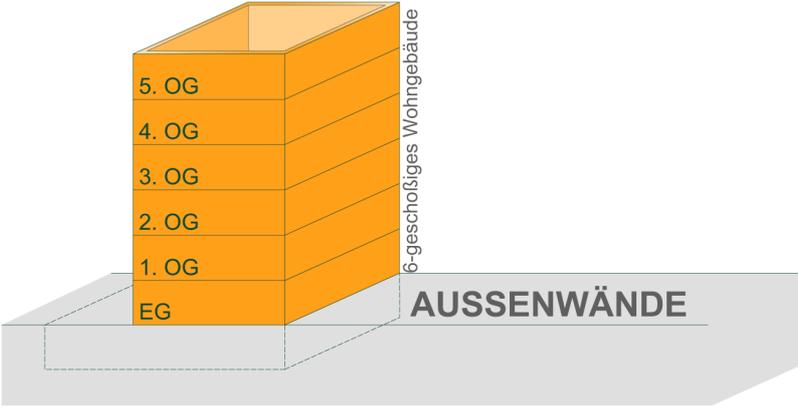
Beim **Brettsperrholz** ist ein zusätzlicher Schallschutz in allen Geschoßen nötig. Der Einsatz von Holzleichtbeton als entkoppeltes Plattenelement ist denkbar. Die mittlere flächenbezogene Masse beträgt **81,5 kg/m²** ²⁵⁶ (25,0 Punkte).

253 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2016, Media & Downloads. Broschüren. Technische Broschüre CLT, S. 4

254 149 x 3 Geschoße + 277 x 3 Geschoße = 1278 / 6 Geschoße = 213,0 kg/m²

255 25 – 8,33 = 16,67 Punkte zw. 291 und 81,47 kg/m², ergibt 209,53 kg/m² Unterschied
 213 kg/m² ist 78 kg/m² vom höchstem Wert entfernt
 somit = 8,3 Punkte +(16,7 Punkte Unterschied x 78 kg/m² Entfernung / 209,53 kg/m² Unterschied)

256 75,2 x 2 Geschoße + 84,6 x 4 Geschoße = 488,8 / 6 Geschoße = 81,5 kg/m²

 <p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <p>Wert ↑ Punkte ↓</p>	<h2>12. Akustische Eigenschaften</h2> <h3>Schalldämmmaß</h3> <p>Bewertetes Schalldämmmaß Rw:</p> <p>Außenwände (opake Außenbauteile): mind. 43 dB.²⁵⁷</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>5.OG bis 3.OG:</p> <p>Rw = 48 dB (verputzt)²⁵⁸</p> <p>2.OG bis EG</p> <p>Rw = 45 dB (verputzt)²⁵⁹</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Rw = 57 dB²⁶⁰</p>

257 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2

258 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt, S. 1

259 vgl. Grünkranz 2017, E-Mail: Produktinformation Porotherm 30 Plan

260 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten und Lieferprogramm für Österreich, S. 4

Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	5.OG bis 4.OG Rw = 36 dB .
	3.OG bis EG Rw = 37 dB²⁶¹

I2 Akustische Eigenschaften

Bewertetes Schalldämmmaß

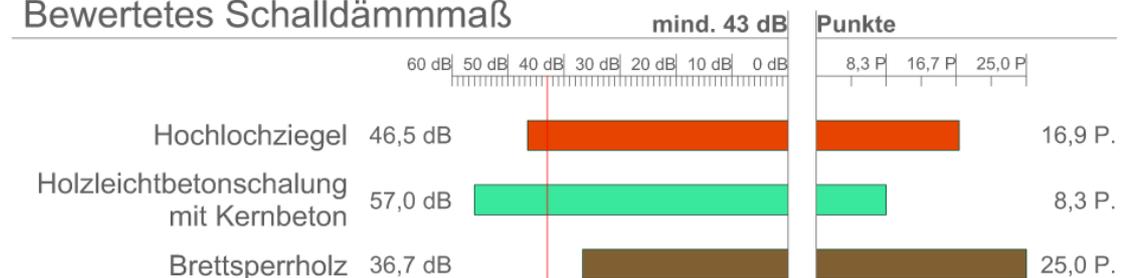


Abbildung 136: I2 Akustische Eigenschaften: Schalldämmmaß

Die **Hochlochziegel**-Wand erzielt ein bewertetes Schalldämmmaß von 48 dB in den oberen drei Geschossen und 45 dB vom 2. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß. Das mittlere bewertete Schalldämmmaß aller Geschosse beträgt **46,5 dB²⁶²**. Alle Wände befinden sich innerhalb des gesetzlichen Rahmens, jedoch kann Holzleichtbeton das bewertete Schalldämmmaß noch weiter verbessern. (16,9 Punkte²⁶³)

Bei der Wand aus **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** wird ein bewertetes Schalldämmmaß von **57 dB** für alle Wände erzielt. Dieses Bausystem erhält somit 8,3 Punkte. Holzleichtbeton hier zwar den Schallschutz verbessern, jedoch ist dies nicht notwendig.

Die **Brettsperrholz**-Wand verfügt über ein ungenügendes bewertetes Schalldämmmaß, welches mit der Entkopplung von Holzleichtbeton als Wandelement verbessert werden kann. Somit erhält dieses Bausystem 25,0 Punkte. Das mittlere Schalldämmmaß beträgt **36,7 dB²⁶⁴**.

261 vgl. Kumer 2016, E-Mail: Produktinformation CLT 160 mm und CLT 180 mm

262 $48 \times 3 \text{ Geschosse} + 45 \times 3 \text{ Geschosse} = 279 / 6 \text{ Geschosse} = 46,5 \text{ dB}$

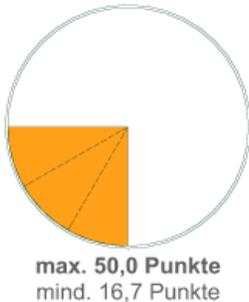
263 $57 - 36,7 = 20,3 \text{ dB}$ zwischen 8,3 und 25 Punkten, ergibt 16,7 Punkte Unterschied

46,5 dB ist 10,5 dB von 57 dB entfernt

8,3 Punkte + (16,67 Punkte Unterschied \times 10,5 dB Entfernung / 20,3 dB Unterschied)

264 $36 \times 2 \text{ Geschosse} + 37 \times 4 \text{ Geschosse} = 220 / 6 \text{ Geschosse} = 36,7 \text{ dB}$

A2. Ökologische Bewertung



Die Bewertung der Bausysteme erfolgt aufgrund der ausgewählten Ökokennzahlen, d.s. das Treibhauspotential²⁶⁵ (global warming potential, GWP, kg CO₂ eq.), das Versauerungspotential²⁶⁶ (acidification potential, AP, kg SO₂ eq.) und der Bedarf an erneubaren und nichterneubaren Ressourcen (Primärenergieinhalt)²⁶⁷ (PE e, PE ne, MJ).²⁶⁸

Die Gesamtpunkteanzahl des Aspektes Ökologische Bewertung beträgt max. 50 Punkte. Jedes Bausystem erhält bei den ausgewählten Ökokennzahlen (Treibhauspotential, Versauerungspotential, Primärenergieinhalt) erhält je 16,7 Punkte, mind. je 5,6 Punkte. Eine ökologische Bewertung ist heutzutage wichtig. Ein guter ökologischer Wert bedeutet eine hohe Punkteanzahl.



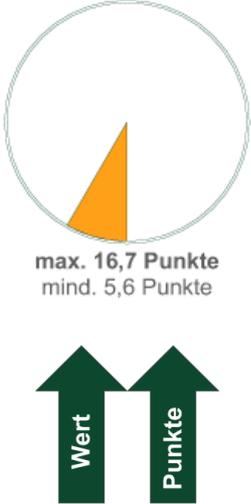
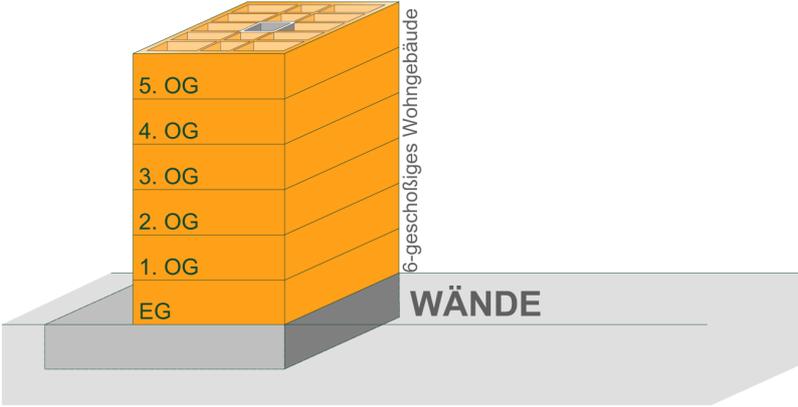
Abbildung 137: Beziehung zwischen Wert und Punkte

265 "Die Anreicherung von Treibhausgasen in der Troposphäre führt über eine erhöhte Reflexion der Infrarotstrahlung zur Erderwärmung. Das Treibhauspotential fasst alle Treibhausgase im Verhältnis zur Wirkung von CO₂ zusammen."
Hegger 2007, S. 259

266 "Der AP-Wert beschreibt die Versauerungswirkung von Substanzen relativ zu SO₂. Die Angabe g SO₂ eq bedeutet, dass alle atmosphärischen Emissionen zusammen dieselbe Versauerungswirkung aufweisen wie die angegebene SO₂ Menge."
Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ökobilanz Grundlagen

267 "Der Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der PE wird in MJ angegeben und aus dem unteren Heizwert der eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet."
Mötzl, Sutter 2015

268 vgl. Hegger 2007, S. 259

 <p>max. 16,7 Punkte mind. 5,6 Punkte</p> <p>Wert Punkte</p>	<h3>I1 Treibhauspotential</h3> <p>Außen- und Innenwände: GWP100, Einheit: kg CO₂ eq.</p> <p>Je höher das Treibhauspotential des Baustoffes, desto höher die Reflexion der Infrarotstrahlung, die zur Erderwärmung führt. Das Treibhauspotential wird in Relation zu CO₂ aufgezeigt.²⁶⁹</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Hochlochziegel</p> <p>0,182 kg CO₂ eq. (mit und ohne CO₂-Speicherung)²⁷⁰</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospän Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Holzspan-Mantelsteine ohne Kernbeton und Dämmeinlage: - 0,221 kg/CO₂ eq. (mit CO₂-Speicherung) 0,295 kg CO₂ eq. (ohne CO₂-Speicherung)</p> <p>Füllbeton: 0,095 kg CO₂ eq. (mit und ohne CO₂-Speicherung)²⁷¹</p>

269 vgl. Hegger 2007, S. 259

270 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden, Massivbaustoffe, S.1

271 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.1

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	Brettsperrholz - 1,103 kgCO₂eq. (mit CO ₂ -Speicherung) 0,436 kg CO ₂ eq. (ohne CO ₂ -Speicherung) ²⁷²
--	---

I1 Treibhauspotential (GWP100)

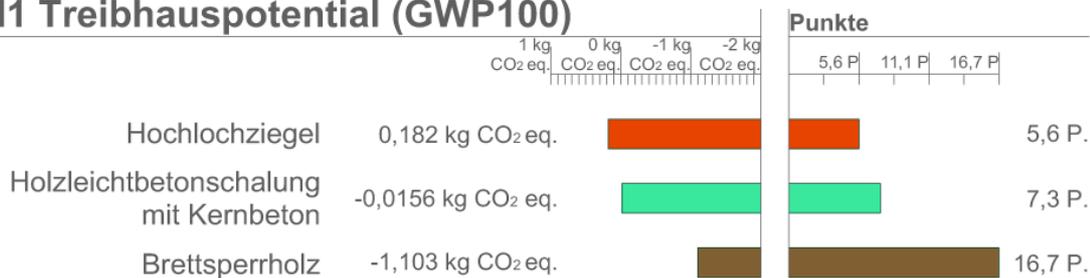


Abbildung 138: I1 Treibhauspotential

Gezählt wird das Treibhauspotential mit CO₂-Speicherung. Dies bedeutet, dass nicht nur der Ausstoß an CO₂ während des gesamten Lebenszyklus von Bedeutung ist, sondern auch die Absorbierung von CO₂. Dieses Phänomen tritt insbesondere bei Holz auf. Das Treibhauspotential eines **Hochlochziegels** (5,6 Punkte) beträgt **0,182 kg CO₂ eq.** mit CO₂- Speicherung.

Für **Holzspan-Mantelsteine** beträgt das Treibhauspotential **- 0,221 kg CO₂ eq.** mit CO₂-Speicherung. Betrachtet man den **Füllbeton**, erzielt dieser ein Treibhauspotential von **0,095 kg CO₂ eq.** Bei einer Gesamtdicke des Steines von 20 cm, fallen 13 cm (65 %) auf den Füllbeton und 7 cm (35 %) auf die Holzspanschalung. Somit beträgt das mittlere Treibhauspotential aus der Kombination von Holzspan-Mantelsteinen und Füllbeton **- 0,0156 kg CO₂ eq.**²⁷³ (7,3 Punkte²⁷⁴)

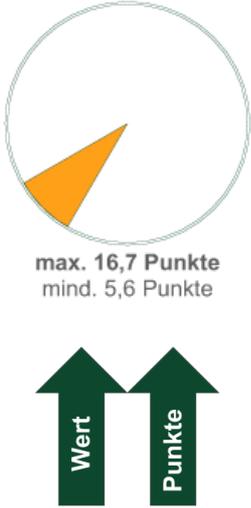
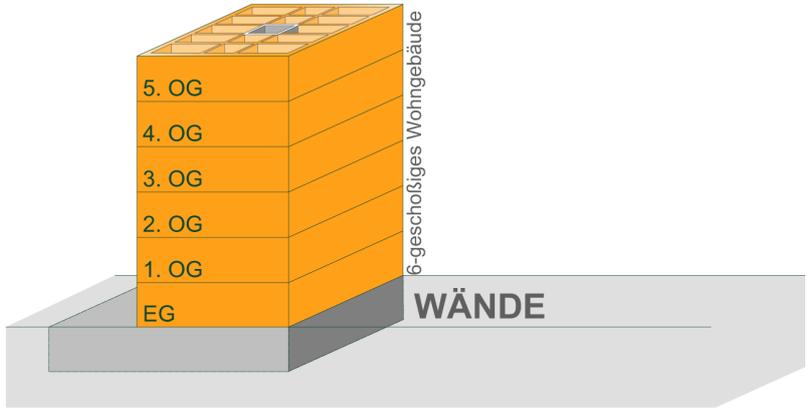
Brettsperrholz erhält ein Treibhauspotential von **- 1,103 kg CO₂ eq.** mit CO₂-

272 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfad. Holzbaustoffe, S.1

273 $- 0,221 \times 35 \% = - 0,0774 \text{ kg CO}_2 \text{ eq. PLUS } - 0,095 \times 65 \% = 0,0618 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.} = - 0,0156 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$

274 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen $- 1,103$ und $0,182 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$, ergibt $1,285 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$ Unterschied
 $- 0,0156 \text{ CO}_2 \text{ eq.}$ ist $0,1976 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$ Von $0,182 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$ entfernt
 somit = $5,6$ Punkte + $(11,1 \text{ Punkte Unterschied} \times 0,1976 \text{ kg CO}_2 \text{ eq. Entfernung} / 1,285 \text{ kg CO}_2 \text{ eq. Unterschied})$

Speicherung. Dies bedeutet, dass Brettsperrholz wie auch Holzspan-Mantelsteine das Treibhauspotential während des Lebenszyklus verringert. (16,7 Punkte)

 <p>max. 16,7 Punkte mind. 5,6 Punkte</p> <p>Wert Punkte</p>	<h2>I2 Versauerungspotential</h2> <p>Außen- und Innenwände: AP, Einheit: kg SO₂ eg.</p> <p>Beim Versauerungspotential wird das Säurebildungspotential im Vergleich zu SO₂ betrachtet. Ein hoher Wert bedeutet eine hohe Versauerungswirkung.²⁷⁵ Die Dämmung wird hierbei nicht betrachtet.</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Hochlochziegel</p> <p>0,0005 kg SO₂ eg. ²⁷⁶</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p>	<p>Holzspan-Mantelsteine ohne Kernbeton und Dämmeinlage:</p> <p>0,0006 kg/SO₂ eq.</p> <p>Füllbeton: 0,0002 kg SO₂ eq. ²⁷⁷</p>

275 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ökobilanz Grundlagen
 276 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.1
 277 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.1

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	Brettsperrholz 0,0023 kgSO₂eq.²⁷⁸
--	--

I2 Versauerungspotential (AP)

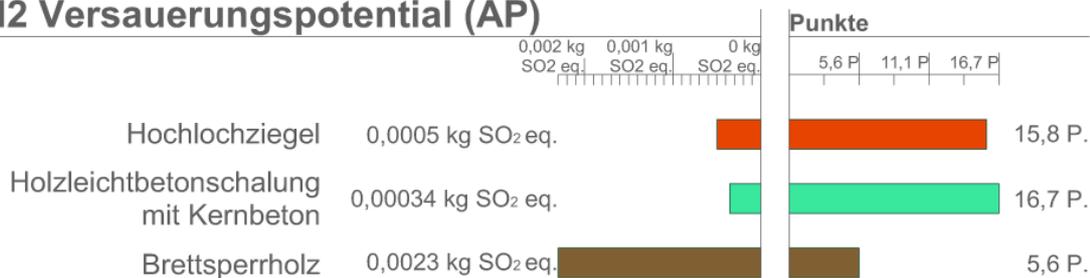


Abbildung 139: I2 Versauerungspotential

Der **Hochlochziegel** erreicht ein Versauerungspotential von **0,0005 kg SO₂ eq.** und erzielt somit 15,8 Punkte²⁷⁹.

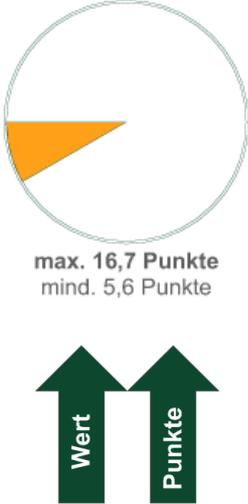
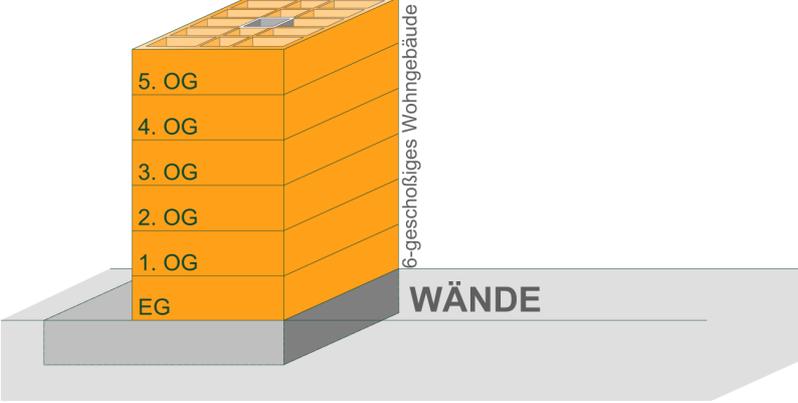
Das Versauerungspotential von **Holzspan-Mantelsteinen** liegt bei 0,0006 kg SO₂ eq. während es bei **Füllbeton** 0,0002 kg SO₂ eq. beträgt. Auch hier fallen 65 % auf den Füllbeton und 35 % auf die Holzspanschalung. Das mittlere Säurebildungspotential beträgt **0,00034 kg SO₂ eq.**²⁸⁰ und in Kombination erhält dieses System 16,7 Punkte.

Beim **Brettsperrholz** liegt das Versauerungspotential bei **0,0023 kg SO₂ eq.** Dies ist der höchste Wert, daher werden 5,6 Punkte vergeben.

278 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Holzbaustoffe, S.1

279 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen 0,0023 und 0,00034 kg SO₂ eq., ergibt 0,00196 kg SO₂ eq. Unterschied; 0,0005 CO₂ eq. Ist 0,0018 kg SO₂ eq. Von 0,0023 kg SO₂ eq. entfernt somit = 5,6 Punkte + (11,1 Punkte Unterschied x 0,0018 kg SO₂ eq. Entfernung / 0,00196 kg SO₂ eq. Unterschied)

280 $0,0006 \times 35 \% = 0,00021$ kg SO₂ eq. PLUS $0,0002 \times 65 \% = 0,00013$ kg SO₂ eq. = 0,00034 kg CO₂ eq.

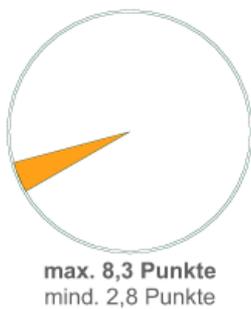
 <p>max. 16,7 Punkte mind. 5,6 Punkte</p>	<h3>Primärenergieinhalt</h3> <p>Außen- und Innenwände: PE ne, PE e, Einheit: MJ</p> <p>Betrachtet man den Primärenergieinhalt, beinhaltet der PE ,ne', die Energie, die aus nicht erneuerbaren Ressourcen wie Erdgas, Erdöl, Braunkohle, Steinkohle und Uran kommt während der PE ,e' die Energie aus erneuerbaren Ressourcen wie Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Solarenergie inkludiert.²⁸¹</p> 
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Hochlochziegel mit Mauermörtel</p> <p>Nicht erneuerbar 599 MJ</p> <p>erneuerbar 12 MJ</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Stahlbeton mit 2% Stahlanteil</p> <p>Nicht erneuerbar 650 MJ</p> <p>erneuerbar 83 MJ</p>

281 vgl. Mötzl, Sutter 2015

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Brettsper Holz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH	Mit Gipskarton beplanter Holzständerwand Nicht erneuerbar: 182 MJ Erneuerbar: 179 MJ²⁸²
--	--

Nicht erneuerbarer Primärenergieinhalt



I3 Primärenergieinhalt

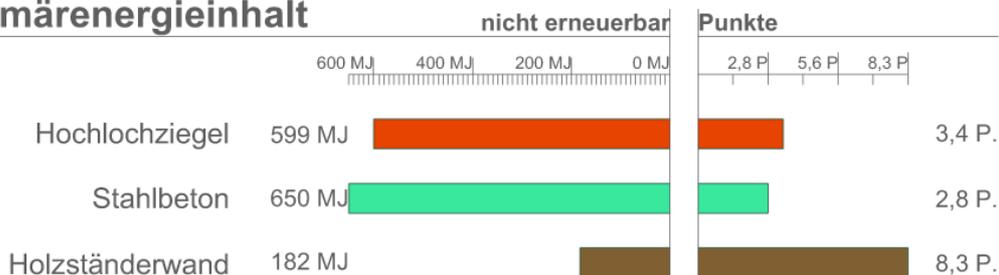


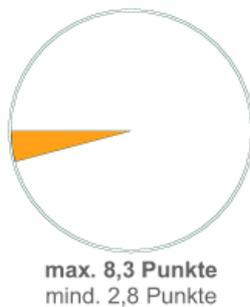
Abbildung 140: I3 Primärenergieinhalt: nicht erneuerbar

Der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt beträgt beim **Hochlochziegel 599 MJ**. Somit ist ein großer Teil nicht erneuerbar. Dies bringt dem Hochlochziegel lediglich 3,4 Punkte²⁸³ ein. Beim **Stahlbeton** (2,8 Punkte) ist der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt mit **650 MJ** sehr hoch. Für das **Brettsper Holz** dient hier zum Vergleich und zur Annäherung eine mit Gipskarton beplante Holzständerwand, welche nur **182 MJ** nicht erneuerbare Primärenergieinhalte produziert (8,3 Punkte).

282 vgl. Hegger u.a. 2007; 264-265

283 $8,3 - 2,8 = 5,5$ Punkte zwischen 650 und 182 MJ ergibt 468 MJ Unterschied
 599 MJ ist 51 MJ von 650 entfernt
 somit = 2,8 Punkte + (5,5 Punkte Unterschied x 51 MJ Entfernung / 468 MJ Unterschied)

Erneuerbarer Primärenergieinhalt



I3 Primärenergieinhalt

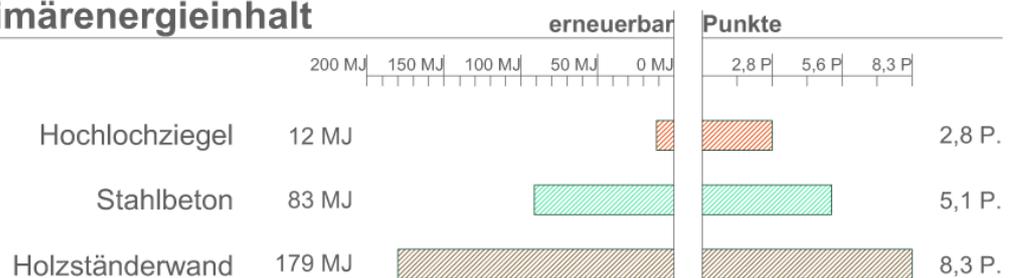


Abbildung 141: I3 Primärenergieinhalt: erneuerbar

Der erneuerbare Anteil des Primärenergieinhaltes beträgt beim **Hochlochziegel 12 MJ**. (2,8 Punkte).

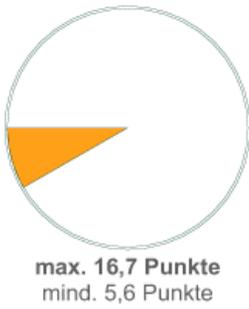
Der **Stahlbeton** besitzt einen höheren erneuerbaren Primärenergieinhalt als der Hochlochziegel mit **83 MJ**. Somit liegt dieses Bausystem im Mittelfeld mit 5,1 Punkten²⁸⁴.

Die **beplankte Holzständerwand** erzielt den höchsten Wert bei den erneuerbaren Primärenergieinhalt mit **179 MJ** und erhält somit 8,3 Punkte.

284 $8,3 - 2,8 = 5,5$ Punkte zwischen 179 und 12 MJ ergibt 167 MJ Unterschied
83 MJ ist 71 MJ von 12 entfernt
somit = 2,8 Punkte + (5,5 Punkte Unterschied x 71 MJ Entfernung / 167 MJ Unterschied)

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Punkte



I3 Primärenergieinhalt

Punkte

■ nicht erneuerbar ▨ erneuerbar

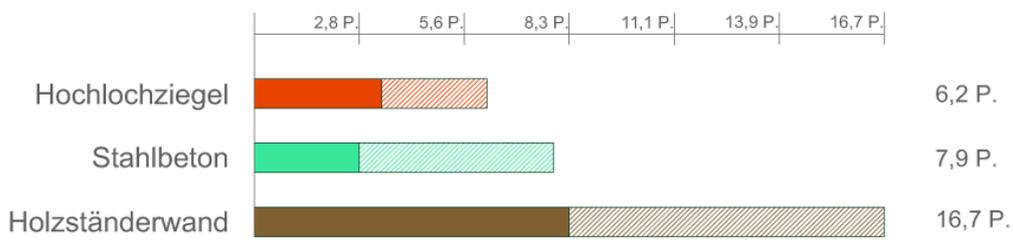
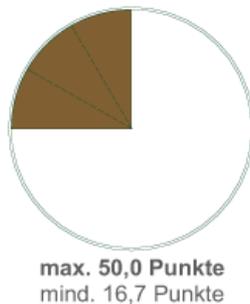


Abbildung 142: I3 Primärenergieinhalt: Punkte

A3. Aufwand und Chancen



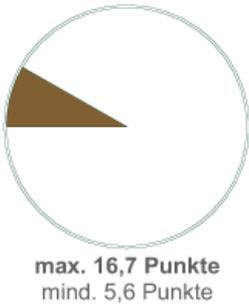
Der Aspekt 3: Aufwand und Chancen teilt sich in drei Instrumente. Die Kosten der einzelnen Bausysteme bildet das erste Instrument. Das Instrument 2 beinhaltet die Herstellung und die Baustellenaufwendungen. Hierbei werden vor allem die Punkte der Handlichkeit der einzelnen Elemente, die Demontagemöglichkeit und die Baustellendauer auch in Bezug auf die Witterung behandelt. Die Bausysteme werden beim dritten Instrument Planung und Vermietung auf die Bauteilstärke, auf die Komplexität der Planung und auf die Flexibilität überprüft.

Insgesamt können max. 50 Punkte bzw. mind. 16,7 Punkte erreicht werden. Für die Instrumente ist eine Maximalpunktzahl von je 16,7 Punkten zu erzielen. Die Mindestpunkte für ein Bausystem belaufen sich hierbei auf 5,6 Punkte. Holzleichtbeton kann beim Aspekt 3: Aufwand und Chancen die Bausysteme nicht vordergründlich unterstützen, somit ist eine gute Performance der Systeme wichtig. Je höher bzw. besser der Wert der einzelnen Bausysteme ist, desto mehr Punkte werden vergeben.



Abbildung 143: Beziehung zwischen Wert und Punkte

I1. Kosten



Die Kosten für die Nutzungsphase eines Gebäudes hängen sehr stark von der Wahl des Heizungssystems bzw. Brennstoffs ab und weniger vom Bausystem. Somit sind für die Bewertung eines Bausystems vor allem die Errichtungskosten und die Dauerhaftigkeit von Bedeutung. Natürlich spielt auch die Möglichkeit der Wiederverwertung und Trennung / der leichten Demontage von Bausystemen am Ende eines Lebenszyklus eine bedeutende Rolle.²⁸⁵ Um dennoch eine Einteilung der Bausysteme zu schaffen, werden deren Stoffkosten betrachtet.

max. 16,7 Punkte
mind. 5,6 Punkte

↑ Wert
↑ Punkte

I1 Kosten

Stoffkosten – Listenpreise

Betrachtet werden die Listenpreise der Bausysteme für alle Wände, d.h. die Außen- und die Innenwände.

6-geschoßiges Wohngebäude

WÄNDE

285 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ergebnisse Ökologie

Hochlochziegel

5.OG bis 3.OG
Porotherm 17-50 Plan

2.OG bis EG
Porotherm 30 Plan

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH

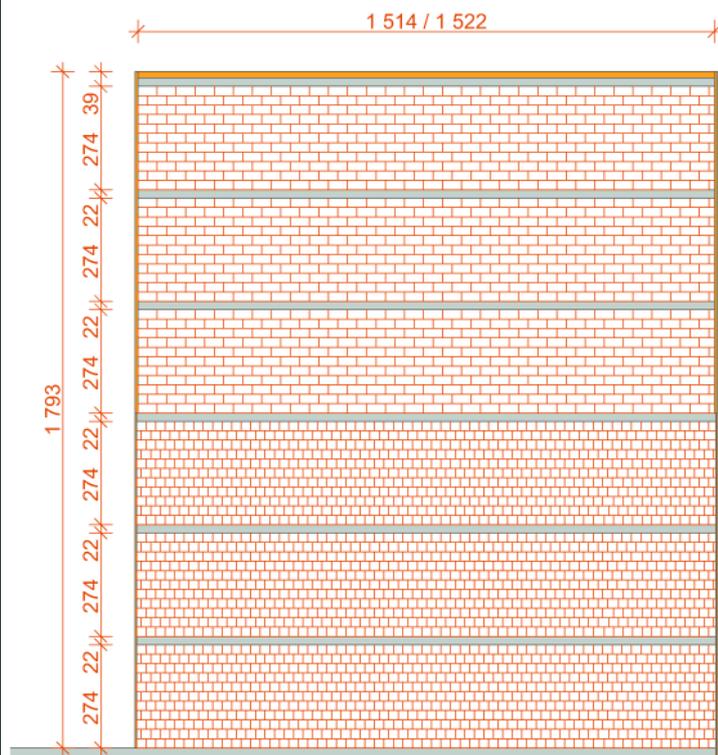
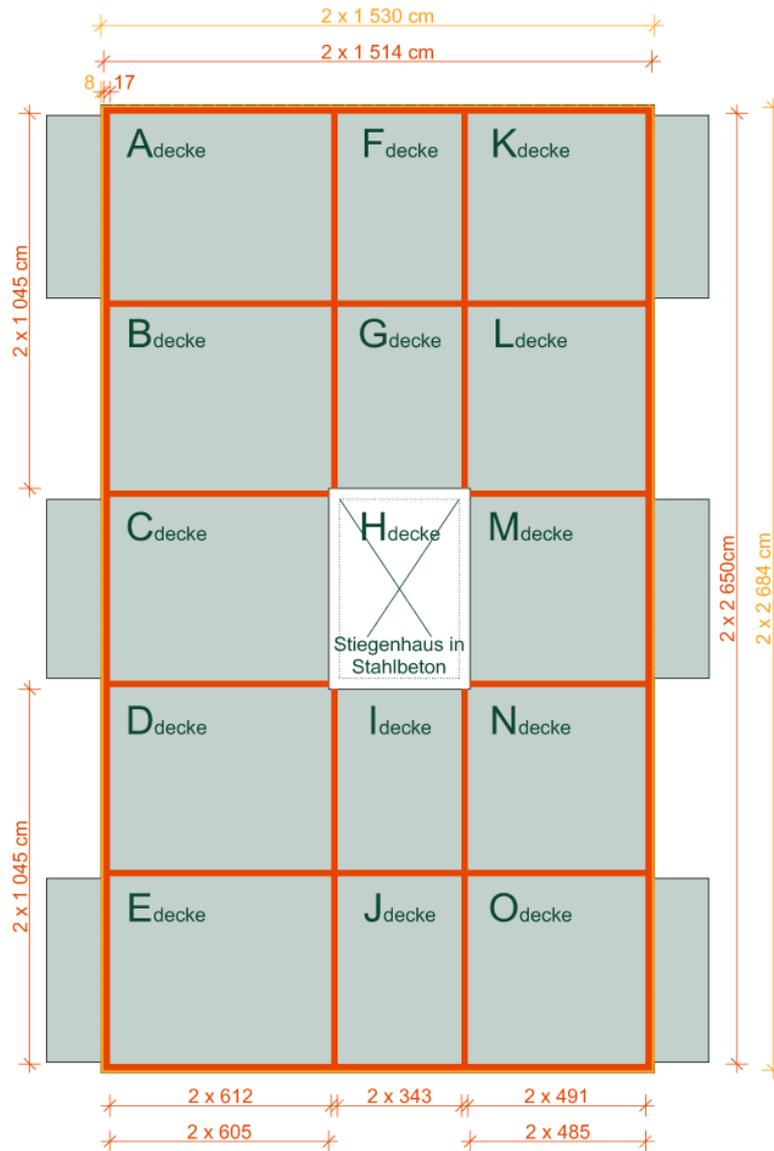


Abbildung 144: Ansicht Querseite

Porotherm 17-50 Plan = 63.829 €

für die oberen drei Geschoße, 50 x 17 x 24,9 cm [BxTxH]



Außenwände

$2 \times 15,14 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 82,97 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{248,90 \text{ m}^2}$

$2 \times 26,50 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 145,22 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{435,66 \text{ m}^2}$

Innenwände

$4 \times 10,45 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 114,53 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{343,60 \text{ m}^2}$

$2 \times 6,12 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 33,54 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{100,61 \text{ m}^2}$

$2 \times 6,05 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 33,15 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{99,46 \text{ m}^2}$

$2 \times 3,43 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 18,80 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{56,39 \text{ m}^2}$

$2 \times 4,91 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 26,91 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{80,72 \text{ m}^2}$

$2 \times 4,85 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 26,58 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{79,73 \text{ m}^2}$

Außen- und Innenwände gesamt: 1.445,07 m²

41,82 €/m² ²⁸⁶ ergibt ca. **60.433 €**

Dünnbettmörtel:

25 kg/Sack, ca. 21 Liter Nassmörtel/Sack

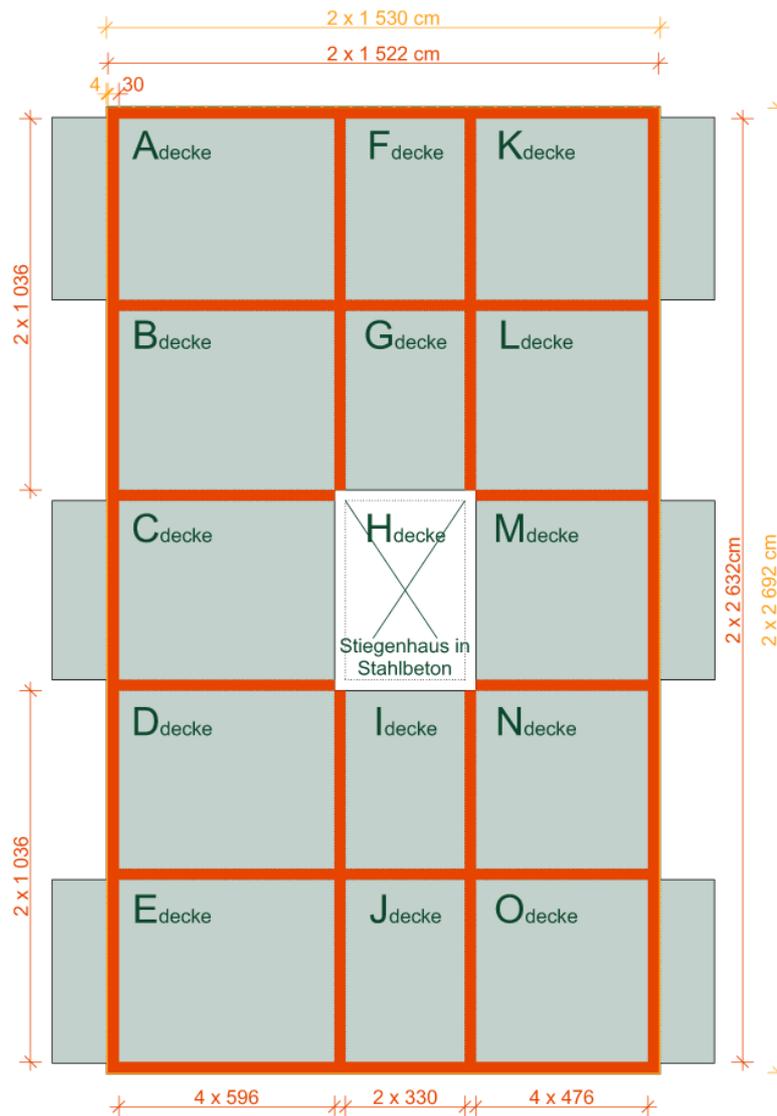
1.445,07 m² x 2 Liter/m² ²⁸⁷ = ca. 2.890 Liter / 21 Liter =

138 Säcke x 24,61 €/Sack²⁸⁸ = **3.396 €**

- 286 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.15
287 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt, S. 1
288 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.25

Porotherm 30 Plan = 95.782 €

für die unteren drei Geschoße, 25 x 30 x 24,9 cm [BxTxH]



Außenwände

$2 \times 15,22 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 83,41 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{250,22 \text{ m}^2}$

$2 \times 26,32 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 144,23 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{432,70 \text{ m}^2}$

Innenwände

$4 \times 10,36 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 113,55 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{340,64 \text{ m}^2}$

$4 \times 5,96 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 65,32 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{195,96 \text{ m}^2}$

$2 \times 3,30 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 18,08 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{54,25 \text{ m}^2}$

$4 \times 4,76 \text{ m} \times 2,74 \text{ m} = 52,17 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Geschoße} = \underline{156,51 \text{ m}^2}$

Außen- und Innenwände gesamt: 1.430,28 m²

63,44 €/m² ²⁸⁹ ergibt ca. **90.737 €**

Dünnbettmörtel:

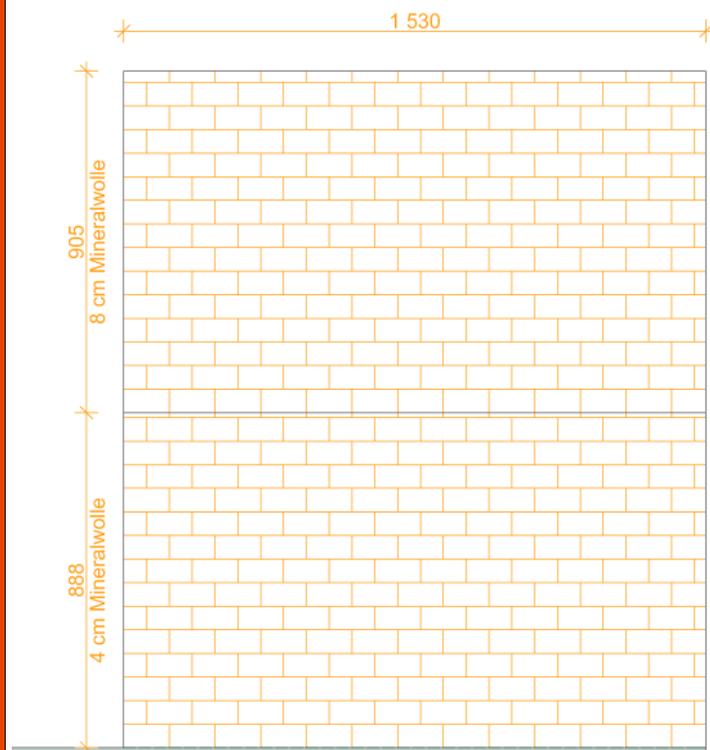
25 kg/Sack, ca. 21 Liter Nassmörtel/Sack

1.430,28 m² x 3 Liter/m² ²⁹⁰ = ca. 4.291 Liter / 21 Liter =

205 Säcke x 24,61 €/Sack²⁹¹ = ca. **5.045 €**

Mineralwolledämmung = 8.039 €

ULTIMATE Kerndämmplatte 035, Firma Isover Austria GmbH



Porotherm 17-50 Plan (8 cm Mineralwollendämmung)

2 x 15,30 x 9,05 m = 276,93 m²

2 x 26,84 m x 9,05 m = 485,80 m²

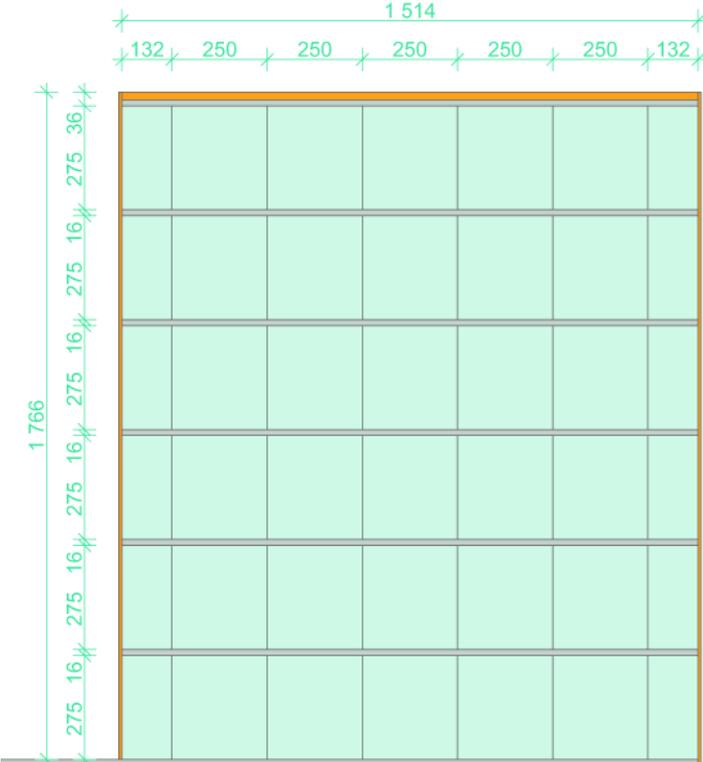
762,73 m² / 0,75 m²/Stk. (120 x 62,5 cm, LxB) = ca. 1.018 Stk.

762,73 m² x 7,10 €/m² = ergibt ca. **5.415 €**

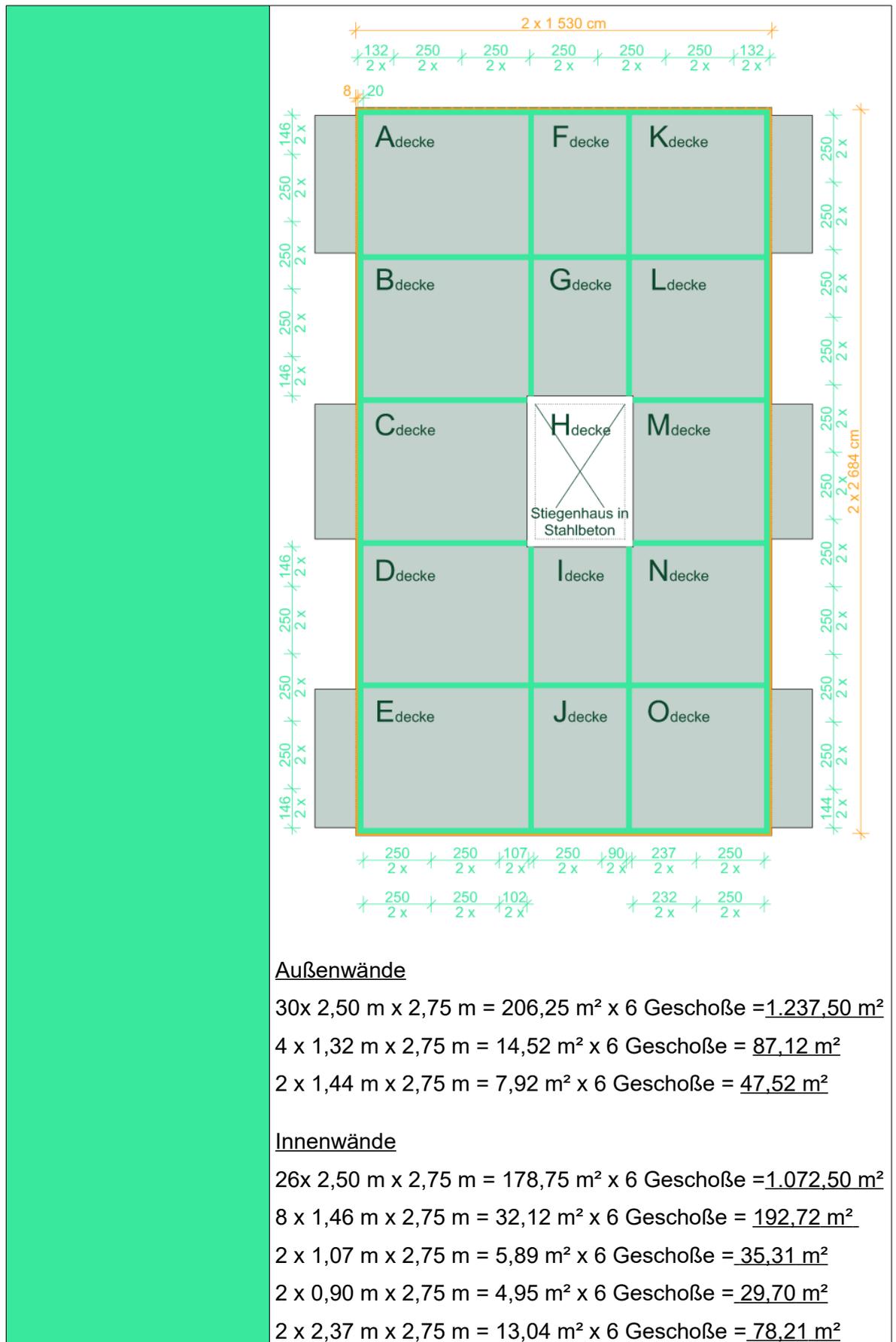
289 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.13
290 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan. Datenblatt, S. 1

291 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.25

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	<p><u>Porotherm 30 Plan (4 cm Mineralwollgedämmung)</u> $2 \times 15,30 \times 8,88 \text{ m} = \underline{271,73 \text{ m}^2}$ $2 \times 26,92 \text{ m} \times 8,88 \text{ m} = \underline{478,10 \text{ m}^2}$ $749,83 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk. (120 x 62,5 cm, LxB)} = \text{ca. } 1.000 \text{ Stk}$ $749,83 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ €/m}^2 \text{ }^{292} = \text{ergibt ca. } \underline{2.624 \text{ €}}$</p> <p>gesamt ca. <u>167.650 €</u> (63.829 € Porotherm 17-50 Plan + 95.782 € Porotherm 30 Plan + 8.039 € Mineralwollgedämmung)</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>N20 End-/Riegelstein = <u>136.473 €</u> für sechs Geschoße</p>  <p>The drawing shows a brick wall section with a total width of 1514 mm and a total height of 1766 mm. The width is divided into six 250 mm segments with 132 mm on each end. The height is divided into six 275 mm brick courses with 16 mm mortar joints between them.</p>

292 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45



3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

$2 \times 2,32 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 12,76 \text{ m}^2 \times 6 \text{ Geschoße} = \underline{76,56 \text{ m}^2}$

$2 \times 1,00 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 5,50 \text{ m}^2 \times 6 \text{ Geschoße} = \underline{33,00 \text{ m}^2}$

Außen- und Innenwände gesamt: 2.890,14 m²

35,00 €/m² ²⁹³ ergibt ca. **101.155 €**

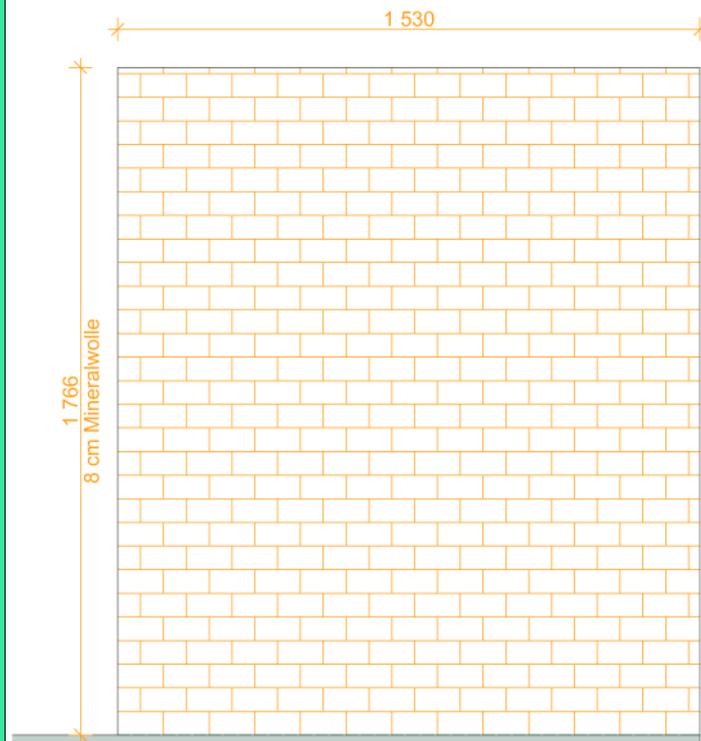
Füllbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 13 cm Betonkernstärke)

$2.890,14 \text{ m}^2 \times 0,13 \text{ m} = \underline{375,72 \text{ m}^3}$

94 €/m³ ²⁹⁴ ergibt ca. **35.318 €**

Mineralwolle, 8 cm = 10.568 €

für 6 Geschoße (ULTIMATE Kerndämmplatte 035, Isover Austria GmbH)



293 Berücksichtigung der Tür- und Fensterauslässe

vgl. Schilcher 2016, E-Mail: Produktinformation zu N20 End-/Riegelstein

294 Eigenschaften lt. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie für die Wand: B2, C25/30, F45

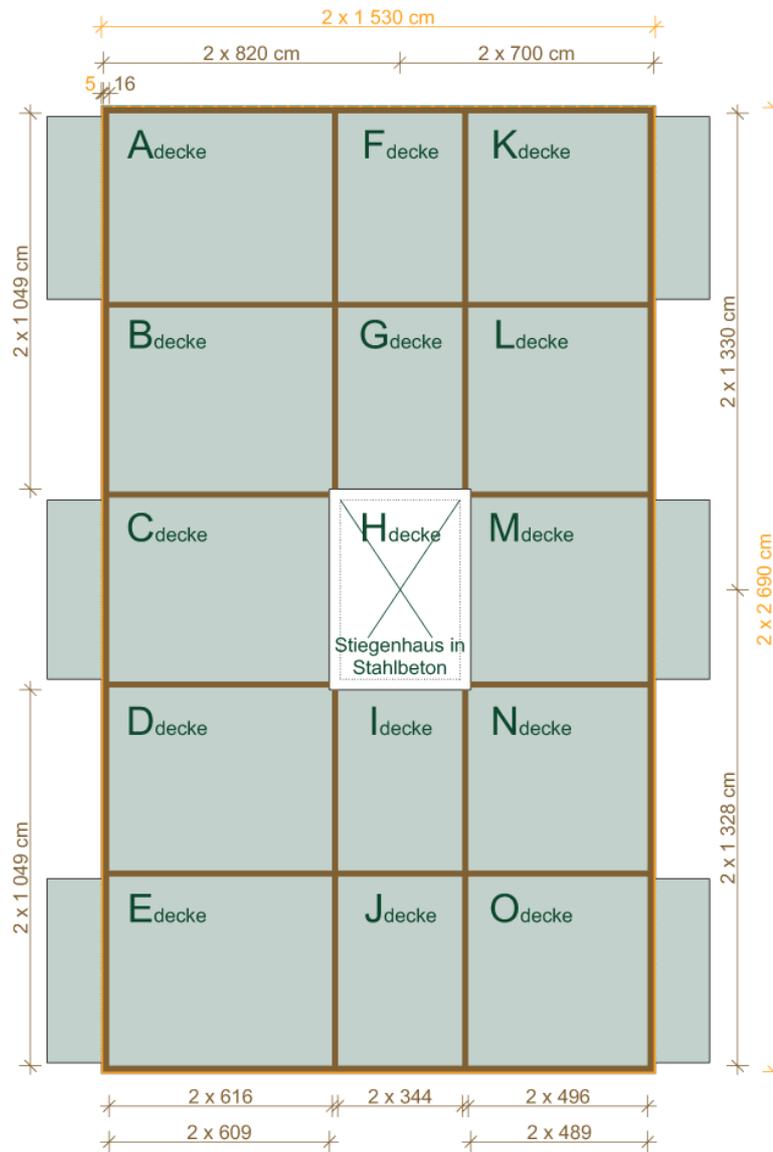
vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2017, Beton & Estrich, Preislisten & Folder, Preisliste 2017 - Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland, S.4

	<p> $2 \times 15,30 \times 17,66 \text{ m} = \underline{540,40 \text{ m}^2}$ $2 \times 26,84 \text{ m} \times 17,66 \text{ m} = \underline{947,99 \text{ m}^2}$ $1.488,39 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk. (120 x 62,5 cm, LxB)} = \text{ca. } 1.985$ Stk $1.488,39 \text{ m}^2 \times 7,10 \text{ €/m}^2 \text{ }^{295} = \text{ergibt ca. } \mathbf{10.568 \text{ €}}$ </p> <p>gesamt ca. 147.041 € (136.473 € N20 + 10.568 € Mineralwollgedämmung)</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>5. OG – 4. OG CLT 160 L5s</p> <p>3. OG bis EG CLT 180 L7s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p> $1\ 520 / 1\ 522$ $820 / 822$ 700 $1\ 758$ 275 16 </p>

295 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

CLT 160 L5s = 80.132 €

für die oberen zwei Geschoße



Außenwände

$2 \times 8,20 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 45,10 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{90,20 \text{ m}^2}$

$2 \times 7,00 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 38,50 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{77,00 \text{ m}^2}$

$2 \times 13,30 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 73,15 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{146,30 \text{ m}^2}$

$2 \times 13,28 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 73,04 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{146,08 \text{ m}^2}$

Innenwände

$4 \times 10,49 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 115,39 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{230,78 \text{ m}^2}$

$2 \times 6,16 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 33,88 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{67,76 \text{ m}^2}$

$2 \times 6,09 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 33,50 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{66,99 \text{ m}^2}$

$2 \times 3,44 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 18,92 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{37,84 \text{ m}^2}$

$2 \times 4,96 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 27,28 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{54,56 \text{ m}^2}$

$2 \times 4,89 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 26,90 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Geschoße} = \underline{53,79 \text{ m}^2}$

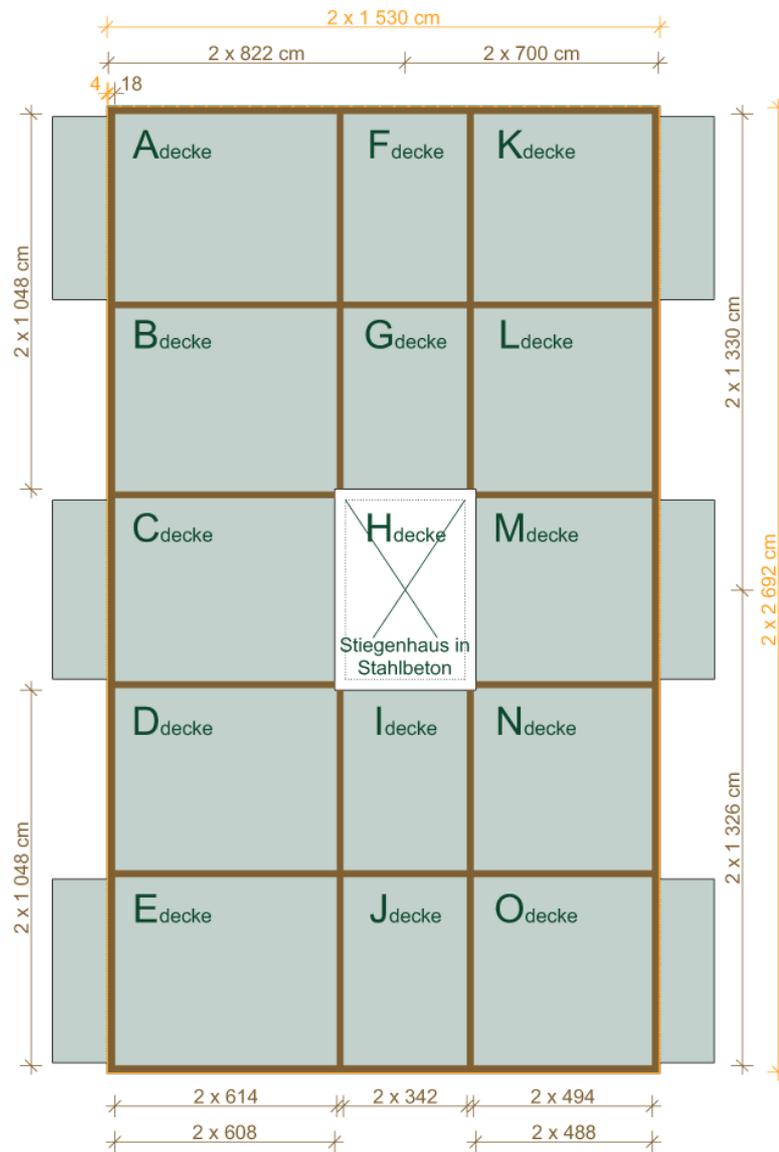
Außen- und Innenwände gesamt: 971,30 m²

82,50 €/m² ²⁹⁶ ergibt ca. **80.132 €**

296 74,5 €/m² + 8 €/m² für den Abbund der Wand (Sonderabbundleistungen wie Fräsungen für Elektroleitungen, etc. sind nicht inkludiert)
vgl. Rudolf 2017, E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm, CLT 160mm und CLT 180 mm

CLT 180 L7s = 175.606 €

für die unteren vier Geschoße



Außenwände

$2 \times 8,22\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 45,21\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{180,84\text{ m}^2}$

$2 \times 7,00\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 38,50\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{154,00\text{ m}^2}$

$2 \times 13,30\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 73,15\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{292,60\text{ m}^2}$

$2 \times 13,26\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 72,93\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{291,72\text{ m}^2}$

Innenwände

$4 \times 10,48\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 115,28\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{461,12\text{ m}^2}$

$2 \times 6,14\text{ m} \times 2,75\text{ m} = 33,77\text{ m}^2 \times 4\text{ Geschoße} = \underline{135,08\text{ m}^2}$

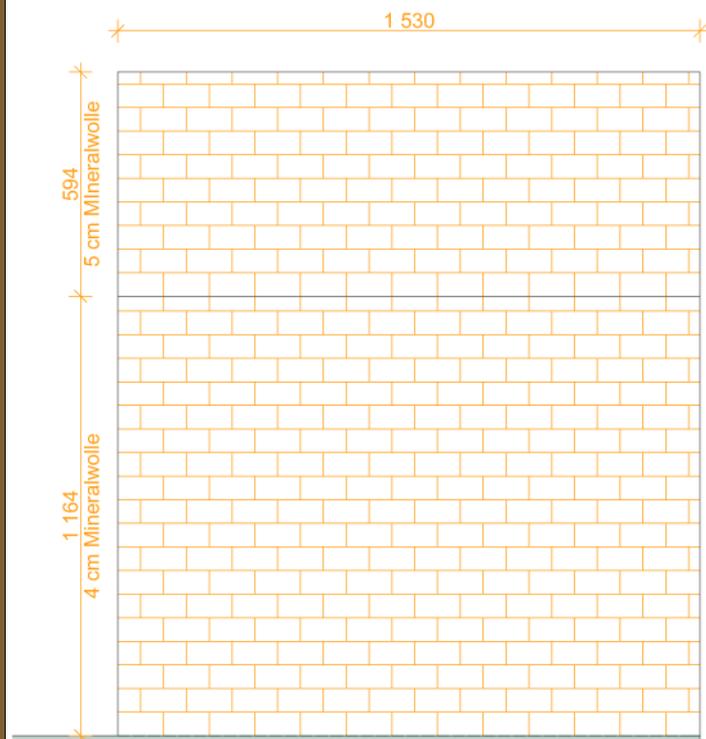
$2 \times 6,08 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 33,44 \text{ m}^2 \times 4 \text{ Geschoße} = \underline{133,76 \text{ m}^2}$
 $2 \times 3,42 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 18,81 \text{ m}^2 \times 4 \text{ Geschoße} = \underline{75,24 \text{ m}^2}$
 $2 \times 4,94 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 27,17 \text{ m}^2 \times 4 \text{ Geschoße} = \underline{108,68 \text{ m}^2}$
 $2 \times 4,88 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} = 26,84 \text{ m}^2 \times 4 \text{ Geschoße} = \underline{107,36 \text{ m}^2}$

Außen- und Innenwände gesamt: 1.940,40 m²

90,50 €/m² ²⁹⁷ ergibt ca. **175.606 €**

Mineralwolledämmung = 5.596 €

für 6 Geschoße (ULTIMATE Kerndämmplatte 035, Isover Austria GmbH)



Mineralwolle (5 cm)

$2 \times 15,30 \times 5,94 \text{ m} = \underline{181,76 \text{ m}^2}$

$2 \times 26,90 \times 5,94 \text{ m} = \underline{319,57 \text{ m}^2}$

501,33 m²/ 0,75 m²/Stk. (200 x 62,5 cm, LxB) = ca. 669 Stk.

297 82,5 €/m² + 8 €/m² für den Abbund der Wand (Sonderabbundleistungen wie Fräsungen für Elektroleitungen, etc. sind nicht inkludiert)
vgl. Rudolf 2017, E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm, CLT 160mm und CLT 180 mm

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	$501,33 \text{ m}^2 \times 4,30 \text{ €/m}^2 = \text{ergibt ca. } \mathbf{2.156 \text{ €}}$
	<u>Mineralwolle (4 cm)</u>
	$2 \times 15,30 \times 11,64 \text{ m} = \mathbf{356,18 \text{ m}^2}$
	$2 \times 26,92 \text{ m} \times 11,64 \text{ m} = \mathbf{626,70 \text{ m}^2}$
	$982,88 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk. (200 x 62,5 cm, LxB)} = \text{ca. } \mathbf{1.311 \text{ Stk.}}$
	$982,88 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ €/m}^2 \text{ }^{298} = \text{ergibt ca. } \mathbf{3.440 \text{ €}}$
	gesamt ca. 261.334 €
	(80.132 € CLT160mm + 175.606 € CLT 180mm + 5.596 € Mineralwollendämmung)

Stoffkosten

I1 Kosten

Stoffkosten - Listenpreise

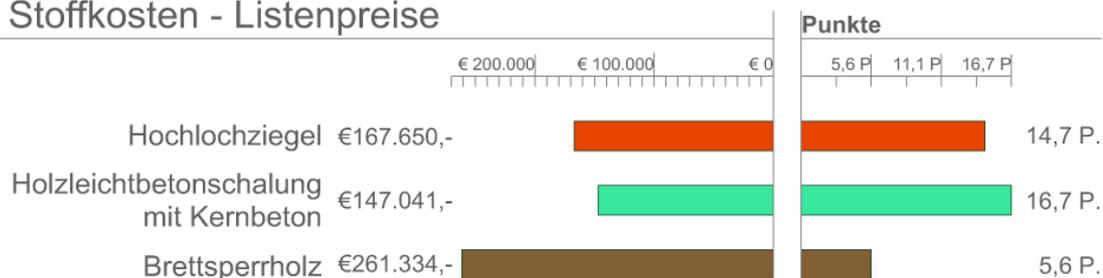


Abbildung 145: I1 Kosten: Stoffkosten

Die **Hochlochziegel**-Wand liegt im günstigeren Bereich mit **167.650 €** und 14,7 Punkten ²⁹⁹.

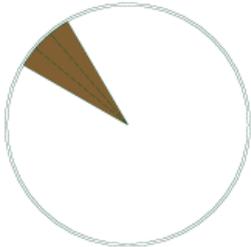
Als günstigste Variante gehen die Fertigwandelemente aus **Holzleichtbeton mit Füllbeton** heraus. Sie erzielen mit **147.041 €** 16,7 Punkte.

298 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

299 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen 261.334 € und 147.041 € ergibt 114.538 € Unterschied
 $167.650 \text{ € ist } 93.684 \text{ € von } 261.334 \text{ € entfernt}$
somit = 5,6 Punkte + (11,1 Punkte Unterschied x 93.684 € Entfernung /114.538 € Unterschied)

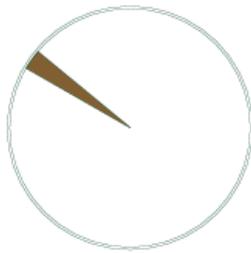
Bei einer **Brettsperrholz**-Wand als Wandsystem muss mit **261.334 €** Stoffkosten exkl. Umsatzsteuer gerechnet werden. Dieses Bausystem ist somit das teuerste und erzielt 5,6 Punkte.

12. Herstellung und Baustelle



max. 16,7 Punkte
mind. 5,6 Punkte

Die Bewertung des Herstellungs- und Baustellenaufwands erfolgt durch folgende Instrumente. Einerseits ist es wichtig, herauszufinden, ob das Bausystem witterungsabhängig ist oder sich nicht durch das Wetter beeinflussen lässt. Andererseits ist eine handliche Größe der Elemente zu bevorzugen, was wiederum von einer maschinenbezogenen Herstellung im Werk oder der personenbezogenen Herstellung der Wand vor Ort abhängig ist. Vom Aufwand her, geht eine Herstellung im Werk schneller, ist weniger fehleranfälliger und nur bei der Anbringung vor Ort von der Witterung abhängig. Somit kann die ungefähre Dauer des Herstellungs- bzw. Baustellenaufwandes eruiert werden. Einen zusätzlichen wichtigen Punkt stellt die Möglichkeit der Demontage dar.



max. 5,6 Punkte
mind. 1,9 Punkte

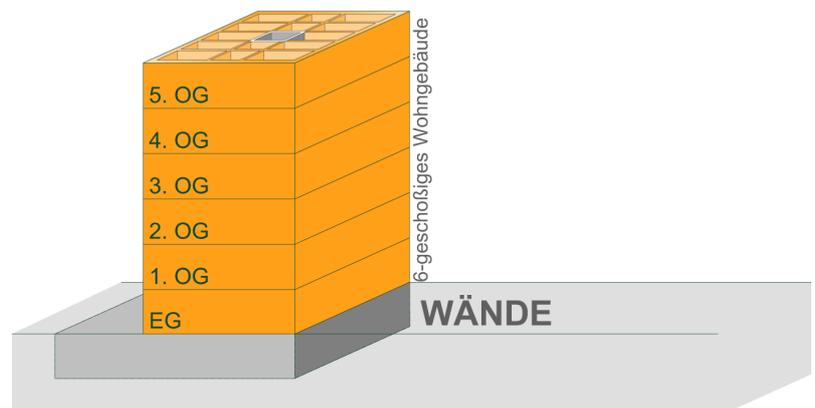


I2 Herstellung und Baustelle

Sperrigkeit der Elemente

Einen Überblick über die Sperrigkeit bietet in dieser Arbeit einerseits das Gewicht des schwersten Elementes und andererseits die max. Länge der längsten Seite eines Elementes. Betrachtet werden sowohl die Außen- als auch die Innenwände zur Erfassung des sperrigsten Elementes.

Der Transport erfolgt mit einem LKW-Eurosattelzug mit einer Länge von 13,62 m, einer Breite von ca. 2,50 m, einer Höhe von ca. 2,60 m und einer Kapazität von ca. 24 Tonnen.³⁰⁰



300 vgl. Johann Weiss GmbH 2016, Dienstleistungen, Cargo, Abmessungen

Hochlochziegel

5.OG bis 3.OG
Porotherm 17-50 Plan

2.OG bis EG
Porotherm 30 Plan

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH

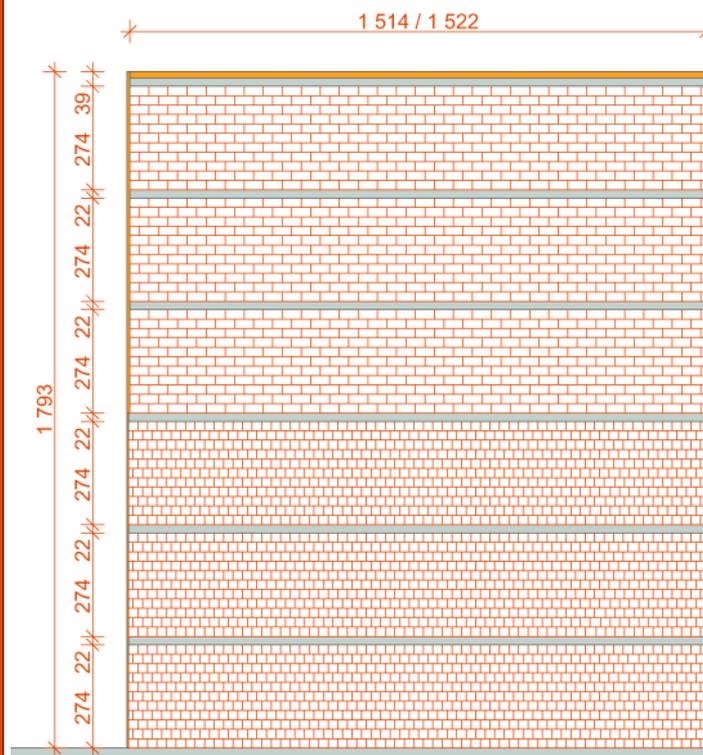
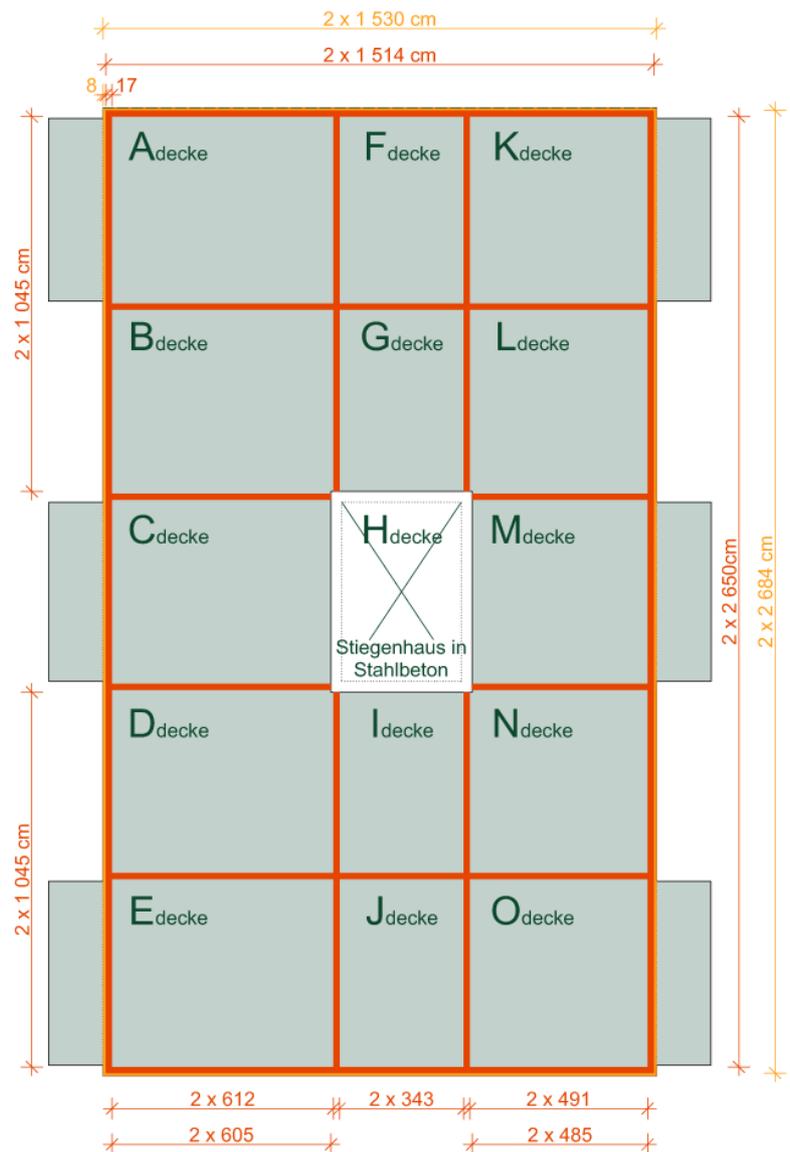


Abbildung 146: Ansicht Querseite

Porotherm 17-50 Plan

für die oberen drei Geschoße, 50 x 17 x 24,9 cm [BxTxH]

Außen- und Innenwände: 1.445,07 m² (siehe Kosten)

$$1.445,07 \text{ m}^2 \times 8 \text{ Stk/m}^2 =$$

$$11.561 \text{ Stk} \times 50 \text{ cm} \times 24,9 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} [\text{LxHxT}]$$

$$18,3 \text{ kg/Stück}$$

Dünnbettmörtel:

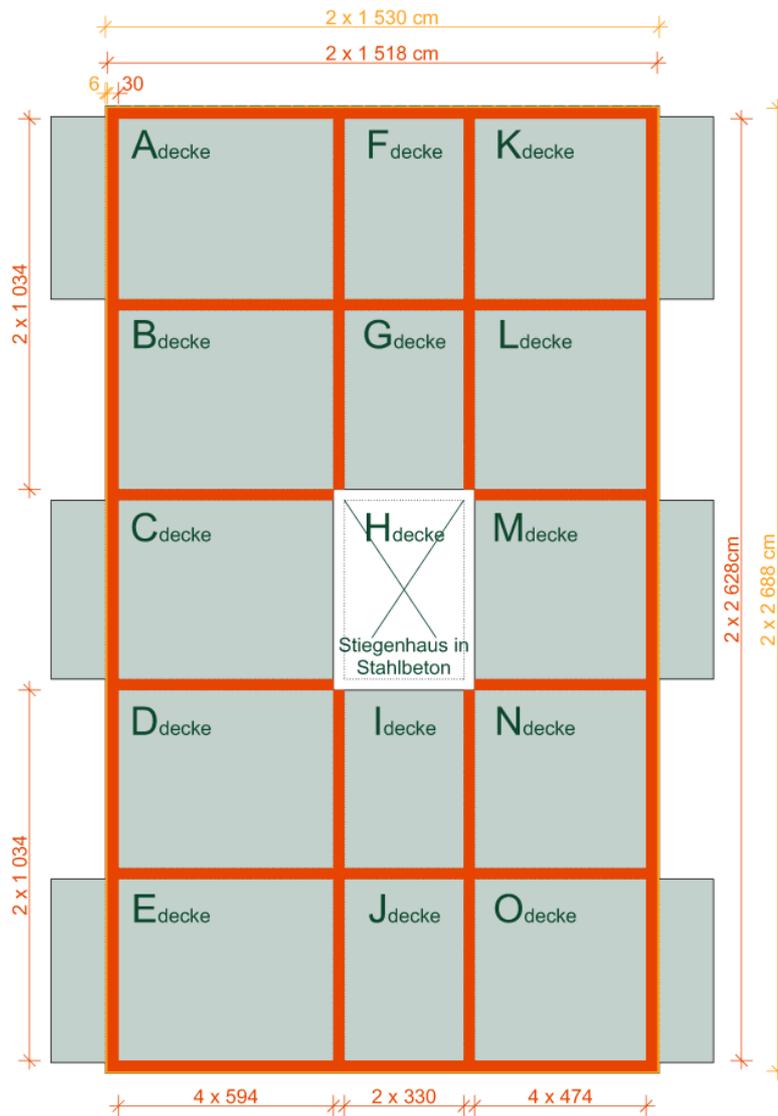
25 kg/Sack, ca. 21 Liter Nassmörtel/Sack

$$1.445,07 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Liter/m}^2 = \text{ca. } 2.890 \text{ Liter} / 21 \text{ Liter} =$$

$$138 \text{ Säcke} \times \mathbf{25 \text{ kg/Sack}}^{301}$$

Porotherm 30 Plan

für die unteren drei Geschosse, 25 x 30 x 24,9 cm [BxTxH]



Außen- und Innenwände: 1.430,28 m² (siehe Kosten)

$$1.430,28 \text{ m}^2 \times 16 \text{ Stk./m}^2 =$$

$$22.885 \text{ Stk} \times 25 \text{ cm} \times 24,9 \text{ cm} \times 30 \text{ cm [LxHxT]}$$

17 kg/Stück

Dünnbettmörtel:

25 kg/Sack, ca. 21 Liter Nassmörtel/Sack

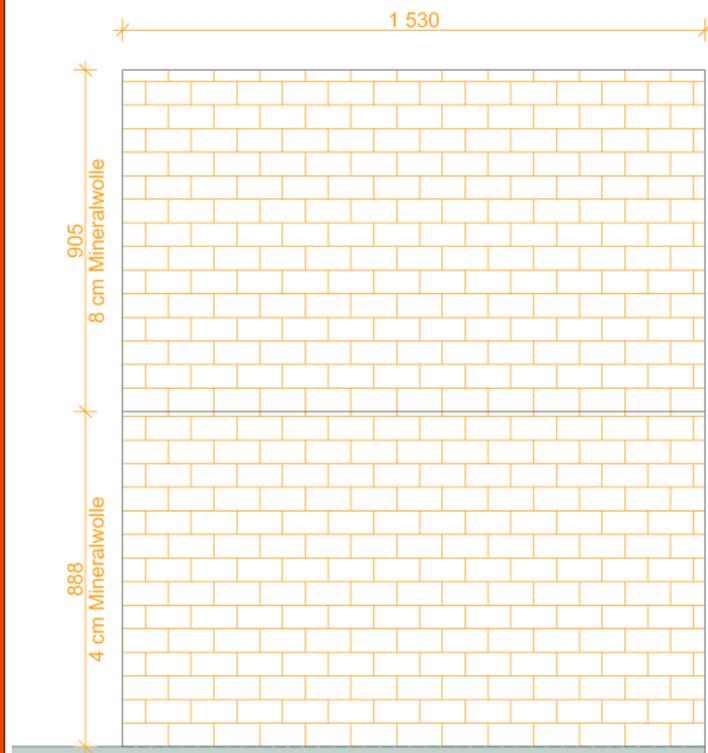
$$1.430,28 \text{ m}^2 \times 3 \text{ Liter/m}^2 = \text{ca. } 4.291 \text{ Liter} / 21 \text{ Liter} =$$

301 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt, S. 1

205 Säcke x **25 kg/Sack**³⁰²

Mineralwolledämmung

ULTIMATE Kerndämmplatte 035; Isover Austria GmbH



Porotherm 17-50 Plan (8 cm Mineralwolle)

$2 \times 15,30 \times 9,05 \text{ m} = 276,93 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 370 \text{ Stk.}$

$2 \times 26,84 \text{ m} \times 9,05 \text{ m} = 485,80 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 648 \text{ Stk.}$

ergibt ca. 1.018 Stk

1.018 Stk x **120 cm x 62,5 cm x 8 cm** [LxBxT]

Porotherm 30 Plan (4 cm Mineralwolle)

$2 \times 15,30 \times 8,88 \text{ m} = 271,73 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk} = 363 \text{ Stk.}$

$2 \times 26,88 \text{ m} \times 8,88 \text{ m} = 477,39 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 637 \text{ Stk.}$

ergibt ca. 1.000 Stk

1.000 Stk x 120 cm x 62,5 cm x 4 cm³⁰³ [LxBxT]

Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung

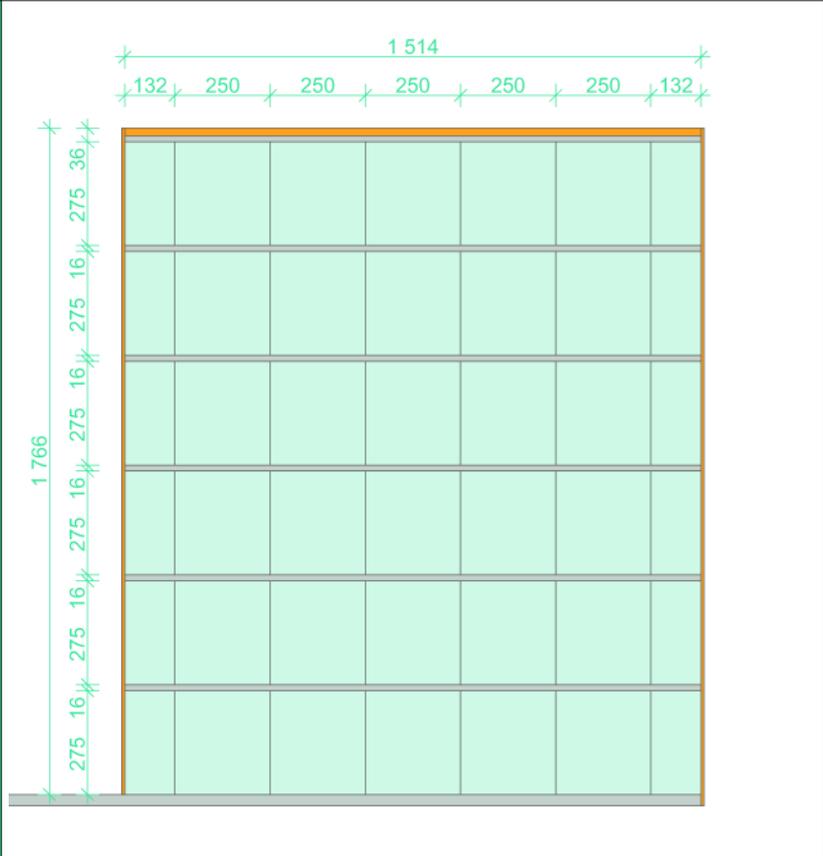
302 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Wandlösungen, Porotherm 30 Plan. Datenblatt, S. 1

303 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden Materialien immer ein geringeres Gewicht aufweist.

Die maximale Länge beträgt **125 cm** (x 62,5 cm x 8 cm)
Das schwerste Element wiegt **25 kg/Sack**.

Holzleichtbeton-
schalung mit Füllbeton
N20 End-/Riegelstein
5. OG bis EG
isospan Baustoffwerk
GmbH



N20 End-/Riegelstein
für sechs Geschoße

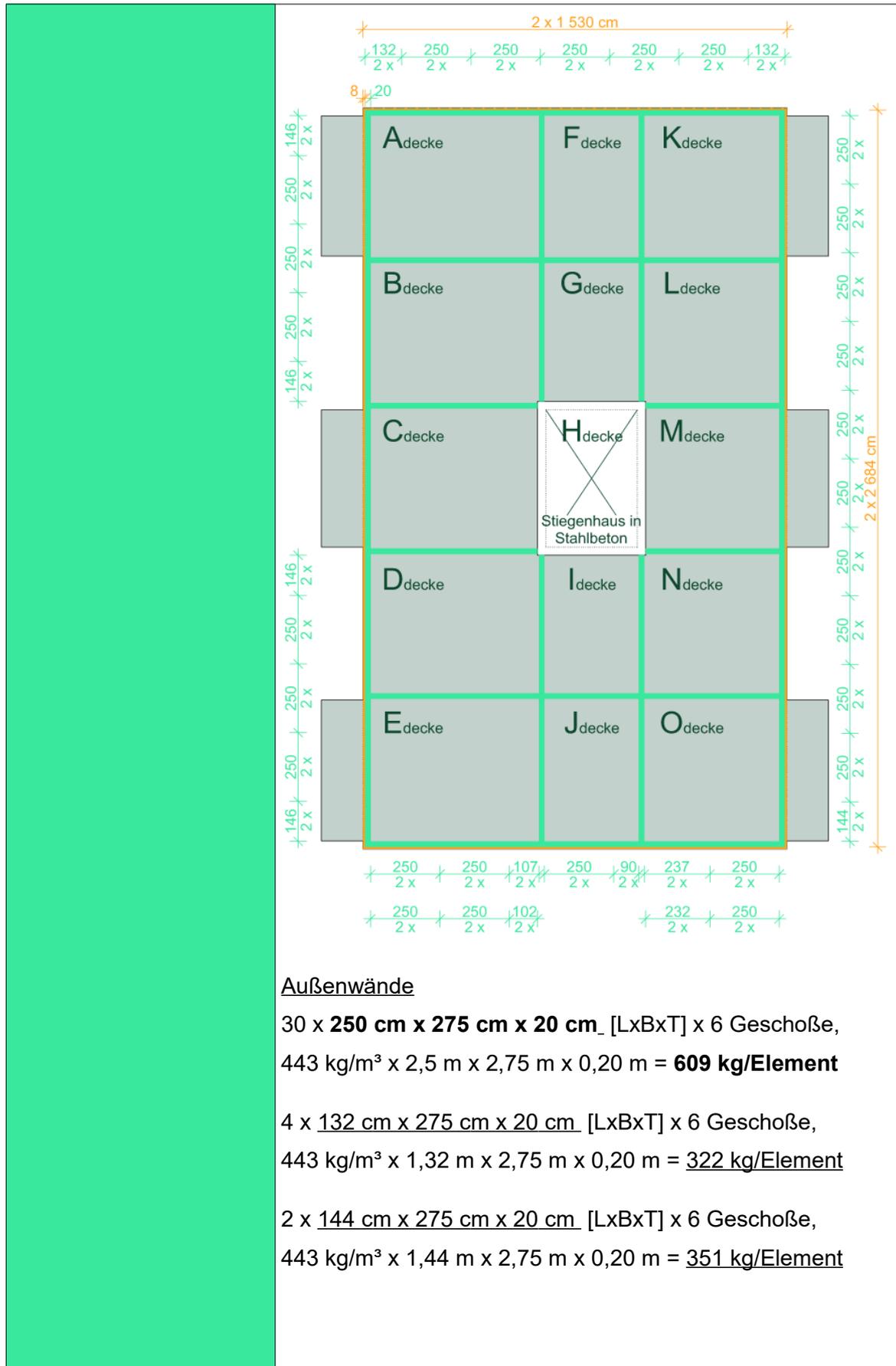
Die Abmessungen eines Steines betragen 125 x 25 x 20 cm [BxHxT]. Da der N20 jedoch bereits als Wandelement geliefert wird, sind die Abmessungen des einzelnen Steines irrelevant.

Die Firma Isospan hat sich in Bezug auf diese Wandelemente auf eine max. Größe von Geschoßhöhe x 2,50 Meter Länge festgelegt, da es dadurch zu höheren Ladekapazitäten kommen soll. Weiters wird das Versetzen auf der Baustelle,

	<p>aufgrund des geringen Gewichtes, bereits mit einem Baustellenkran ohne zusätzlichen Mobilkran möglich.³⁰⁴</p> <p>Da bei der Sperrigkeit das Wandelement beim Einbau zählt, kann der Füllbeton nicht dazugezählt werden.</p> <p>Flächenbezogene Masse N20: ca. 291 kg/m² / 0,20 m Dicke = 1.455 kg/m³ (inkl Füllbeton)</p> <p>Kernbeton 2.000 kg/m³</p> <p>Holzleichtbetonschalung 443 kg/m³ ³⁰⁵</p>
--	--

304 vgl. Schilcher 2016, E-Mail: Produktinformation zu N20 End-/Riegelstein
305 35 % Holzleichtbetonschalung (100 % x 7 cm Dicke / 20 cm Gesamtdicke)
65 % Holzleichtbetonschalung (100 % x 13 cm Dicke / 20 cm Gesamtdicke)
2000 x 65 % = 1.300
(1.455 – 1.300)/35 % = 443 kg/m³

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau



Innenwände

26 x **250 cm x 275 cm x 20 cm** [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 2,50 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{609 \text{ kg/Element}}}$

8 x 146 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 1,46 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{356 \text{ kg/Element}}}$

2 x 107 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 1,07 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{261 \text{ kg/Element}}}$

2 x 90 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 0,90 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{219 \text{ kg/Element}}}$

2 x 237 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 2,37 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{577 \text{ kg/Element}}}$

2 x 232 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 2,32 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{565 \text{ kg/Element}}}$

2 x 100 cm x 275 cm x 20 cm [LxBxT] x 6 Geschoße,
 $443 \text{ kg/m}^3 \times 1,00 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = \underline{\underline{244 \text{ kg/Element}}}$

Füllbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 13 cm
 Betonkernstärke)

$2.890,14 \text{ m}^2$ (siehe Kosten) x 0,13 m = 375,72 m³

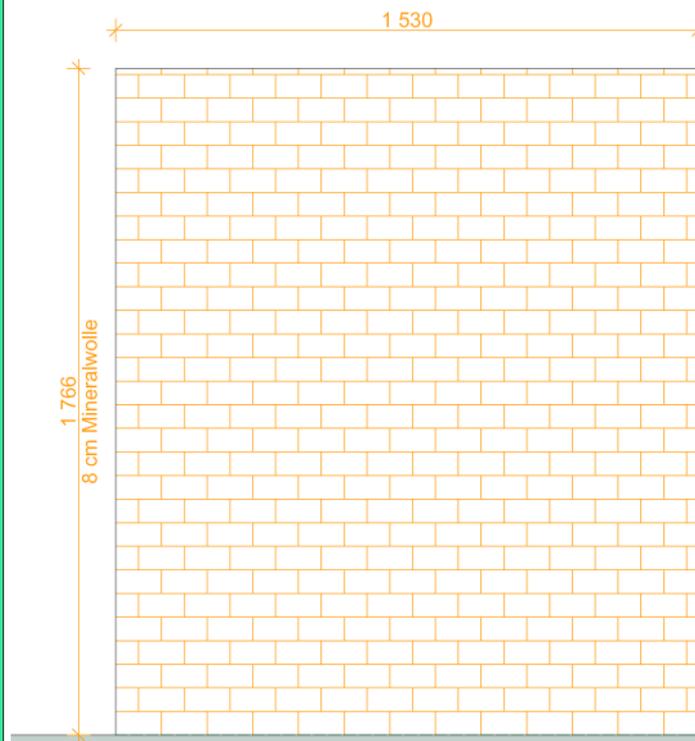
Die Lieferung des Transportbetons (375,72 m³) erfolgt mithilfe eines Fahrmischers.³⁰⁶ Da der Beton direkt vom Mischer an die gewünschte Stelle eingebracht wird, besteht kein Problem mit der „Größe“ oder des Gewichtes des Betons.

Mineralwolledämmung, 8 cm

für 6 Geschoße (ULTIMATE Kerndämmplatte 035, Isover
 Austria GmbH)

306 vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2016, Logistik, Fahrzeuge

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau



$2 \times 15,30 \times 17,66 \text{ m} = 540,40 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 720 \text{ Stk.}$

$2 \times 26,84 \text{ m} \times 17,66 \text{ m} = 947,99 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 1.264 \text{ Stk.}$

ergibt ca. 1.954 Stk

$1.954 \text{ Stk} \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}^{307} [\text{LxBxT}]$

Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden Materialien immer ein geringeres Gewicht aufweist.

Die maximale Länge beträgt (250 x) **275 cm** (x 20 cm)

Das schwerste Element wiegt **609 kg/Stück**

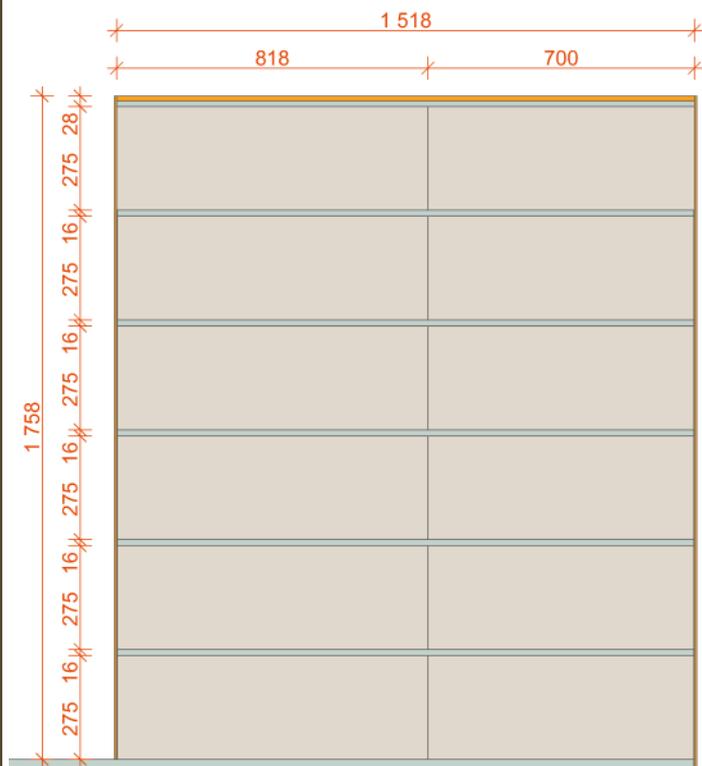
307 vgl. Austrotherm GmbH 2016, Downloads, Preisliste 2017, S. 29

Brettsperrholz

5. OG – 4. OG
CLT 160 L5s

3. OG bis EG
CLT 180 L7s

Stora Enso Wood
Products GmbH



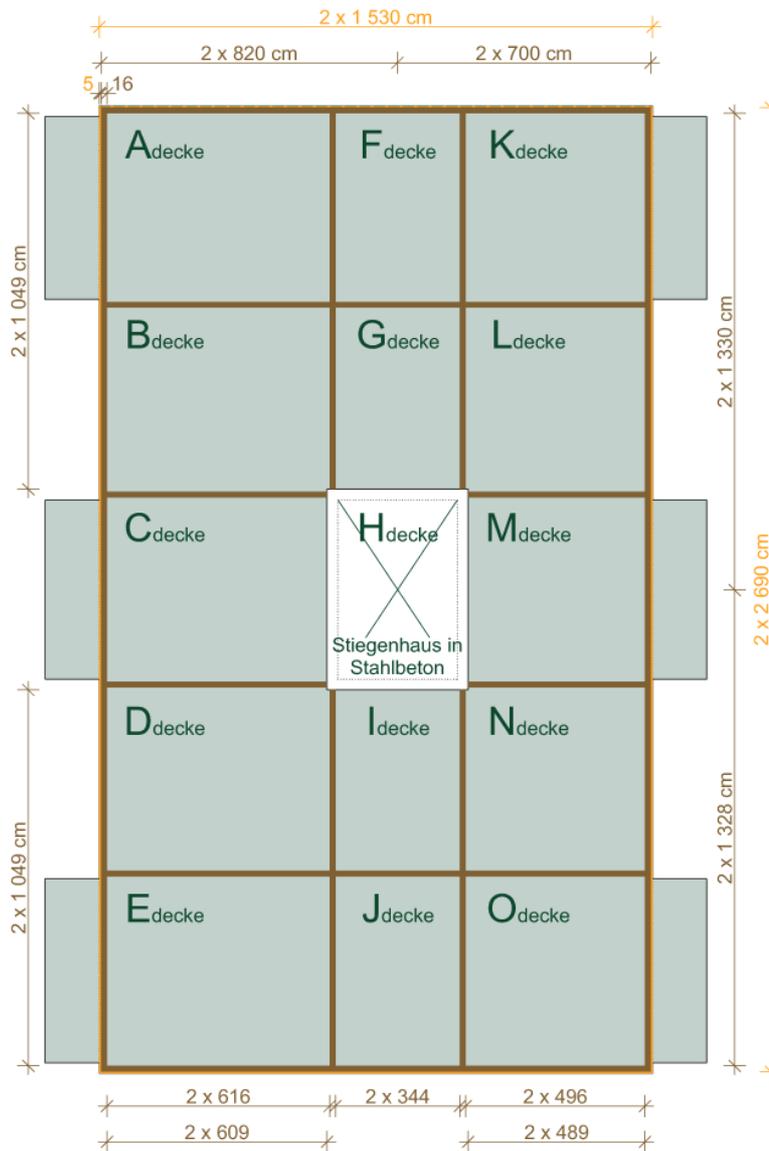
Die Produktionsbreiten liegen bei 245, 275 oder 295 cm während die Produktionslängen je nach Bedarf variieren.³⁰⁸

Gewählt wurden folgende Abmessungen:

308 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2015, Produkt, Technische Daten, CLT Standardaufbauten, S. 1

CLT 160 L5s

für die oberen zwei Geschoße



Außenwände

$2 \times 820\text{ cm} \times 275\text{ cm} \times 16\text{ cm}$ [LxBxT] x 2 Geschoße,
 $470\text{ kg/m}^3 \times 8,20\text{ m} \times 2,75\text{ m} \times 0,16\text{ m} = 1.695,76\text{ kg/Element}$

$2 \times 700\text{ cm} \times 275\text{ cm} \times 16\text{ cm}$ [LxBxT] x 2 Geschoße,
 $470\text{ kg/m}^3 \times 7,00\text{ m} \times 2,75\text{ m} \times 0,16\text{ m} = 1.447,60\text{ kg/Element}$

$2 \times 1.330\text{ cm} \times 275\text{ cm} \times 16\text{ cm}$ [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 13,3 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{2.750,44 \text{ kg/Element}}$

2 x 1.328 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 13,28 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{2.746,30 \text{ kg/Element}}$

Innenwände

4x 1.049 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 10,49 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{2.169,33 \text{ kg/Element}}$

2 x 616 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 6,16 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{1.273,89 \text{ kg/Element}}$

2 x 609 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 6,09 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{1.259,41 \text{ kg/Element}}$

2 x 344 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 3,44 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{711,39 \text{ kg/Element}}$

2 x 496 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

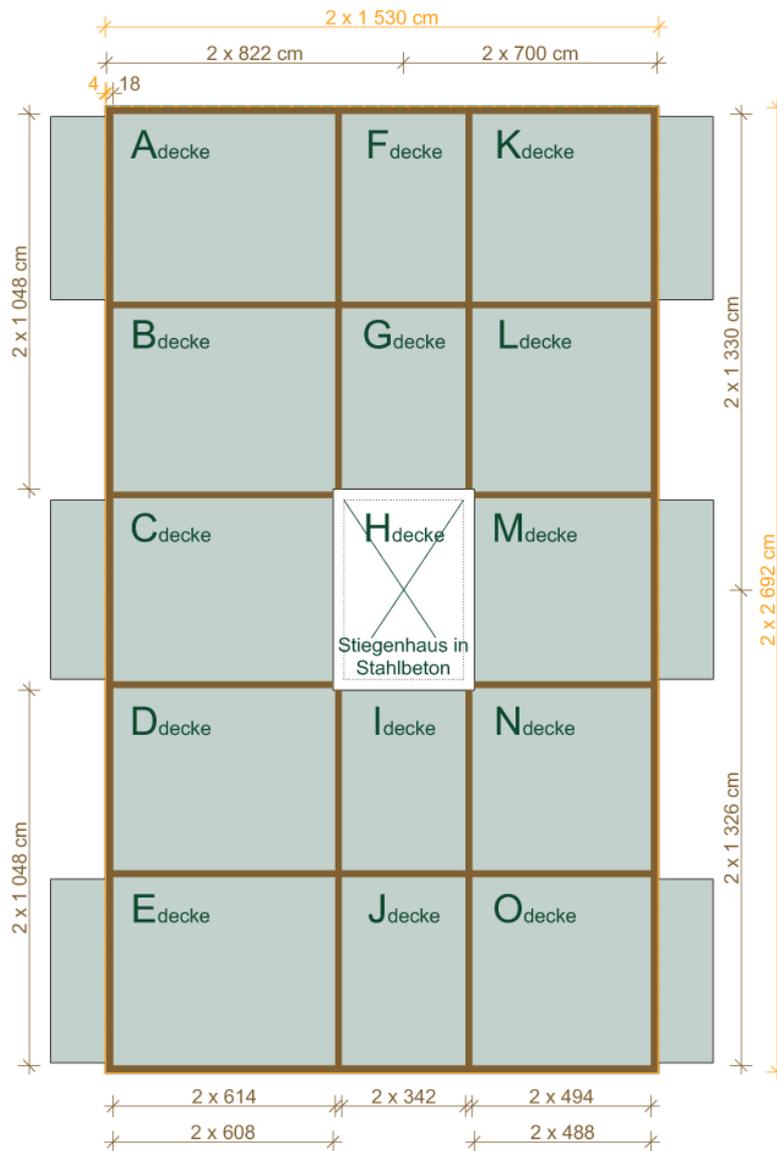
$470 \text{ kg/m}^3 \times 4,96 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{1.025,73 \text{ kg/Element}}$

2 x 489 cm x 275 cm x 16 cm [LxBxT] x 2 Geschoße,

$470 \text{ kg/m}^3 \times 4,89 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,16 \text{ m} = \underline{1.011,25 \text{ kg/Element}}$

CLT 180 L7s

für die unteren vier Geschoße



Außenwände

2 x 822 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,
 $470 \text{ kg/m}^3 \times 8,22 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} = \underline{1.912 \text{ kg/Element}}$

2 x 700 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,
 $470 \text{ kg/m}^3 \times 7,00 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} = \underline{1.629 \text{ kg/Element}}$

2 x 1.330 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 13,30 m x 2,75 m x 0,18 m = **3.094 kg/Element**

2 x 1.326 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 13,26 m x 2,75 m x 0,18 m = 3.085 kg/Element

Innenwände

4x 1.048 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 10,48 m x 2,75 m x 0,18 m = 2.438 kg/Element

2 x 614 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 6,14 m x 2,75 m x 0,18 m = 1.428 kg/Element

2 x 608 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 6,08 m x 2,75 m x 0,18 m = 1.415 kg/Element

2 x 342 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 3,42 m x 2,75 m x 0,18 m = 796 kg/Element

2 x 494 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

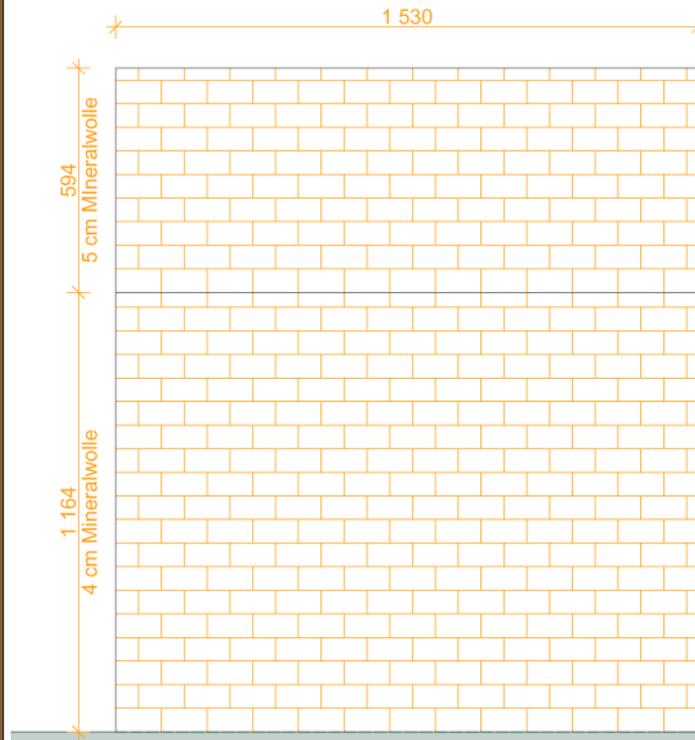
470 kg/m³ x 4,94 m x 2,75 m x 0,18 m = 1.149 kg/Element

2 x 488 cm x 275 cm x 18 cm [LxBxT] x 4 Geschoße,

470 kg/m³ x 4,88 m x 2,75 m x 0,18 m = 1.135 kg/Element

Mineralwolledämmung

für 6 Geschoße (ULTIMATE Kerndämmplatte 035, Isover Austria GmbH)



CLT160 mm (5 cm Mineralwolle)

$2 \times 15,30 \times 5,94 \text{ m} = 181,76 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 243 \text{ Stk.}$

$2 \times 26,90 \text{ m} \times 5,94 \text{ m} = 319,57 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 426 \text{ Stk.}$

ergibt ca. 670 Stk

670 Stk x 120 cm x 62,5 cm x 5 cm [LxBxT]

CLT180 mm (4 cm Mineralwolle)

$2 \times 15,30 \times 11,64 \text{ m} = 356,18 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk} = 475 \text{ Stk.}$

$2 \times 26,92 \text{ m} \times 11,64 \text{ m} = 626,70 \text{ m}^2 / 0,75 \text{ m}^2/\text{Stk.} = 836 \text{ Stk.}$

ergibt ca. 1.311 Stk

1.311 Stk x 120 cm x 62,5 cm x 4 cm³⁰⁹[LxBxT]

Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden

309 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 45

	<p>Materialien immer ein geringeres Gewicht aufweist.</p> <p>Die maximale Länge beträgt 1.330 cm (x 275 x 18 cm)</p> <p>Das schwerste Element wiegt 3.094 kg/Stück</p>
--	--

Maximale Länge



max. 2,8 Punkte
mind. 0,9 Punkte

I2 Herstellung und Baustelle

Sperrigkeit

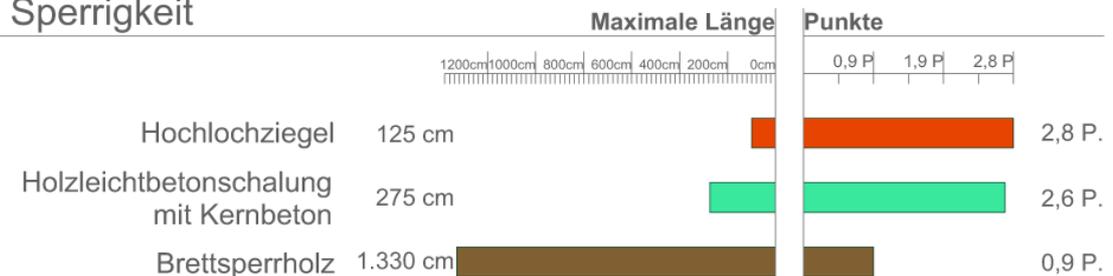


Abbildung 147: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit maximale Länge

Die Sperrigkeit der Ziegelwandelemente ist sehr gering. Die Ziegel sind klein und handlich und ermöglicht eine menschenbezogene Ausführungsarbeit. Daher besitzt die längste Seite des sperrigsten Elementes beim **Hochlochziegel** (2,8 Punkte) nur **120 cm** (Dämmung).

Die **Holzleichtbetonschalung** (2,6 Punkte³¹⁰) liegt aufgrund der vorgefertigten Wandelemente im sperrigeren Bereich. Die max. Länge umfasst **275 cm**.

Brettsperrholz besitzt eine maximale Länge von **3.330 cm** und erzielt somit 0,9 Punkte.

310 $1.330 - 120 = 1.210$ cm zwischen 0,9 und 2,8 Punkten, ergibt 1,9 Punkte Unterschied
 275 cm ist 1.055 cm von 1.330 cm entfernt
 somit = $0,9$ Punkte + $(1,9$ Punkte Unterschied $\times 1.055$ cm Entfernung / 1.210 cm Unterschied)

Schwerstes Element



I2 Herstellung und Baustelle
Sperrigkeit

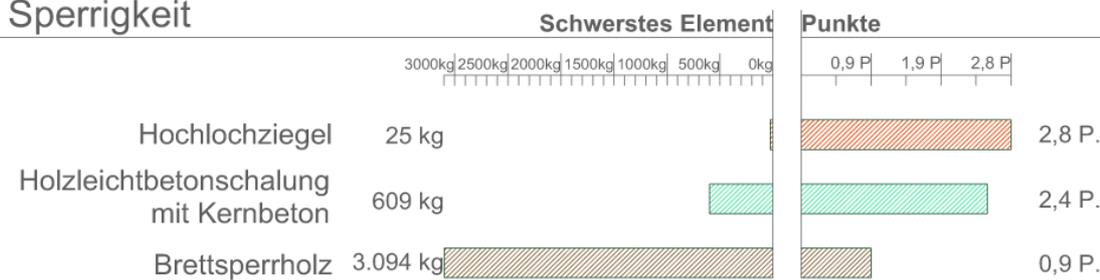


Abbildung 148: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit schwerstes Element

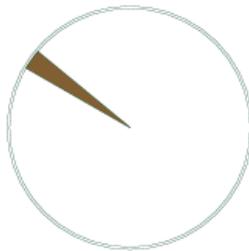
Bei einer **Hochlochziegel-Wand** (1,25 Punkte) gibt es zwar viele kleine Teile, jedoch beträgt das Gewicht des schwerstes Elementes nur **25 kg** (Dünnbettmörtel).

Betrachtet man das Gewicht einer **Schalung aus Holzleichtbeton** ohne Füllbeton, beträgt das maximale Gewicht **609 kg**. Dieses Bausystem erhält 2,4 Punkte³¹¹.

Brettsperrholz (0,42 Punkte) liegt in Bezug auf das Gewicht im „schweren“ Bereich mit **3.094 kg**.

311 $3.094 - 25 = 3.069$ kg zwischen 0,9 und 2,8 Punkten, ergibt 1,9 Punkte Unterschied
609 kg ist 2.485 kg von 3.094 kg entfernt
somit = 0,9 Punkte + (1,9 Punkte Unterschied x 2.485 kg Entfernung / 3.069 kg Unterschied)

Punkte



max. 5,6 Punkte
mind. 1,9 Punkte

**Sperrigkeit
Punkte**



Abbildung 149: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit



max. 5,6 Punkte
mind. 1,9 Punkte

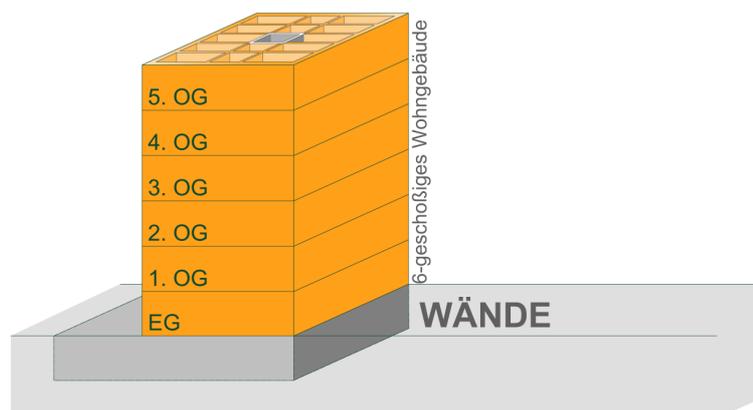


I2 Herstellung und Baustelle

Baustellendauer & Witterung

Die Dauer der Arbeiten auf der Baustelle hängt sehr stark mit dem Vorfertigungsgrad zusammen. Jedoch verhindern sperrige und große Bauteile auch die rasche Abwicklung auf der Baustelle. Komplexe Verbindungen der Bauteile oder Bauteilanschlüsse verlängern die Montagezeit.

Um den Terminplan einhalten zu können, muss eine Einschränkung bei der Montage des Bausystems aufgrund von Witterungseinflüssen so gering wie möglich gehalten werden. Betrachtet man die Arbeiten im Winter, fallen auf jeden Fall zusätzliche Kosten an, die jedoch im Vergleich zu Winterarbeitslosigkeit geringer sind. Zum Arbeiten im Freien ist es unerlässlich, die Baustoffe unter Schutzdächern zu platzieren oder in sehr hohen und dicht angeordneten Stapeln, welche mit Planen oder Folien geschützt werden, anzuordnen. Die Baustoffe sollten nicht direkt den Boden berühren.³¹²



312 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Verarbeitungsrichtlinien, Winterbau-Maßnahmen

<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Dadurch, dass die Vorfertigung hier sehr gering ist und vieles per Menschenhand geschaffen wird, ist die Arbeitsdauer auf der Baustelle relativ lange. Pro Geschoß müssen sehr viele kleine Elemente einzeln aufgelegt sowie mit Dünnbettmörtel verbunden werden.</p> <p>Vor Witterungsbedingungen wie starkem Wind, Sonne oder auch Frost muss das frische Mauerwerk geschützt werden. Die Verarbeitung kann nur ab +5°C stattfinden.³¹³</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospa Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Die Holzleichtbeton-Elemente werden als Wandelemente geliefert, somit ist die Baustellendauer relativ kurz. Die volle Tragfähigkeit erreichen die Wände jedoch erst nach dem Abbindevorgang des Füllbetons. Ein Versetzgeschwindigkeit auf der Baustelle von 0,3 bis 0,35 Stunden pro m² ist realistisch.³¹⁴</p> <p>Die Aushärtungszeit des Betons variiert stark nach den Witterungsbedingungen. Es ist auf geeignete Temperaturen und somit im übertragenen Sinne auf wärmere Jahreszeiten zu achten.</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>5. OG – 4.OG CLT 160 L5s</p> <p>3. OG bis EG CLT 180 L7s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Durch den hohen Vorfertigungsgrad, der bis zum Abbund mit eingefrästen Fenster- & Türöffnungen, vorinstallierten Leitungen und endbehandelten Sichtoberflächen reichen kann, hält sich die Baustellendauer durch die schnelle Montage in Grenzen. Benötigt wird jedoch der Platz davor, da die Elemente erst am Boden liegen, bevor sie aufgestellt werden können. Somit wird zumindest während der Rohbaubaustellendauer eine Fläche von 2,75 m rund um das spätere Gebäude benötigt. CLT-Platten besitzen durch die Trockenbauweise eine sofortige Tragfähigkeit bei schnellem Aufbau durch gänzlich fertig zugeschnittene CLT-Platten.³¹⁵</p> <p>Ein weiterer Vorteil ist die Großteiligkeit der Elemente,</p>

313 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Service, Download Center, Verarbeitungshinweise Porotherm Ziegelbausystem, S.1-13

314 vgl. Schilcher 2016, E-Mail: Produktinformation zu N20 End-/Riegelstein

315 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

wodurch die Baustellenzeit wiederum verkürzt wird.

Generell hält sich durch die Trockenbauweise die Witterungsabhängigkeit in Grenzen, da keine Abbindezeiten eingehalten werden müssen und das System somit eine sofortige Tragfähigkeit ermöglicht. Jedoch besitzt Holz eine gewisse Feuchtigkeit, die beim Einbau exakt vorhanden sein sollte. Somit sollte durchaus auf geeignete Witterungsbedingungen geachtet werden.

Baustellendauer



I2 Herstellung und Baustelle Baustellendauer & Witterung



Abbildung 150: I2 Herstellung und Baustelle: Baustellendauer

Die Arbeiten auf der Baustelle dauern durch die Kleinteiligkeit der Elemente bei der **Hochlochziegel**-Wand am längsten (0,9 Punkte).

Die **Holzleichtbetonschalung** wird bereits als vorgefertigtes Wandelement geliefert. Jedoch muss dieses, zur Schaffung der benötigten Tragfähigkeit, mit Beton gefüllt werden und einen Abbindevorgang durchlaufen. Dies beeinträchtigt die Baustellendauer sehr stark. Weiters sind die Elemente kleiner als beim Brettsperrholz, wodurch die Arbeitsschritte erhöht werden. Da hier zwar der Vorfertigungsgrad groß ist, jedoch auf den Betonabbindeprozess zu achten ist, erhält dieses Bausystem 1,9 Punkte.

Der positive Aspekt zur Baustellendauer ist beim **Brettsperrholz** der hohe Vorfertigungsgrad, der vorallem die Arbeitszeit vor Ort verkürzt. Negativ schlagen die Verbindungsmittel zu Buche, die je nach statischer und konstruktiver Erfordernis anzubringen sind. Dieser Aspekt verlängert die Baustellendauer. Brettsperrholz ist jedoch sofort tragfähig und muss keine Abbindeprozesse durchlaufen. Daher erhält dieses Bausystem 2,8 Punkte.

Witterung



I2 Herstellung und Baustelle

Baustellendauer & Witterung



Abbildung 151: I2 Herstellung und Baustelle: Witterung

Die Montage einer **Hochlochziegel**-Wand kann nur ab einer gewissen Temperatur ausgeführt werden. Durch die lange Baustellendauer besteht ein höheres Risiko als bei den anderen beiden Bausystemen, dass auch Tage mit geringeren Temperaturen stattfinden. Da der Hochlochziegel somit länger der Witterung ausgesetzt ist, als zum Beispiel die Brettsperrholzwand, erhält dieses Bausystem nur 0,9 Punkte.

Die Abbindezeit des Füllbetons der Holzleichtbetonschalung hängt sehr stark von der Witterung ab. Um schnellstmöglich eine passende Tragfähigkeit zu erreichen, sollte die Abbindezeit jedoch so gering wie möglich gehalten werden. Daher erhält die **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** 1,9 Punkte.

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Ein Vorteil der **Brettsperrholzwand** (1,9 Punkte) ist unabhängig von der Witterung die sofortige Tragfähigkeit nach der Montage. Jedoch ist auch Brettsperrholz nicht völlig unempfindlich gegenüber Temperatur, Wind, Sonne und Frost.

Punkte



Baustellendauer & Witterung

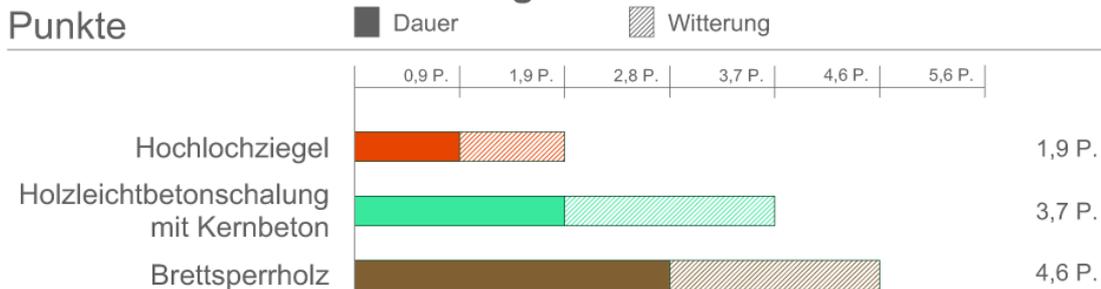
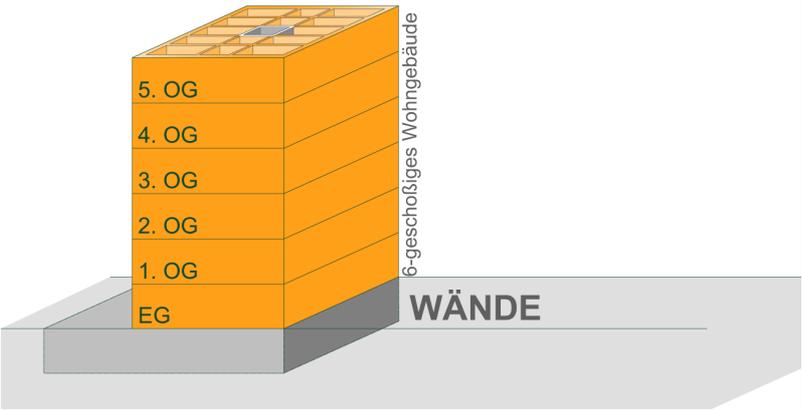


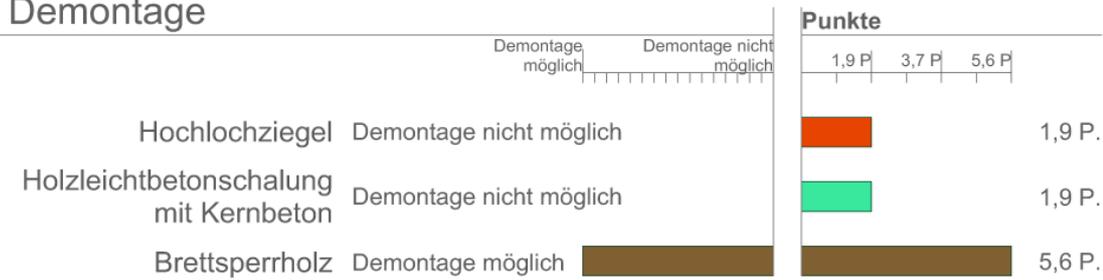
Abbildung 152: I2 Herstellung und Baustelle: Baustellendauer und Witterung

<p>max. 5,6 Punkte mind. 1,9 Punkte</p>	<h4>I2 Herstellung und Baustelle</h4> <h5>Möglichkeit der Demontage</h5> <p>Je länger ein Lebenszyklus eines Bausystems ist, desto höher der zeitliche Nutzen des Materials bzw. des Gebäudes. Eine Demontage ermöglicht eine Verlängerung dieses Nutzens. Beim Punkt Demontage werden die Innen- und Außenwände betrachtet.</p>
---	--

	
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Beim Abbruch einer Ziegelwand entstehen Staubemissionen. Eine Trennung der Stoffe bei einschaliger Ziegelbauweise gibt es nicht. Zur Deponierung kann erwähnt werden, dass der Ziegel nicht in die Kategorie Sondermüll fällt und keine Schadstoffe an den Untergrund abgibt. Das Abbruchmaterial kann wiederverwertet werden.³¹⁶</p>
<p>Holzleichtbeton- schalung mit Füllbeton</p> <p>N20 End-/Riegelstein</p> <p>5. OG bis EG</p> <p>isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Durch die kraftschlüssige Verbindung des Kernbetons und der Holzleichtbetonschalung wird die Demontage erschwert.</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>5. OG – 4.OG CLT 160 L5s</p> <p>3. OG bis EG CLT 180 L7s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Die Wiederverwendung ist nur für einzelne Teile möglich. Dies hängt auch sehr stark von den Verbindungen ab. Restholz kann energetisch genutzt werden.</p>

316 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Weitere Aspekte

I2 Herstellung und Baustelle Demontage

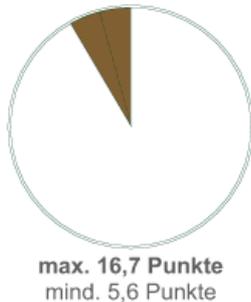


Bei der **Hochlochziegel**-Wand ist keine Demontage möglich. Daher können die Elemente zwar wiederverwertet, jedoch nicht wiederverwendet werden. (1,9 Punkte)

Bei der **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** (1,9 Punkte) besteht eine kraftschlüssige Verbindung von zwei verwandten, jedoch verschiedenen Stoffen, d.h. von Beton und Holzleichtbeton. Eine Demontage und Wiederverwendung ist hiermit unmöglich.

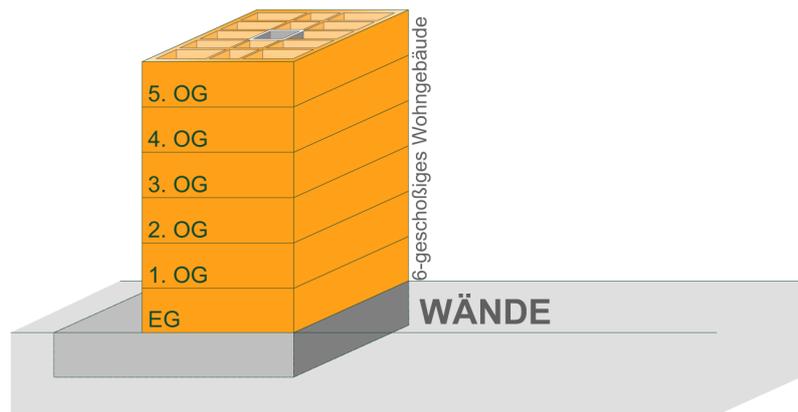
Beim **Brettsperrholz** ist die Demontage möglich. Eine energetische Nutzung ist auf jeden Fall denkbar. Daher erhält dieses Bausystem 5,6 Punkte, da es das einzige Bausystem ist, dass nicht mit anderen Materialien monolithisch verbunden wird.

I3. Planung und Vermietung



Das Instrument Planung und Vermietung beinhaltet zwei Faktoren, die dem Bauträger bzw. Vermieter / Eigentümer Rückschlüsse geben können, ob gute Rahmenbedingungen für den Verkauf und die Vermietung geschaffen werden können. Wichtig ist die Bauteilstärke der Außen- und Innenwände, um möglichst viel vermietbare Fläche zu erreichen. Weiters wesentlich für eine gelungene Planung sind die Änderungskompatibilität des Bausystems und dessen Möglichkeit für große Öffnungen. Eine gewisse Flexibilität, die sich an die Bewohner anpassen kann, vereinfacht die Vermietbarkeit.

<p>max. 8,3 Punkte mind. 2,8 Punkte</p> <p>Wert Punkte</p>	<h4>I3 Planung und Vermietung</h4> <h5>Bauteilstärke Außen- und Innenwand</h5> <p>Eine niedrige Wandstärke ermöglicht eine geringe Einschränkung der vermietbaren Fläche. Bewertet wird hierbei die Dicken der konstruktiven Bauteile der Außen- und Innenwände, die die Belastungen und die wärmeschutz-technischen Anforderungen eines sechsgeschoßigen Wohnbaus aufnehmen können. Hier wird auch auf den gesetzlich vorgeschriebenen U-Wert von max. 0,35 W/m²K geachtet. Wird dieser überschritten, wird eine Mineralwolledämmung in jedem Maß angedacht, damit die 0,35 W/m²K unterschritten werden. Die Stärke der zusätzlichen Dämmung wurde bereits beim Instrument Wärmeschutz festgelegt.</p>
--	---



Hochlochziegel

5.OG bis 3.OG
Porotherm 17-50 Plan

2.OG bis EG
Porotherm 30 Plan

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH

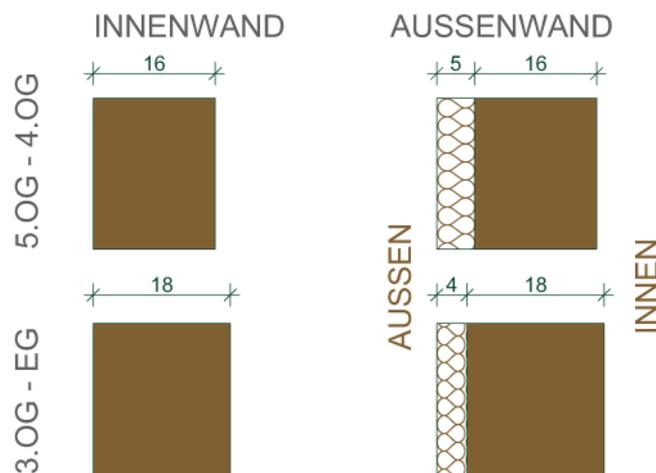
Für die **obersten drei Geschoße** wird aufgrund der höchsten Lastannahme der **Porotherm 17-50 Plan** – Ziegel auf Dünnbettmörtel verwendet. Der tragende Ziegel besitzt eine Dicke von **17 cm (Innenwände)**, wobei eine zusätzliche Wärmedämmung von 8 cm bei der Außenwand, zur Erreichung der OIB-Richtlinie hinsichtlich U-Wert, nötig ist. Die **Außenwand** erzielt eine Bauteilstärke inkl. Dämmung von **25 cm**.

Für das **2. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß** wurde gemäß Lastermittlung der **Porotherm 30 Plan** auf Dünnbettmörtel ausgewählt. Dieser besitzt eine Dicke von **30 cm (Innenwände)**. Es ist aufgrund des gesetzlich unzureichenden U-Wertes eine zusätzliche Mineralwollgedämmung von 4 cm notwendig. Die Gesamtdicke der **Außenwände** beträgt **34 cm**.

<p>Holzleichtbeton-schalung mit Füllbeton N20 End-/Riegelstein 5. OG bis EG isospa Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Die reine Konstruktionsdicke und somit die Stärke der Innenwände beträgt 20 cm. Da mit diesem Bauteil alleine, die maximale Wärmeleitfähigkeit für eine Außenwand überschritten werden würde, wird eine 8 cm Mineralwollendämmung, zur Einhaltung der OIB-Richtlinie, angedacht. Somit beträgt die Bauteilstärke der Außenwände 28 cm für alle Geschosse.</p>
<p>Brettsperrholz 5. OG – 4.OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Die reine Konstruktions-Wanddicke bzw. die Innenwandstärke beträgt im 5. und im 4. Obergeschoß 16 cm. Bei einer Holzkonstruktion müssen brandschutztechnische Belange auch bei der Wahl der Bauteilstärke zur Anwendung kommen. Rein statisch gesehen wären geringe Stärken möglich, jedoch muss auch eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten gewährleistet werden. Für die Außenwand und zur Erreichung eines geeigneten Wärmeschutz wird eine 5 cm Mineralwollendämmung an der Außenseite angebracht. Die gesamte Stärke beträgt somit 21</p>

cm.

Im **3. Obergeschoß bis ins Erdgeschoß** wird gemäß Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH eine Bauteilstärke von **18 cm (Innenwand)** gewählt, um einen adäquaten Brandschutz zu erzielen. Weiters sollte auch der Wärmeschutz für die **Außenwände** erfüllt sein. Deshalb wurde eine Mineralwolledämmung von 4 cm angebracht. Die Bauteilstärke inkl. Dämmung erzielt eine Dicke von **22 cm**.



5. - 4.OG



I3 Planung und Vermietung

Bauteilstärke ■ Außenwände ☒ Mineralwollgedämmung (Außenwand) ■ Innenwände

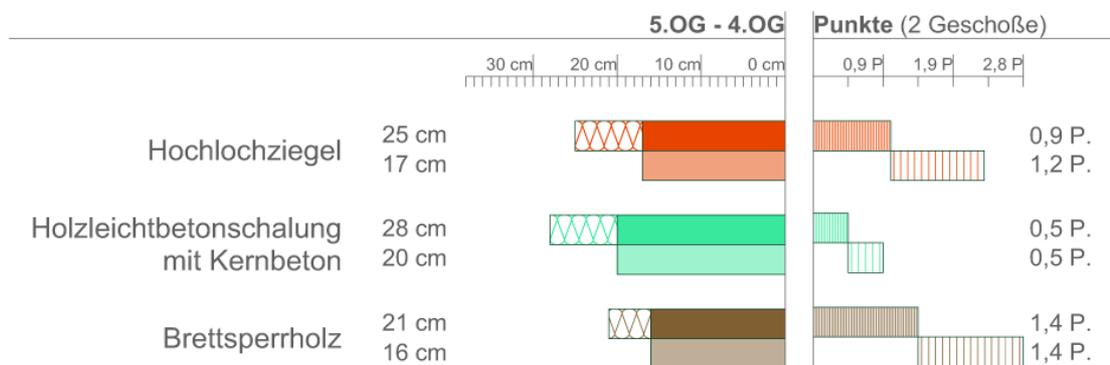


Abbildung 153: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke 5.-4. OG

Bei den **Außenwänden** des **Hochlochziegels** (0,9 Punkte³¹⁷) beträgt die Konstruktionsstärke mit geeignetem U-Wert **25 cm**, bei der **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (0,5 Punkte) **28 cm** und beim **Brettsperrholz** (1,4 Punkte) **21 cm**.

Werden die **Innenwände** betrachtet, liegt der **Hochlochziegel** (1,2 Punkte³¹⁸) mit **17 cm** an zweiter Stelle. Die **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (0,5 Punkte) ordnet sich mit **20 cm** als Bausystem mit der größten Bauteilstärke an. Die **Brettsperrholz**-Wand ermöglicht mit **16 cm** (1,4 Punkte) die geringste Wandstärke.

317 $28 - 21 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$ zwischen 0,5 und 1,4 Punkten, ergibt 0,9 Punkte Unterschied
25 cm ist 3 cm von 28 cm entfernt

somit = $0,5 + (0,9 \text{ Punkte Unterschied} \times 3 \text{ cm Entfernung} / 7 \text{ cm Unterschied})$

318 $20 - 16 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$ zwischen 0,5 und 1,04 Punkten, ergibt 0,9 Punkte Unterschied
17 cm ist 3 cm von 20 cm entfernt

somit = $0,5 + (0,9 \text{ Punkte Unterschied} \times 3 \text{ cm Entfernung} / 4 \text{ cm Unterschied})$

3. OG



max. 1,4 Punkte
mind. 0,5 Punkte

I3 Planung und Vermietung

Bauteilstärke Außenwände Mineralwolledämmung (Außenwand) Innenwände

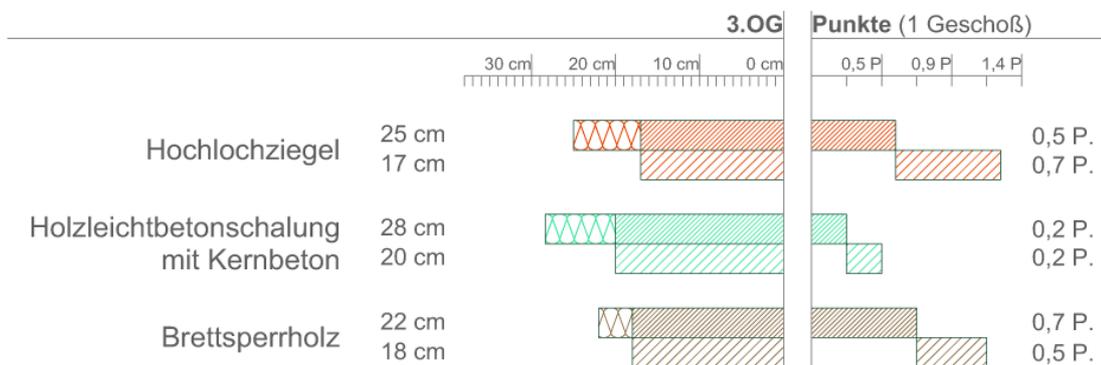


Abbildung 154: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke 3. OG

Die Konstruktionsstärke der **Außenwände** beträgt beim **Hochlochziegel** (0,5 Punkte³¹⁹) **25 cm**, bei der **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (0,2 Punkte) **28 cm** und beim **Brettsperrholz** (0,7 Punkte) **24 cm**.

Die Stärke der **Innenwände** beträgt beim **Hochlochziegel** (0,7 Punkte) **17 cm** und somit liegt dieser an bester Stelle. Auf Platz drei liegt die **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (0,2 Punkte) mit **20 cm**. **Brettsperrholz** (0,5 Punkte³²⁰) befindet sich mit **18 cm** in der Mitte.

319 28 – 22 cm = 6 cm zwischen 0,2 und 0,7 Punkten, ergibt 0,5 Punkte Unterschied
25 cm ist 3 cm von 28 cm entfernt
somit = 0,2 Punkte + (0,5 Punkte Unterschied x 3 cm Entfernung / 6 cm Unterschied)

320 20 – 17 cm = 3 cm zwischen 0,2 und 0,7 Punkten, ergibt 0,5 Punkte Unterschied
18 cm ist 2 cm von 20 cm entfernt
somit = 0,2 Punkte + (0,5 Punkte Unterschied x 2 cm Entfernung / 3 cm Unterschied)

2. OG – EG



I3 Planung und Vermietung

Bauteilstärke  Außenwände  Mineralwollgedämmung (Außenwand)  Innenwände

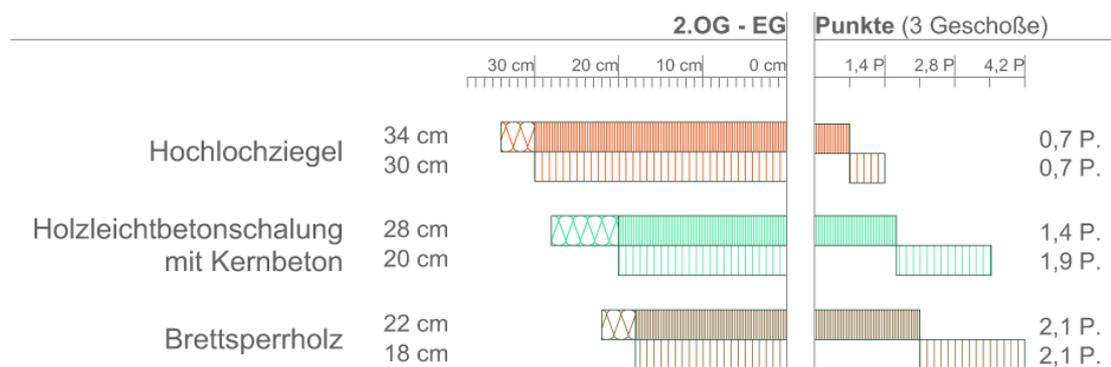


Abbildung 155: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke 2. OG - EG

Die Konstruktionsstärken der Außenwände betragen beim **Hochlochziegel** (0,7 Punkte) **34 cm**, bei einer **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (1,4 Punkte³²¹) **28 cm** und bei einer **Brettsperrholzwand** (2,1 Punkte) **22 cm**.

Die Innenwände besitzen Konstruktionsdicken von **30 cm** beim **Hochlochziegel** (0,7 Punkte), von **20 cm** bei der **Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton** (1,9 Punkte³²²) und **18 cm** beim **Brettsperrholz** (2,1 Punkte).

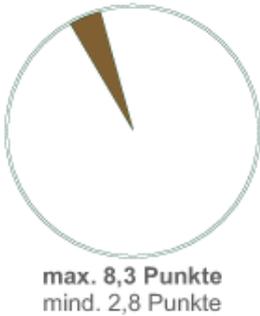
321 $34 - 22 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$ zwischen 0,7 und 2,1 Punkten, ergibt 1,4 Punkte Unterschied
28 cm ist 6 cm von 34 cm entfernt

somit = 0,7 Punkte + (1,4 Punkte Unterschied x 6 cm Entfernung / 12 cm Unterschied)

322 $30 - 18 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$ zwischen 0,7 und 2,1 Punkten, ergibt 1,4 Punkte Unterschied
20 cm ist 10 cm von 30 cm entfernt

somit = 0,7 Punkte + (1,4 Punkte Unterschied x 10 cm Entfernung / 12 cm Unterschied)

Punkte



Bauteilstärke Punkte

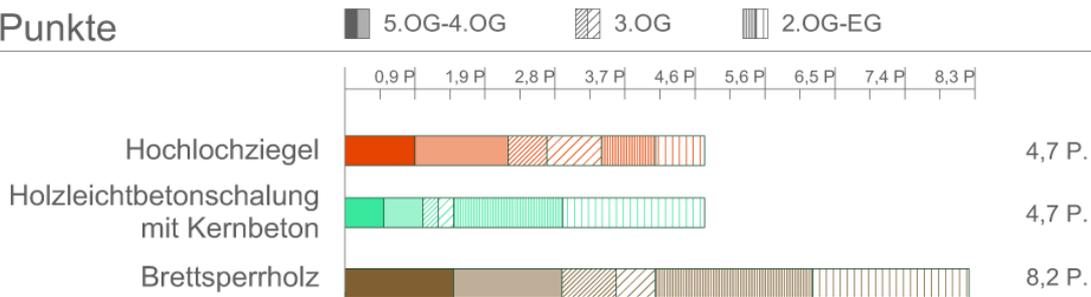


Abbildung 156: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke Punkte

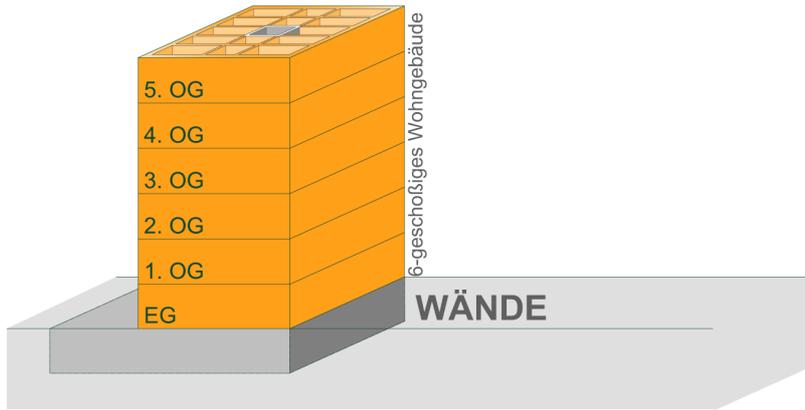
max. 8,3 Punkte
mind. 2,8 Punkte

↑ Wert ↑ Punkte

I3 Planung und Vermietung

Planung und Flexibilität

Planungsleistungen bzw. -kosten liefern einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zu den Gesamtherstellungskosten. Deshalb können bei einem schnell planbaren Objekt diese Kosten reduziert werden. Der Planungsaufwand ist messbar durch die Komplexität und relative Unkonventionalität der Bauteile und Bauteilanschlüsse. Ein geringer Grad an Komplexität und die Vermeidung von "unüblichen" Systemen verringern auch die Fehleranfälligkeit bei der Planung. Unter Planung wird hier einerseits der Aufwand der Planer (Architekt, Statiker, etc.) und andererseits auch die Planung der Produktion der Elemente im Werk verstanden.

	
<p>Hochlochziegel</p> <p>5.OG bis 3.OG Porotherm 17-50 Plan</p> <p>2.OG bis EG Porotherm 30 Plan</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Hält man bei der Planung Vielfaches von einem Rastermaß der innenliegenden Mauermaße ein, so erhält man eine gute Aufteilung der Steine. Sollten dennoch Paßstücke gebraucht werden, sollten diese im Bereich der Fenster eingesetzt werden.³²³ Um Teilziegel zu vermeiden, müssen geplante Tür- und Fensteröffnungen und Wandeinbindungen schon in der ersten Ziegelschar mitgedacht werden. Insbesondere aussteifende Wände müssen kraftschlüssig miteinander verbunden werden (z.B. durch gleichzeitiges Aufmauern im Verband, durch Freilassen von Schmatzen, etc.).³²⁴ Der Markt bietet bereits eine Vielzahl an Ziegelprodukten an (z.B. Höhenausgleichsziegel, Eckziegel, Erkerziegel, Rostziegel, Ziegelstürze, etc.).³²⁵ Durch den geringen Vorfertigungsgrad ist der Planungsaufwand relativ klein.</p> <p>Mit Stürzen und rechnerischem Nachweis besteht in jedem Fall die Möglichkeit von großen Öffnungen. Jedoch können auch Durchbrüche bis zu einer Größe von max. 625 cm² (z.B. 25 x 25 cm) geschaffen werden, die keinen Nachweis benötigen.³²⁶ Die zulässigen Mauerwerksspannungen dürfen natürlich an keiner Stelle überschritten werden.³²⁷</p>

323 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Planungsrichtlinien, Planungsraster

324 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Verarbeitungsrichtlinien, Ziegelmauerwerk, Ziegelervermauerung

325 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Produktprogramm, Ergänzungsprodukte

326 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Statik, Konstruktive Anforderungen, Wanddurchbrüche

327 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Statik, Konstruktive

	<p>Vor Ort auf der Baustelle kann noch entschieden bzw. geändert werden, wo sich Leitungsschlitze befinden sollen. Dies wird durch nachträgliches Stemmen oder Fräsen aus dem Mauerwerk gewährleistet. Allerdings beschränken statische, wärmeschutztechnische bzw. schalltechnische Überlegungen die nachträglichen Adaptierungen.³²⁸ Bei einer Wanddicke von 30 cm darf die vertikale Aussparung max. 17,5 x 3 cm (nachträglich hinzugefügt) oder max. 30 x 12,5 cm (mit Errichtung des Mauerwerks) betragen.³²⁹ Vertikale Abfallstränge, Nischen für Schaltkästen, Durchbrüche usw. können zwar auch vor Ort auf der Baustelle noch verändert werden, jedoch muss auf statische und bauphysikalische Eigenschaften geachtet werden. Diese Elemente erfolgen jedoch nicht nachträglich, sondern müssen normalerweise gemauert werden.³³⁰</p>
<p>Holzleichtbeton-schalung mit Füllbeton N20 End-/Riegelstein 5. OG bis EG isospan Baustoffwerk GmbH</p>	<p>Elementhöhen beim Wandelement sind frei wählbar. Das Parapetelement ist im besten Fall ein Vielfaches von 0,25 Meter.³³¹ Durch die Lieferung von vorgefertigten Holzleichtbeton-Wandelementen wird die Planung komplexer.</p> <p>Die Firma Isospan Baustoffwerk GmbH bietet Sturzelemente, die auch große Öffnungen ermöglichen.</p> <p>Die Holzleichtbeton-Schalung darf nicht zerstört werden um die Füllung mit Beton zu gewährleisten. Somit sollten bereits im Vorhinein alle Details geklärt worden sein. Nach dem Betoniervorgang kann das gesamte Wandelement noch bearbeitet werden, jedoch mit höherem Aufwand.</p>
<p>Brettsperrholz 5. OG – 4. OG CLT 160 L5s 3. OG bis EG CLT 180 L7s</p>	<p>Durch den hohen Vorfertigungsgrad besteht ein relativ großer Planungsaufwand, der jedoch der Baustellendauer eine Kürzung ermöglichen kann.</p> <p>Auch beim Brettsperrholz werden mithilfe von Stürzen, die aus</p>

328 Anforderungen, Schlitze und Aussparungen
vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Planungsrichtlinien, Schlitze und Durchbrüche

Stora Enso Wood Products GmbH

Stahl, Brettsperrholz oder auch Brettschichtholz bestehen können, große Öffnungen ermöglicht. Durch die Wirkung der Parapethöhe im darüberliegenden Geschoß können Stürze nicht nötig sein. Öffnungen werden bis zu einem gewissen Grad durch die sofortige Tragfähigkeit und die ganzheitliche Plattenwirkung von Brettsperrholz immer auch ohne anderen Sturzkonstruktionen möglich sein.

Holz ist generell ein relativ einfach bearbeitbarer Rohstoff und somit wären auch nachträglich auf der Baustelle Änderungen möglich. Jeglich ist der große Vorteil der Vorfabrikation jener, dass im Vorhinein gründlich geplant werden kann, wie die Ausführung vonstatten gehen sollte.

I3 Planung und Vermietung Planung und Flexibilität



Abbildung 157: I3 Planung und Vermietung: Planung und Flexibilität

Betrachtet man den Aufwand als Planer (Architekt, Statiker, etc.) liegen die drei Bausysteme relativ gleich auf. Sie sind alle drei Massivbauweisen und natürlich gebräuchliche Bausysteme und nichts ungewöhnliches. Selbst das Bauen mit Brettsperrholz bietet seit Jahren ein tiefgreifendes Know-How-Wissen und ist somit für Planer nichts außergewöhnliches mehr.

Die Komplexität während der Planungsphase hängt jedoch sehr stark vom Vorfertigungsgrad ab. Je höher dieser ist, desto vermehrt ist eine tiefgehende Planung von Nöten.

329 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Service, Download Center, Verarbeitungshinweise Porotherm Ziegelbausystem, S. 30-31

330 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Technik, Planungsrichtlinien, Schlitze und Durchbrüche

331 vgl. Isospan Baustoffwerk GmbH 2013, Download, Fertigwandmodule, Isospan Wohnbeton Doppelwand, S.2

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Beim **Hochlochziegel** (3,13 Punkte) ist lediglich die Einhaltung eines Rastermaßes von Vorteil. Obwohl es die Arbeiten auf der Baustelle vereinfacht, ist es dennoch nicht zwingend notwendig. Installationen sollten bereits im Vorfeld geklärt sein, können aber auch noch auf der Baustelle verändert werden.

Nicht so leicht ist dies aufgrund des Vorfertigungsgrades, bei den anderen beiden Bausystemen. Bei der **Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton** (2,09 Punkte) ist der Vorfertigungsgrad, durch die Lieferung als Wandelement, erhöht. Somit liegt dieses Bausystem bei der Bewertung des Planungsaufwandes im Mittelfeld.

Der Planungsaufwand mit **Brettsperrholz** (1,04 Punkte) ist auf Grund der detaillierteren Vorfertigung im Vergleich zu den Holzleichtbetonwandelementen klar am höchsten.

Auswahl

Punkte

mind. 66,7 Punkte (1/3), max. 200 Punkte

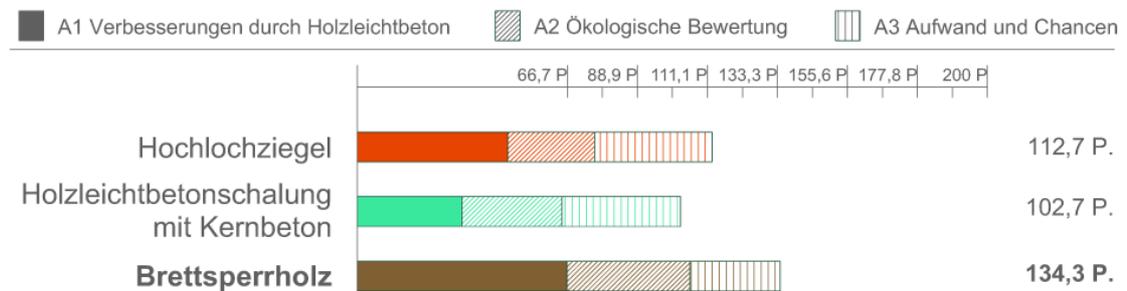


Abbildung 158: Gesamtpunkte Wand

Die Brettsperrholz-Wand besitzt die hohe Punkteanzahl von 134,3 von 200 möglichen Punkten und wird deshalb für die restliche Diplomarbeit weiter verwendet.

Werden die einzelnen Aspekte betrachtet, zeigt sich klar, dass Holzleichtbeton insbesondere in Verbindung mit Brettsperrholz sinnvoll anzuwenden ist. Bei dem ersten Aspekt "Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton" erzielen besonders die flächenbezogene Masse und das bewertete Schalldämmmaß eine gute Kompatibilität mit Holzleichtbeton. Durchaus verbessernd, aber nicht notwendig erscheint Holzleichtbeton im Bereich des Brand- und des Wärmeschutzes.

Hervorzuheben sind die positiven Eigenschaften von Brettsperrholz bei der ökologischen Bewertung beim Treibhauspotential und beim Primärenergieinhalt. Generell glänzt Brettsperrholz bei der ökologischen Bewertung. Einzig beim Versauerungspotential liefert Brettsperrholz schlechte Ergebnisse, im Vergleich zu den zwei anderen Bausystemen, ab.

Beim dritten Aspekt "Aufwand und Chancen" erzielt Brettsperrholz, im Vergleich zu der Hochlochziegelwand und der Wand aus einer Holzleichtbetonschalung mit Kernbetonfüllung, die geringsten Punkte. Ein Grund hierfür sind die Materialkosten. Die Brettsperrholzwand ist das kostenintensivste Bausystem. Es wurden die Stoffkosten inkl. der benötigten Dämmung betrachtet. Ein weiteres Instrument, dass Brettsperrholz wenig Punkte einbringt, ist die Sperrigkeit der Elemente. Dieses wird gemessen an der maximalen Länge und dem höchsten Gewicht eines Elementes. Diese Sperrigkeit wird vor allem durch einen hohen Vorfertigungsgrad verursacht. Der hohe Vorfertigungsgrad ermöglicht aber auch eine kurze Baustellendauer, die sich wenig um die Witterungseinflüsse zu kümmern hat. Auch besteht bei Brettsperrholz die Möglichkeit der

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Demontage. Die relativ geringe Bauteilstärke, welche inkl. der notwendigen Dämmung veranschaulicht wurde, im Vergleich zu den anderen beiden Systemen, minimiert den Mietflächenverlust und ermöglicht dem Brettsperrholz eine hohe Punkteanzahl.

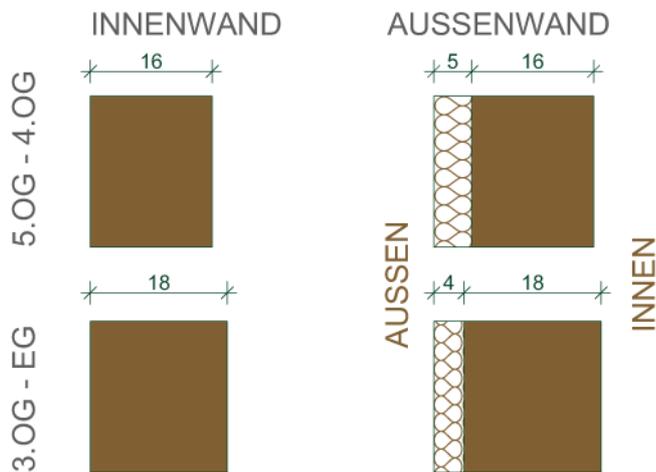


Abbildung 159: Bauteilstärke Brettsperrholz

Weiters wird durch den hohen Vorfertigungsgrad die Flexibilität auf der Baustelle gedämpft und vorallem der Planungsaufwand erhöht.

Die beiden anderen Bausysteme liegen relativ knapp zusammen, wobei die Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton weniger Punkte (102,7 Punkte) erreicht im Vergleich zur Hochlochziegelwand (112,7 Punkte).

3.3.1.2 Verwendung Holzleichtbeton

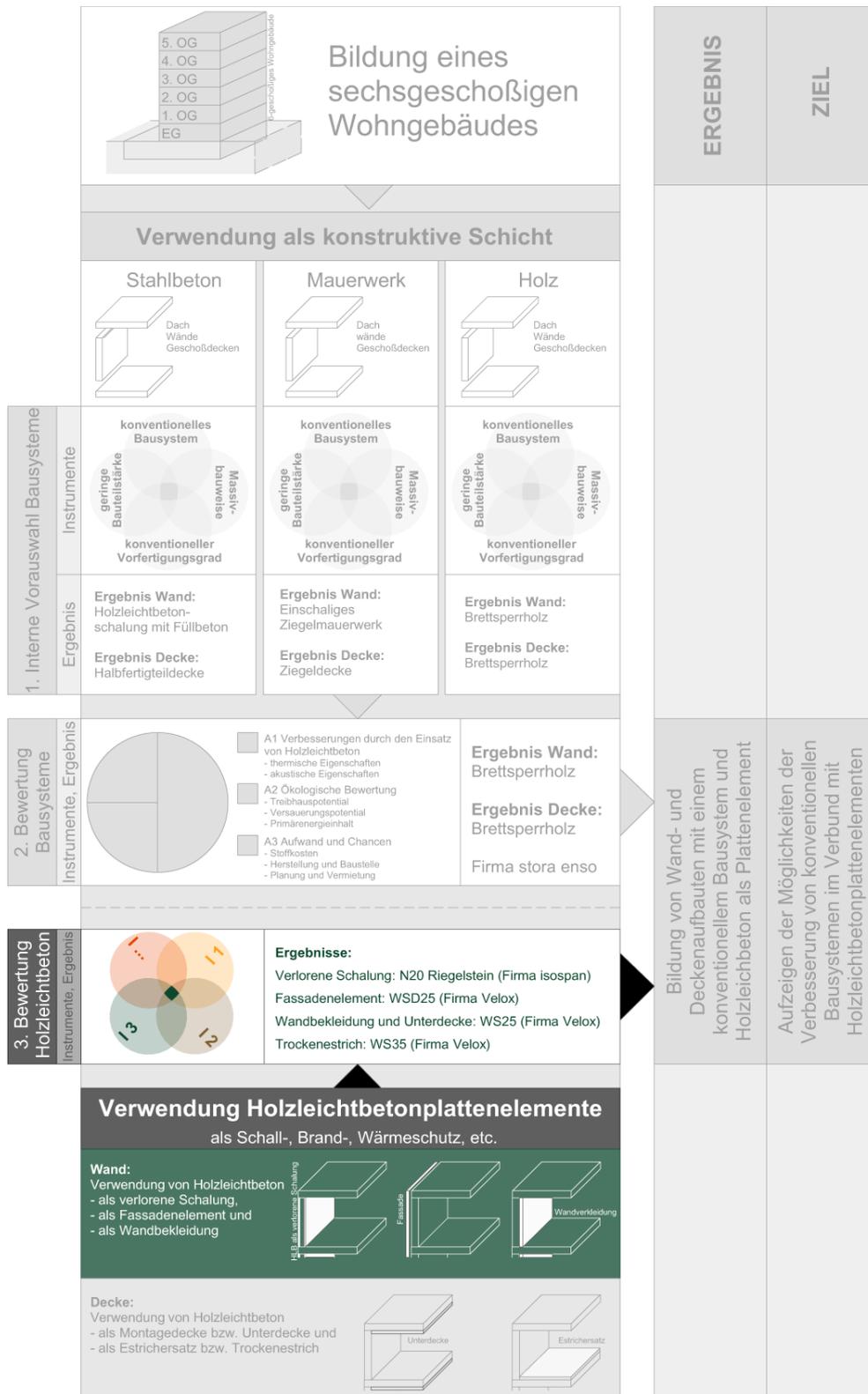


Abbildung 160: Übersicht Holzleichtbeton - Wand

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Der Einsatzbereich von Holzleichtbeton bei einer Außenwand ist bei der Gebäudehülle als Bauteil bzw. als Fassadenelement mit oder ohne Wärme-, Feuchte- und Brandschutzzeigenschaften. Im Innenraum kann Holzleichtbeton als Wandbekleidung zum Schutz vor Brand und / oder Schall angebracht werden.³³²

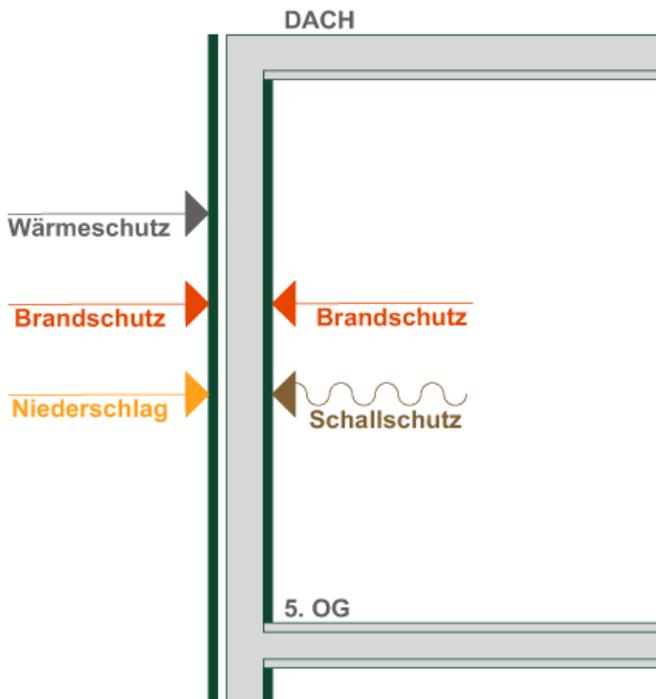


Abbildung 161: Möglicher Schutz durch Holzleichtbeton

Plattenprogramme werden von der Firma Velox Werk GesmbH und von der Firma Isospan Baustoffwerk GmbH in Österreich angeboten. Wobei die Firma Isospan Baustoffwerk GmbH nach momentanem Stand auch die Platten von der Firma Velox Werk GesmbH bezieht und somit nicht in diese Bewertung einfließt.³³³

Die Firma Velox Werk GesmbH besitzt einen Standort in Kärnten, in 9422 Maria Rojach, Dachberg 10.

332 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 37-40

333 vgl. Schilcher 2016, E-Mail: Produktinformation zu N20 End-/Riegelstein

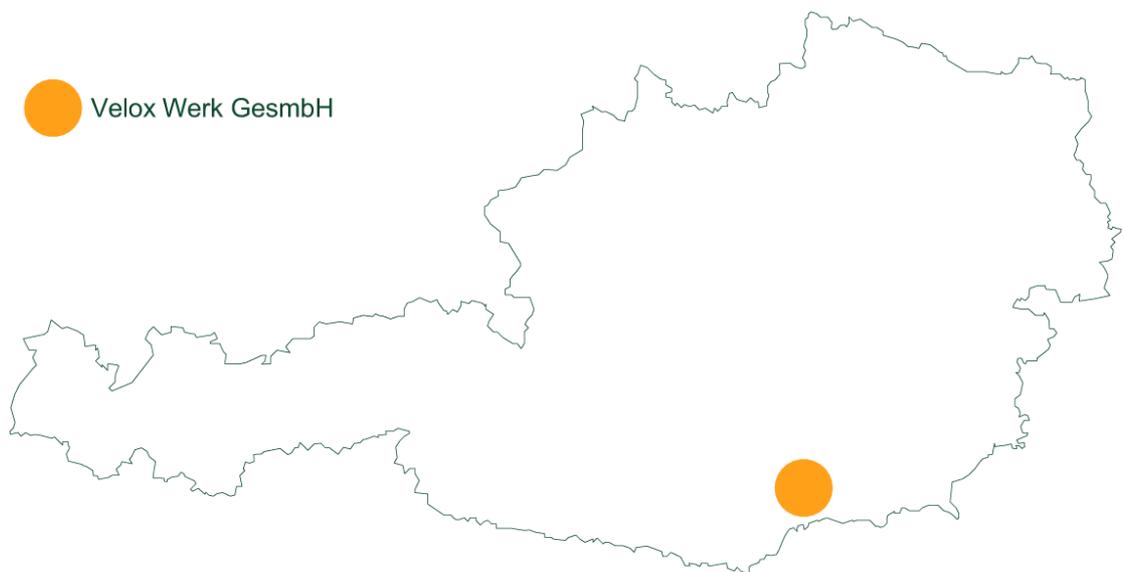
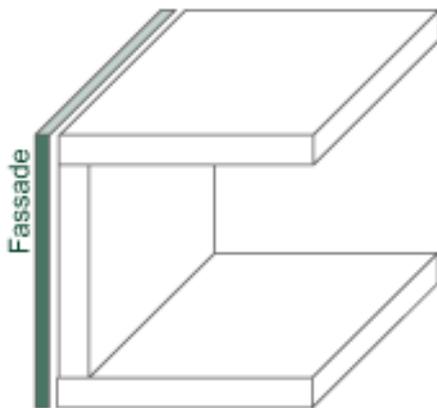


Abbildung 162: Plattenprogramme aus Holzleichtbeton, Firma Velox Werk GesmbH in Österreich

Fassade



Der Einsatz von Holzleichtbeton als Außenbekleidung wird in dieser Arbeit als vorgehängte Fassade ermöglicht. Je geringer die Porosität der Oberfläche von Holzleichtbeton ist, desto mehr wird der Eintritt von Wasser in das Material erschwert. Holzleichtbeton weist eine gute Dauerhaftigkeit und gemessen an Frost-Tau-Wechsel-Prüfungen, eine hohe Witterungsbeständigkeit auf. Unbehandeltes Holz nimmt Wasser auf, welches es durch die Offenporigkeit aber auch schnell wieder verliert. Eine Beschichtung kann insbesondere an witterungsanfälligen Flächen von Nöten sein.³³⁴

Außenbekleidungen sollen vor allem Schutz vor Feuchte, insbesondere Schlagregen,

334 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 94-103

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Schutz vor Temperatureinwirkungen, Solarstrahlung und Wind geben.³³⁵ Die Verwendung von Holzleichtbeton als Bauteil bzw. als vergehängtes Fassadenelement ermöglicht außerdem vielseitige Gestaltungsmöglichkeiten.

Im Folgenden werden die für die Fassade möglichen, Plattenelemente aufgelistet, welche die Firma Velox Werk GesmbH anbietet. Diese Platten wurden besonders in Bezug auf das Brandverhalten, die Kosten und die Feuchtigkeitsabweisung ausgewählt. Weiters werden auch Platten verwendet, die insbesondere als Dekorverkleidung dienen, da die Fassade auch als gestalterisches Element eingesetzt werden kann. Anschließend werden diese Platten mithilfe von Instrumenten bewertet.

Firma Velox Werk GesmbH:

WS25, WS35, WS50, WSD25, WSD30, WSD35, WSD50, WSDI35, ES-EPS85, ES-EPS115, ES-EPS135, ES-EPS135plus, ES-EPS185, ES-EPS185plus und WS-EPS/T 79.
Lärmschutzplatten: WSS35, WSS50, WSR50, WSA50, WCA50, WSO80, WSW85, WCO80, WCW85, WCK85³³⁶

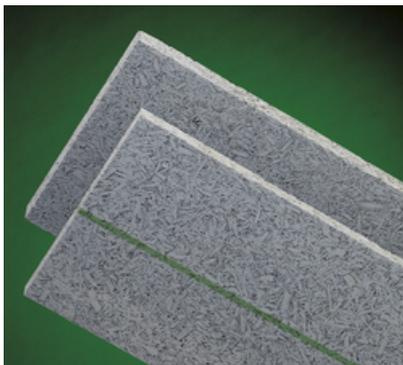


Abbildung 163: Holzleichtbetonplatte der Firma Velox Werk GesmbH³³⁷

335 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 38-43

336 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente
Nicht in die Bewertung fließen die Platten WSI25, WSI35 und WSI50 ein, da sie für den Innenausbau und die Beplankung von Holzkonstruktionen verwendet werden. Die Platte WS100 wird lt. Firma Velox Werk GesmbH als nichttragende Innenwand verwendet und ist somit als Fassadenplatte schwer verwendbar.

337 Abb. 163: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Mantelbetonprodukte

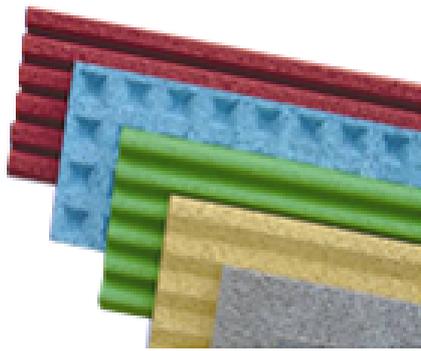


Abbildung 164: Lärmschutzplatten aus Holzleichtbeton ³³⁸

Ein Nachteil des Bausystems Brettsperrholz, der von der Holzleichtbetonfassade kompensiert werden soll, ist ein geeignetes Brandverhalten inklusive der Vermeidung des Brandüberschlags zwischen den Geschoßen zu erhalten. Die vorher bewertete und ausgewählte Brettsperrholz-Wand besitzt zwar einen angemessenen Wärmeschutz mit ausreichendem U-Wert, sie kann jedoch durch den Einsatz von Holzleichtbeton weiter verbessert werden.

Weitere Aspekte, die für die Auswahl einer Platte der Firma Velox Werk GesmbH betrachtet werden, sind die Stoffkosten, die Bauteilstärke und die Feuchtigkeitsabweisung, welche mit der Rohdichte klassifiziert wird.

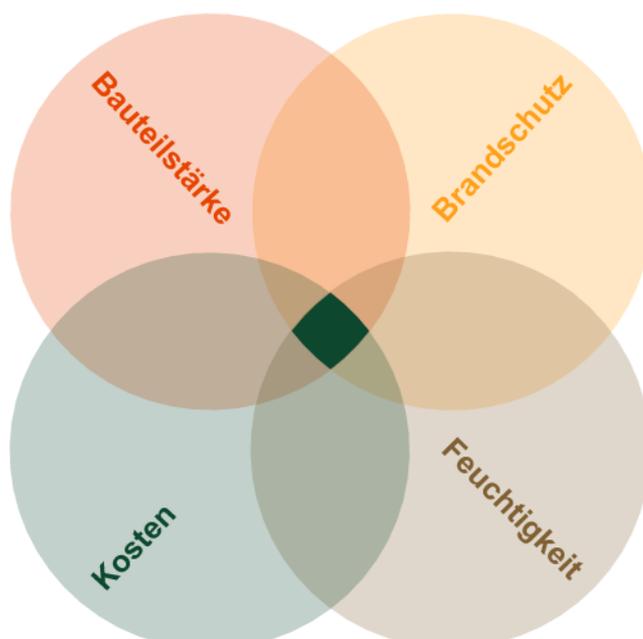


Abbildung 165: Entscheidungskriterien

Bei den Entscheidungskriterien wird der bestmögliche Wert mit 100 Prozent

³³⁸ Abb. 164: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Lärmschutz

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

angenommen. Die Platten, die sich innerhalb einer Diskrepanz von zusätzlich 35 Prozent befinden, werden weiter in die Bewertung einfließen. Die restlichen Platten scheidern aufgrund der zu großen Abweichung von der besten Variante aus.

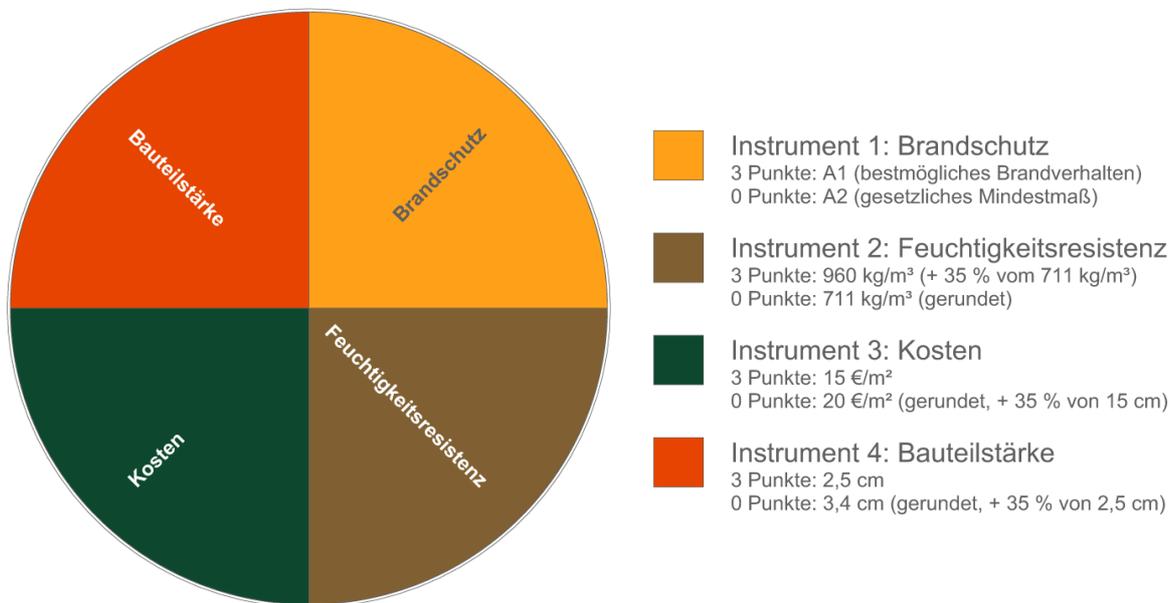


Abbildung 166: Instrumente und Gewichtung

- **Brandschutz:** Die Außenschicht des Fassadensystems sollte lt. OIB-Richtlinie mind. in A2-d1³³⁹ ausgeführt werden. Dieser Wert ist ein Mindestwert und verschafft den Platten keine Punkte. Eine Ausführung in A1 ist grundsätzlich besser und würde den Platten jeweils die volle Punktzahl bringen, d.s. 3 Punkte.
- **Feuchtigkeitsresistenz:** Für eine Fassadenplatte ist es essentiell, wenig Feuchtigkeit aufzunehmen oder diese schnell wieder abzugeben. Die Rohdichte bildet ein wichtiges Indiz zur Messung der möglichen Feuchtigkeitsaufnahme. 3 Punkte erhält die Platte, die eine hohe Rohdichte von 960 kg/m³ (135 %) aufweist. Das Mindestmaß der Rohdichte beträgt hingegen 711 kg/m³ (100 %). Werte darunter werden nicht weiter in die Bewertung einfließen.
- **Kosten:** Die Kosten für ein Produkt bilden einen wesentlichen Faktor für die Kaufentscheidung. Die Platte, die weiter bewertet wird und am günstigsten ist, besitzt einen Quadratmeterpreis von 15 € (100 %). Die Spannweite von + 35 % wird wieder eingehalten. Somit scheidern alle Platten, die über 20 €/m² kosten, aus.

339 vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 14

- **Bauteilstärke:** Eine zu hohe Bauteilstärke führt einerseits zu unnötig hochdimensionierten Fassadenunterkonstruktionen und andererseits wird auch der mögliche Mietflächenverlust durch die Bauteilstärke der Fassadenplatte beeinflusst. Die geringstmögliche Dicke aller Platten der Firma Velox Werk GesmbH beträgt 2,5 cm. Mit der üblichen Bandbreite von +35 % beträgt die max. Stärke 3,4 cm.

I1. Brandschutz

mind. Brandverhalten A2, bestmögliches Brandverhalten A1

Die Außenschicht des Fassadensystems, welche in diesem Fall Holzleichtbeton ist, muss in A2-d1 ausgeführt sein.³⁴⁰ Dieses Brandverhalten verhindert neben den baulichen Maßnahmen den Brandüberschlag von einem Geschoß ins andere. Das Brandverhalten A1 ist die bestmögliche Kategorie des Brandverhaltens und erzielt damit auch die höchste Punktezahl.

340 vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 14

I1 Brandschutz

		Brandverhalten (mind. A2-d1 nötig)						Punkte			
		A1	A2	B	C	D	E	F	1 Punkt	2 P.	3 P.
VELOX	WS25	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS35	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSD25	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSD30	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSD35	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSD50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSDI35	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS85	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS115	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS135	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS135plus	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS185	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS185plus	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WS-EPS/T 79	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSS35	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSS50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSR50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSA50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WCA50	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSO80	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WSW85	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WCO80	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
	WCW85	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.
WCK85	A2-s1, d0	[Orange bar]								0,00 P.	

Abbildung 167: I1 Brandschutz: Brandverhalten

Gemäß Klassifizierungsbericht der TU Wien und MA 39, werden alle zementgebundenen Holzspanplatten in das Brandverhalten A2-s1, d0 eingestuft.³⁴¹ Keine der Platten erhält Punkte, da alle nur das Mindestmaß erfüllen.

341 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

12. Feuchtigkeitsresistenz

mind. 711 kg/m³, max. 960 kg/m³

Durch die Offenporigkeit von Holzleichtbeton ergibt sich ein Problem mit der Feuchtigkeitsabweisung.³⁴² Somit ist für die Auswahl der geeigneten Fassadenplatten eine geringe Porosität nötig. Poröse Bauteile weisen eine geringe Rohdichte³⁴³ auf, somit sollte in diesem Punkt die Rohdichte³⁴⁴ der Platten hoch sein. Eine Platte erreicht die max. Rohdichte von 960 kg/m³ (135 %). Daraus resultiert die Mindestrohichte von 711 kg/m³ (100 %), die nicht unterschritten werden darf.

342 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 38-43

343 $[\text{kg/m}^2] / [\text{m}] = [\text{kg/m}^3]$ entspricht: flächenbezogene Masse / Bauteildicke = Rohdichte

344 $3 \times (960 - \text{Variable}) / (960 - 711)$
Variablen: 750 kg/m³, 886 kg/m³, 960 kg/m³

I2 Feuchtigkeitsresistenz

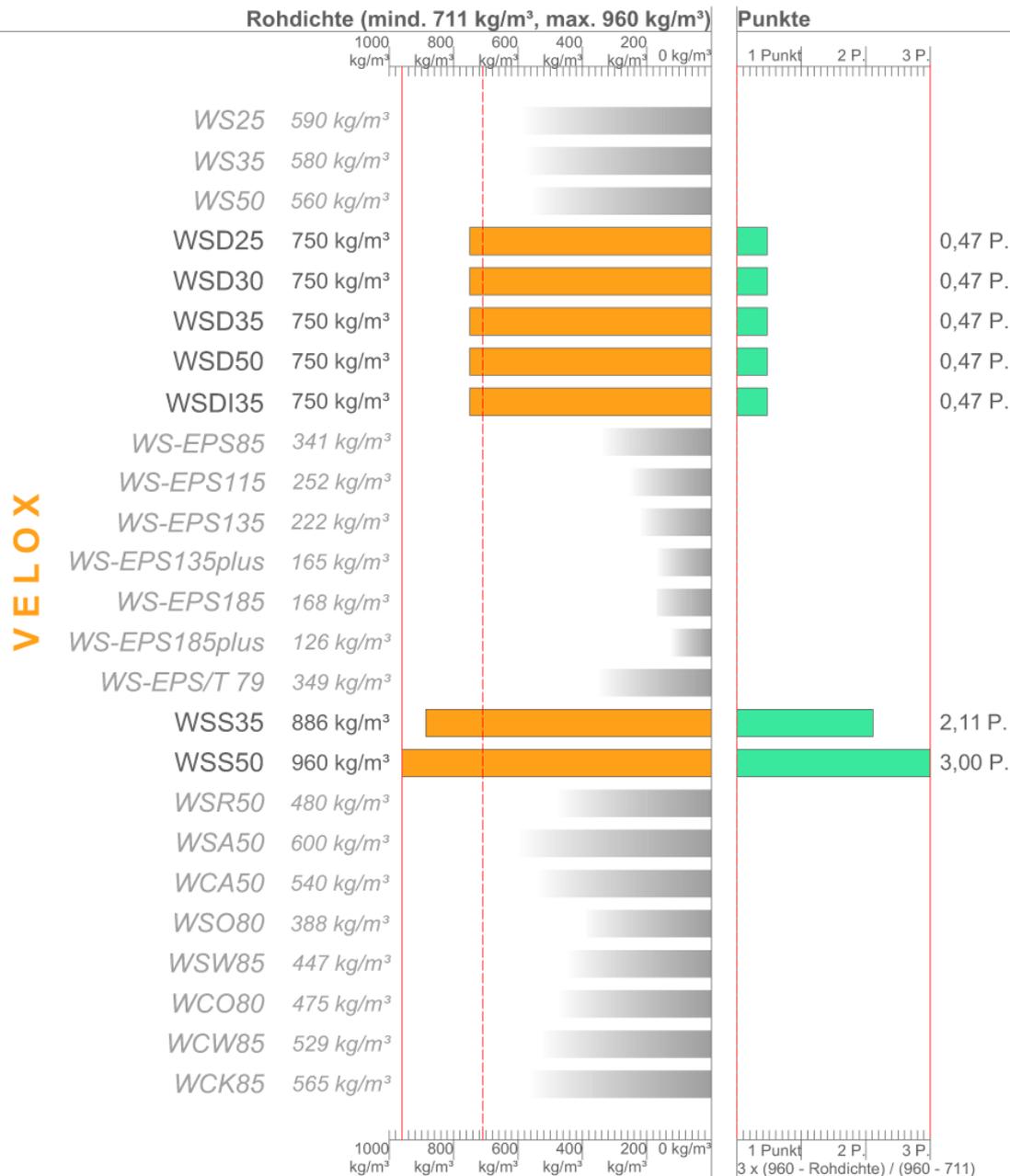


Abbildung 168: I2 Feuchtigkeitsresistenz: Rohdichte

Die höchste Rohdichte und somit das größte Maß an Feuchtigkeitsabweisung bietet die Platte **WSS50** (3 Punkte) mit **960 kg/m³**. Gefolgt von der Platte **WSS35** (2,11 Punkte) mit 886 kg/m³. An dritter Stelle liegen fünf Platten, **WSD25**, **WSD30**, **WSD35**, **WSD50** und **WSDI35**, mit jeweils **750 kg/m³** und 0,47 Punkten.

Es befinden sich einige Platten unter 711 kg/m³, die in der Bewertung nicht weiter verfolgt werden, da sie als Fassadenplatte nicht in Betracht gezogen werden.

I3. Kosten (exkl. Umsatzsteuer)

mind. 15 €/m², max. 20 €/m²

Die Kosten³⁴⁵ der Plattenelemente der Holzbetonfirma Velox Werk GesmbH werden aufgelistet und gewichtet.³⁴⁶ Die geringsten Kosten von 15 €/m² werden mit 3 Punkten bewertet. Mit einer Draufgabe von 35 Prozent liegt die Bandbreite von 15 €/m² bis 20 €/m². Teurere Produkte scheiden aus der Bewertung aus.

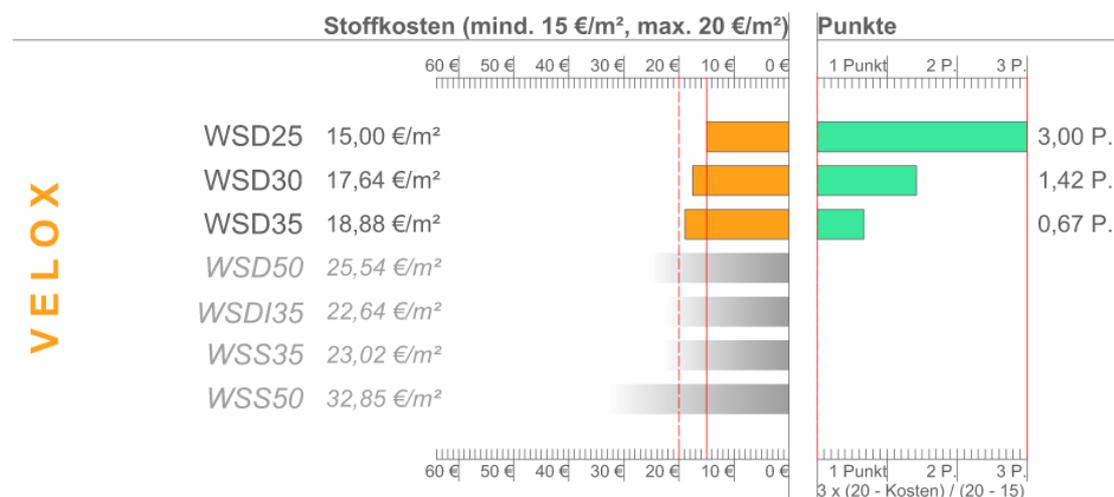
I3 Kosten (exkl. USt.)

Abbildung 169: I3 Kosten: Stoffkosten

Werden die Stoffkosten für die Fassadenelemente betrachtet, liegt insbesondere die Platte **WSD25** (3 Punkte) mit **15,00 €/m²** vorn. Weiters sind die Platten **WSD30** (1,42 Punkte) mit **17,64 €/m²** und **WSD35** (0,67 Punkte) mit **18,88 €/m²** sehr kostengünstige Varianten.

Nicht mehr in die Bewertung fließen die Produkte WSD50, WSDI35, WSS35, WSS50 ein, da sie Materialkosten über 20 € pro Quadratmeter verursachen.

345 $3 \times (20 - \text{Variable}) / (20 - 15)$

Variablen = 15,00 €/m², 17,64 €/m², 18,88 €/m²

346 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

I4. Bauteilstärke

mind. 2,5 cm, max. 3,4 cm

Je höher die Bauteilstärke³⁴⁷ der Fassadenplatte, desto mehr Kräfte müssen von der Unterkonstruktion in die Wand eingeleitet werden, was eine komplexere Unterkonstruktion zur Folge hat.³⁴⁸ Der geringste Wert beträgt 2,5 cm, d.s. 100 Prozent. Mit einem Aufschlag von 35 Prozent liegt die maximale Bauteilstärke bei 3,4 cm. Die Platten darüber werden nicht weiter bewertet.

I4 Bauteilstärke

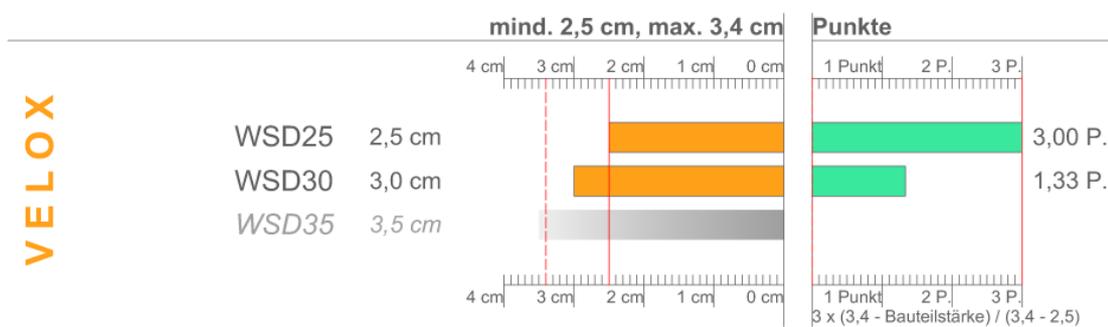


Abbildung 170: I4 Bauteilstärke

Die geringste Bauteildicke, welche die Platte **WSD25** besitzt, beträgt **2,5 cm** (3 Punkte). Darauf folgend die Platte **WSD30** mit einer Bauteilstärke von **3 cm** und erzielten 1,33 Punkten.

An letzter Stelle steht das Produkt WSD35 mit einer Bauteilstärke von 3,5 cm. Da diese oberhalb des Maximalwertes liegt, scheidet diese Platte aus.

347 $3 \times (3,4 - \text{Variable}) / (3,4 - 2,5)$
Variablen: 2,5 cm, 3 cm

348 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

Auswahl

Punkte

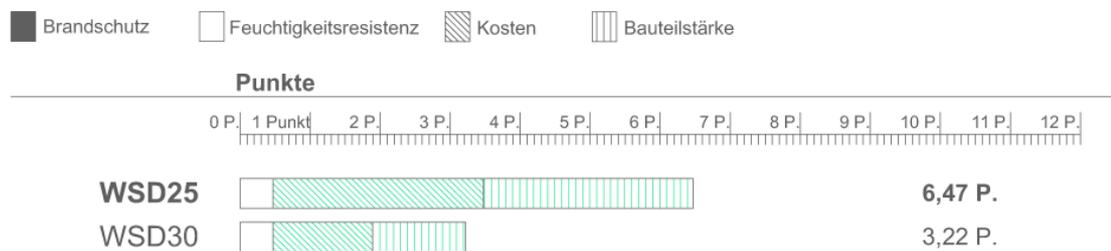


Abbildung 171: Holzleichtbeton als Fassadenelement: Punkte

Mit **6,47 erreichten Punkten von 12 Punkten** liegt die Platte **WSD25** an erster Stelle.

Bezüglich der Brandschutzklasse befinden sich alle Platten der Firma Velox Werk GesmbH in der Klasse A2-s1, d0. Somit erzielt auch die Platte WSD25 diese Brandschutzklasse. Da das Brandverhalten A2 das gesetzliche Mindestmaß ist, ist dies zwar erreicht, aber es können keine Punkte vergeben werden.

Die hohe Rohdichte von 750 kg/m^3 der Platte bewirkt eine feuchteabweisende Oberfläche im Gegensatz zu poröser Oberflächen, die oftmals an einer geringen Rohdichte zu erkennen sind. Die relativ geringe Punkteanzahl rührt daher, dass natürlich die Lärmschutzplatten noch höhere Werte aufweisen.

Bei den Kosten pro Quadratmeter liegt die Platte WSD25 an guter zweiter Stelle mit $15,00 \text{ € pro m}^2$.

Ein großer Vorteil dieser Platte ist die geringe Bauteilstärke von $2,5 \text{ cm}$, die die Wanddicke optimiert und unnötiges Gewicht einspart.

Wandverkleidung



Holzleichtbeton wird als Wandverkleidung eingesetzt. Daraus resultiert eine grundlegende Überlegung. Holzleichtbeton benötigt Poren, um akustisch wirksam zu funktionieren. Optisch ansprechend fungiert jedoch eher eine geschlossenes Gefüge. Die Notwendigkeit einer Beschichtung von Holzleichtbeton im Innenraum ergibt sich aus Dauerhaftigkeits- und Beständigkeitsgedanken. Dies kann auch als farblose Beschichtung funktionieren, um die Eigenfarbigkeit von Holzleichtbeton zu belassen.³⁴⁹

Die zur Bewertung herangezogenen Platten der Firma Velox Werk GesmbH werden unten angeführt und darauffolgend mit Instrumenten bewertet. Die Auswahl erfolgte nach dem Anwendungsgebiet Innenraum und gemäß der Firma Velox Werk GesmbH.

Firma Velox Werk GesmbH:

WS25, WS35, WS50, WS75, WS100, WSD25, WSD30, WSD35, WSD50, WSDI35, WSI35, WSI50, WSI75, WS-EPS85, WS-EPS115, WS-EPS135, WS-EPS135plus, WS-EPS185, WS-EPS185plus und WS-EPS/T 79³⁵⁰

349 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 94-103

350 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente
Die Lärmschutzplatten WSS35, WSS50, WSR50, WSA50, WCA50, WSW85, WCO80, WCW85, WCK85 sind klar für den Außenbereich deklariert, deshalb fließen diese Platten nicht in diese Bewertung ein.

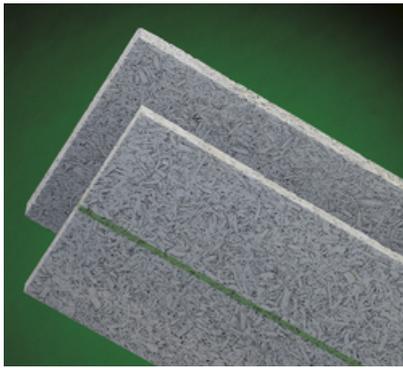


Abbildung 172: Holzleichtbetonplatte der Firma Velox Werk GesmbH ³⁵¹

Die Potentiale der Verwendung von Holzleichtbeton im Innenraum liegen beim Brand- und Schallschutz sowie bei der Verwendung als Gestaltungselement. Die folgenden Nachteile der Brettsperrholz-Wand werden auch hier wieder mit Holzleichtbeton verringert. Die Nachteile sind das Brandverhalten und vorallem die Schalldämmung. Weitere Elemente, die betrachtet werden sind die Stoffkosten, die Rohdichte zur Betrachtung der ästhetischen und lichtbezogenene Merkmale und der Mietflächenverlust durch die Anbringung der Platten.

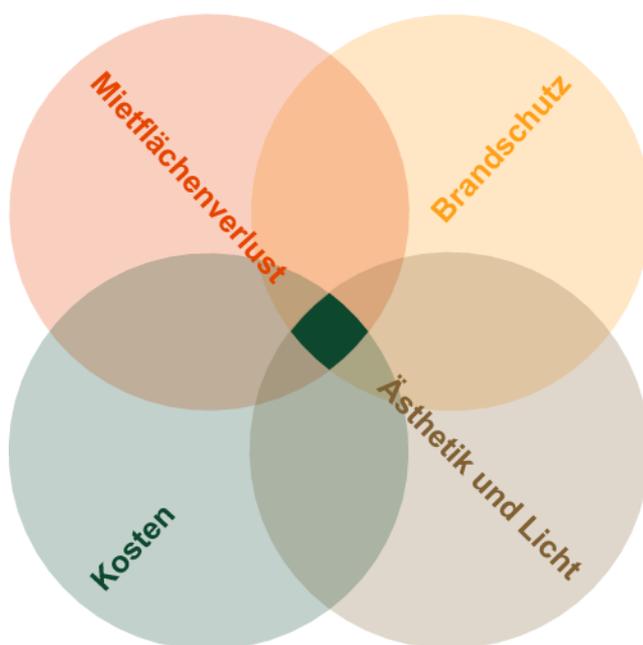


Abbildung 173: Entscheidungskriterien

Betrachtet wird der kleinste gemeinsame Nenner, d.h. dass ein Bereich von 100 bis 135 Prozent weiter in die Bewertung einfließt. Die darüber oder darunter liegenden Platten werden ausgeschieden.

351 Abb. 172: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Mantelbetonprodukte

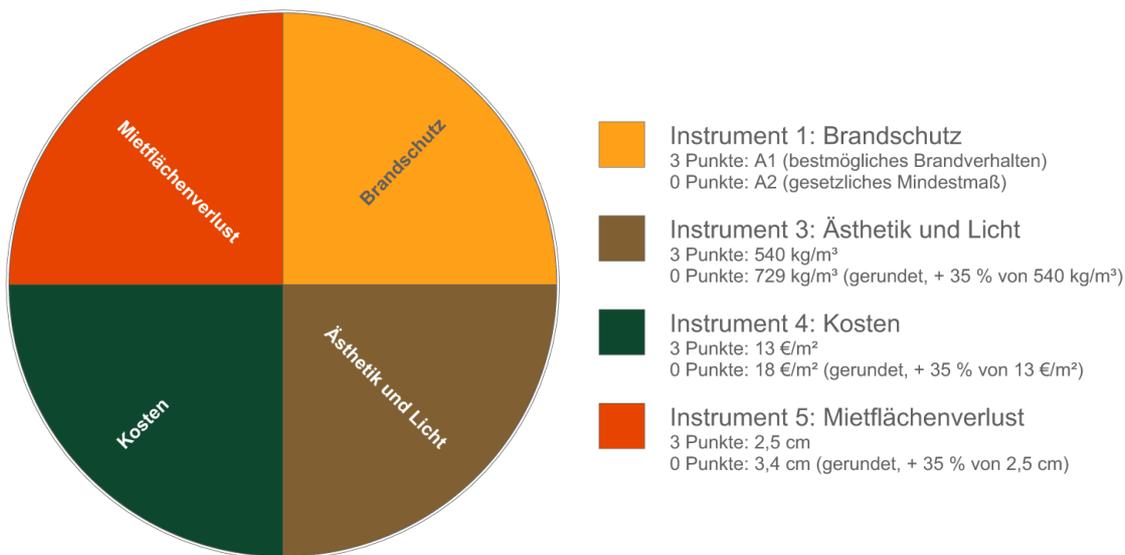


Abbildung 174: Instrumente und Gewichtung

- **Brandschutz:** Wandbeläge müssen in der Gebäudeklasse 5 und mit sechs oberirdischen Geschoßen in A2-s1, d0³⁵² ausgeführt werden. Dies gilt zwar nur in Treppenhäusern, wurde aber als allgemeines Kriterium übernommen. Dieses Mindestmaß verschafft den Platten keine Punkte. Mit einer Ausführung in A1 werden 3 Punkte erzielt.
- **Ästhetik und Licht:** Holzleichtbeton besitzt eine Eigenfarbigkeit, die insbesondere durch einen hohen Holz-/Zementwert zum Vorschein kommt. Auch eine gewisse Porosität verhilft Holzleichtbeton zu einem ästhetisch wertvollem Erscheinungsbild. Beide Eigenschaften, ein hoher Holz-/Zementwert wie auch eine große Porosität, sind zu einem großen Teil von einer geringen Rohdichte abhängig. Die große Porosität begünstigt auch die schalltechnische Abschirmung. Die geringste Rohdichte von 540 kg/m³ erzielt die volle Punkteanzahl. Keine Punkte werden mit 729 kg/m³ (135 %) erreicht. Sollten Platten darüber liegen, werden sie nicht weiter verwendet.
- **Kosten:** Die Kosten der Platten sind ein wichtiger Faktor um sich für das Produkt zu entscheiden. Die geringsten Kosten einer Platte der Firma Velox Werk GesmbH betragen 13 €/m² (100 %). Als Obergrenze wurde ein Materialpreis von 18 €/m² bzw. 135 Prozent festgelegt.
- **Mietflächenverlust:** Je mehr Fläche man vermieten oder verkaufen kann, desto vorteilhafter. Somit ist die Plattenstärke ein wichtiges Bewertungskriterium zur

352 vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 4-15

Auswahl des optimalen Produktes. Die Mindeststärke beträgt 2,5 cm während die max. Plattenstärke bei 3,4 cm (135 %) liegt.

I1. Brandschutz

mind. Brandverhalten A2, bestmögliches Brandverhalten A1

Das Brandverhalten A2-s1,d0 ist für Wandbeläge in Treppenhäusern lt. OIB-Richtlinie obligat und sollte somit als Mindestwert auch für alle anderen Räume eingehalten werden um die Flexibilität in der Grundrissgestaltung zu bewahren. Dieser Mindestwert erzielt keine Punkte. Das bestmögliche Brandverhalten A1 schafft somit die volle Punktenanzahl, d.s. 3 Punkte. Schlechtere Brandverhalten scheiden für die weitere Bewertung aus.

I1 Brandschutz

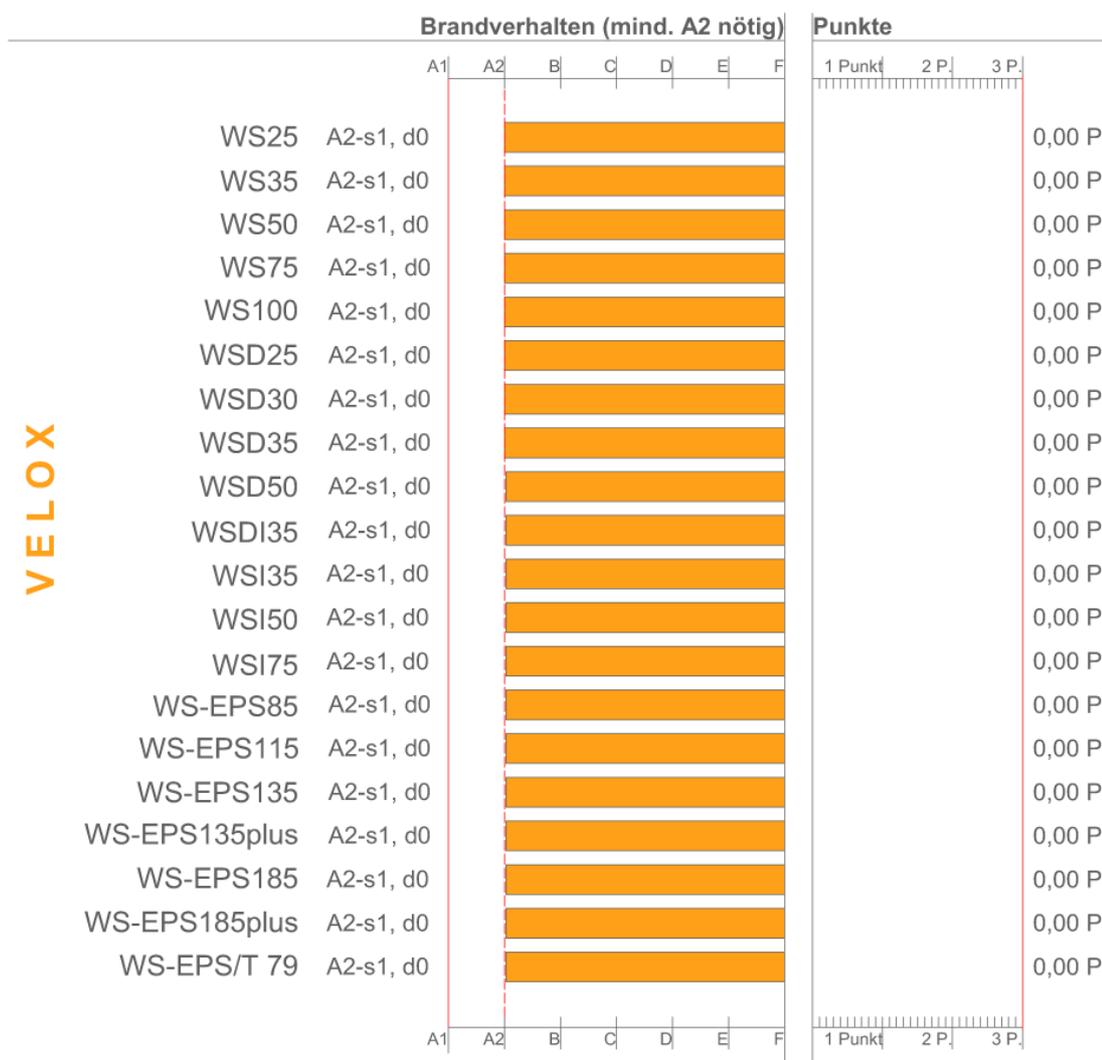


Abbildung 175: I1 Brandschutz: Brandverhalten

Alle Platten besitzen ein Brandverhalten von A2-s1,d0 lt. Klassifizierungsbericht der TU Wien bzw. der MA 39³⁵³ und erhalten keine Punkte, da sie nur das Mindestmaß erfüllen.

353 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

12. Ästhetik und Licht

mind. 540 kg/m³, max. 729 kg/m³

Holz verringert die Farbtemperatur und steigert dadurch die Behaglichkeit bei geringen Beleuchtungsstärken. Weiters dient Holz als Reflektor. Diese Wirkungen können energiesparend sein, da Kunstlicht später eingeschaltet wird.³⁵⁴ Je höher der H/Z-Wert ist, desto mehr kommt dieser Effekt zum Tragen. Für dieses Instrument wird die Rohdichte³⁵⁵ betrachtet.

Bei den Platten, die mit einer zusätzlichen Dämmschicht ausgeführt werden, wird natürlich nur die sichtbare Holzleichtbetonschicht betrachtet. Bei den Platten WS-EPS85, WS-EPS115, WS-EPS135, WS-EPS135plus, WS-EPS185 und WS-EPS-185plus wird die Platte WS35 in Verbindung mit einer EPS-Dämmung verwendet. Die Platte WS-EPS/T 79 besteht aus einer EPS-Dämmung und der Platte WSD35.

Die bestmögliche Punkteanzahl wird mit einer Rohdichte von 540 kg/m³ (100 %) erreicht während die Rohdichte von 729 kg/m³ (135 %) zu keinen Punkten verhilft. Die Produkten über diesem Wert werden ausgeschieden.

354 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 33-45

355 $[\text{kg/m}^2] / [\text{m}] = [\text{kg/m}^3]$ entspricht: flächenbezogene Masse / Bauteildicke = Rohdichte
 $3 \times (729 - \text{Variable}) / (729 - 540)$

Variablen: 540 kg/m³, 560 kg/m³, 580 kg/m³, 590 kg/m³

vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen

vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

I2 Ästhetik und Licht

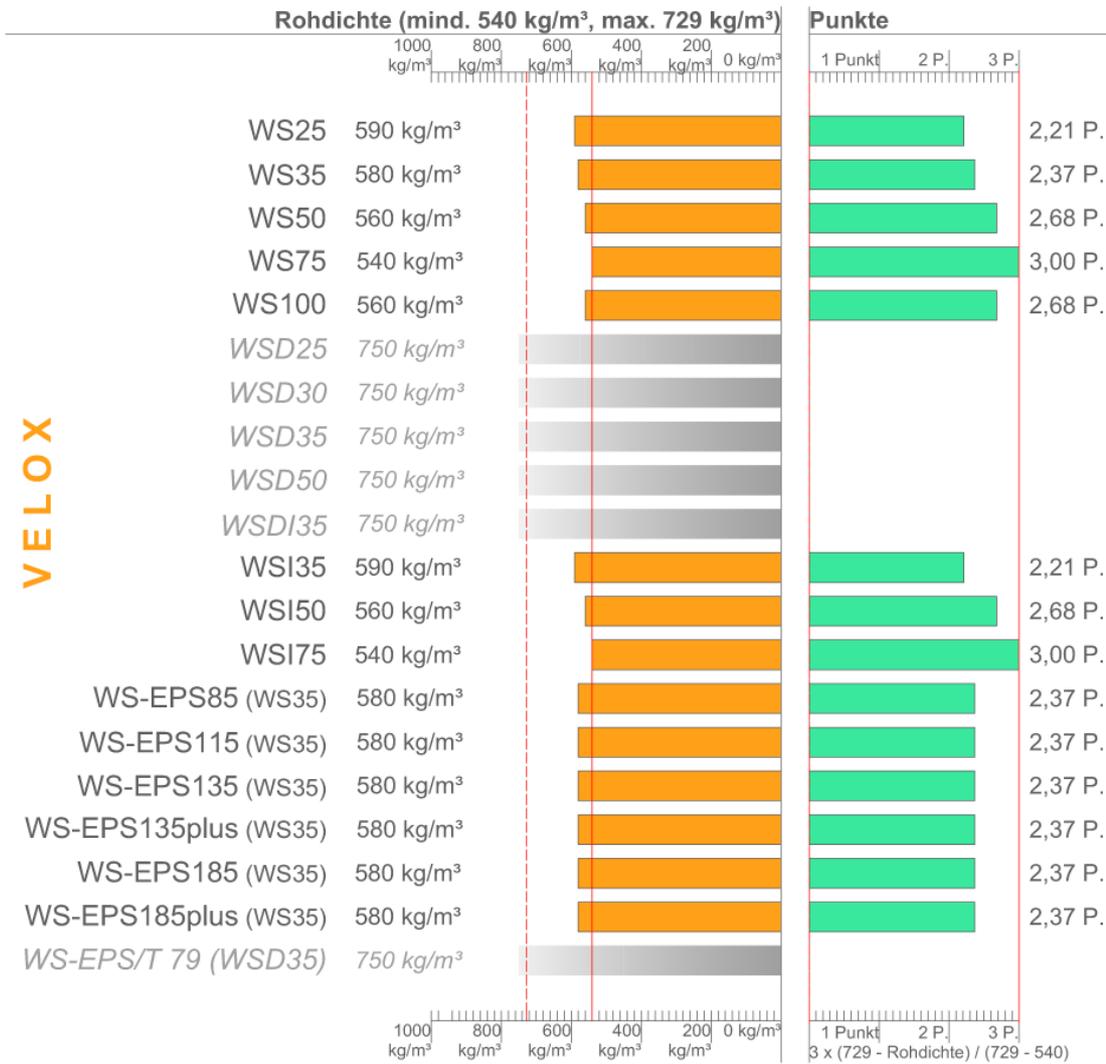


Abbildung 176: I2 Ästhetik und Licht: Rohdichte

Die meisten Punkte bzw. 3 Punkte erzielen die Platten **WS75** und **WSI75** mit jeweils **540 kg/m³**. An zweiter Stelle liegen die Platten, die eine Rohdichte von **560 kg/m³** besitzen. Diese sind die Platten **WS50**, **WS100** und **WSI50** mit jeweils 2,68 Punkten. Weiter bewertet werden die Produkte mit einer Rohdichte von **580 kg/m³** und **590 kg/m³**.

I3. Kosten

mind. 13 €/m², max. 18 €/m²

Die Kosten³⁵⁶ der Plattenelemente der Firma Velox Werk GesmbH werden aufgelistet und gewichtet.³⁵⁷ Die günstigste Variante besitzt einen Quadratmeterpreis von 13 €. Mit 35 Prozent Aufschlag erzielen die max. Kosten 18 €/m². Die Produkte, die über diesen Kosten liegen, fallen aus der Bewertung.

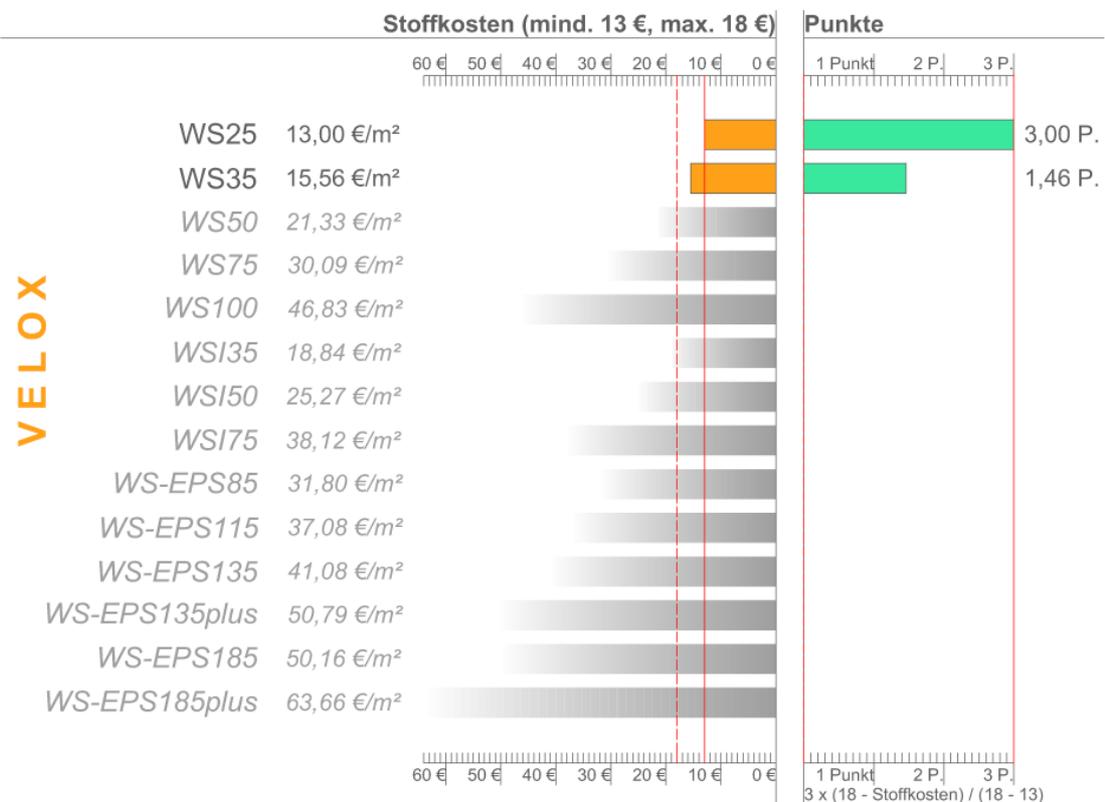
I3 Kosten (exkl. USt.)

Abbildung 177: I3 Kosten: Stoffkosten

Der geringste Wert für den Quadratmeter schafft die Platte **WS25** (3 Punkte) mit **13 €/m²** gefolgt von der Platte **WS35** (1,46 Punkte) mit **15,56 €/m²**. Die restlichen Platten werden nicht weiter behandelt.

356 $3 \times (18 - \text{Variable}) / (18 - 13)$
Variablen = 13,00 €/m², 15,56 €/m²

357 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

14. Mietflächenverlust

mind. 2,5 cm, max. 3,4 cm

Eine hohe Plattenstärke³⁵⁸ eines Elements verursacht, wenn auch in geringem Maße eine Verbreiterung der Wand und einen dadurch entstehenden Mietflächenverlust. Dieser ist jedoch durch geringere Plattenstärken leicht vermeidbar.³⁵⁹ Die geringste Stärke beträgt 2,5 cm. Gemäß den anderen Instrumenten wird der Grenzwert bei 135 %, d.s. 3,4 cm, festgelegt. Darüberliegende Produkte scheidet aus.

14 Mietflächenverlust

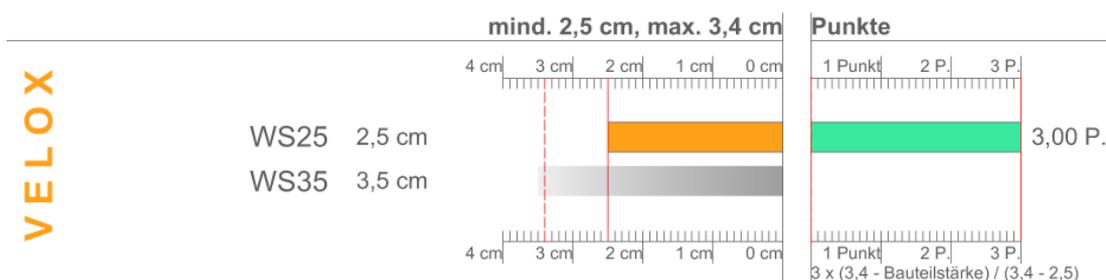


Abbildung 178: 14 Mietflächenverlust

Der geringste Mietflächenverlust wird mit der Platte **WS25** mit **2,5 cm** ermöglicht. Diese Platte erhält 3 Punkte. Da die Bauteilstärke der Platte WS25 mit 3,5 cm außerhalb der Bandbreite liegt, scheidet diese aus.

358 $3 \times (3,4 - \text{Variable}) / (3,4 - 2,5)$
Variablen: 2,5 cm

359 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

Auswahl

Punkte

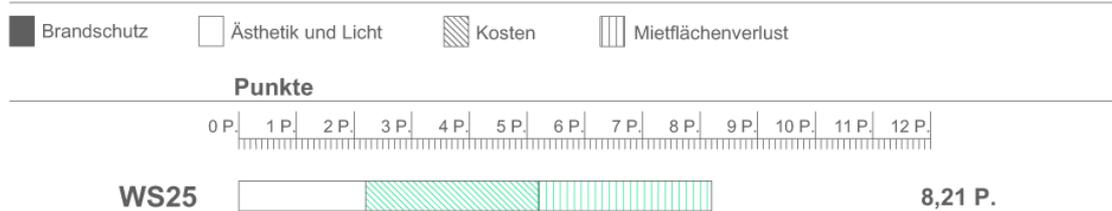


Abbildung 179: Holzleichtbeton als Wandbekleidung

Zur Verwendung als Wandverkleidung fungiert die Platte **WS25** der Firma Velox Werk GesmbH, welche **8,21 Punkte von möglichen 15 Punkten** erreicht hat.

Die Platte liegt mit ihrem Brandverhalten in der Brandschutzklasse A2-s1,d0. Da nur das Mindestmaß erfüllt wird, können keine Punkte vergeben werden.

Die Platte besitzt eine Rohdichte von 590 kg/m^3 und befindet sich eher im geringeren Gewichtsbereich. Dies fördert die Erkennbarkeit der Eigenfarbigkeit des Holzes, welches sich positiv auf die Behaglichkeit auswirken kann.

Eine weitere positive Eigenschaft dieser Platte sind die geringen Stoffkosten von $13,00 \text{ €/m}^2$.

Weiters kann durch die geringe Bauteilstärke von 2,5 cm die Mietfläche optimiert werden.

Der benötigte Schallschutz kann durch die Entkopplung der Wandverkleidung oder durch andere konstruktive Maßnahmen ermöglicht werden.

3.3.1.3 Detaillierung

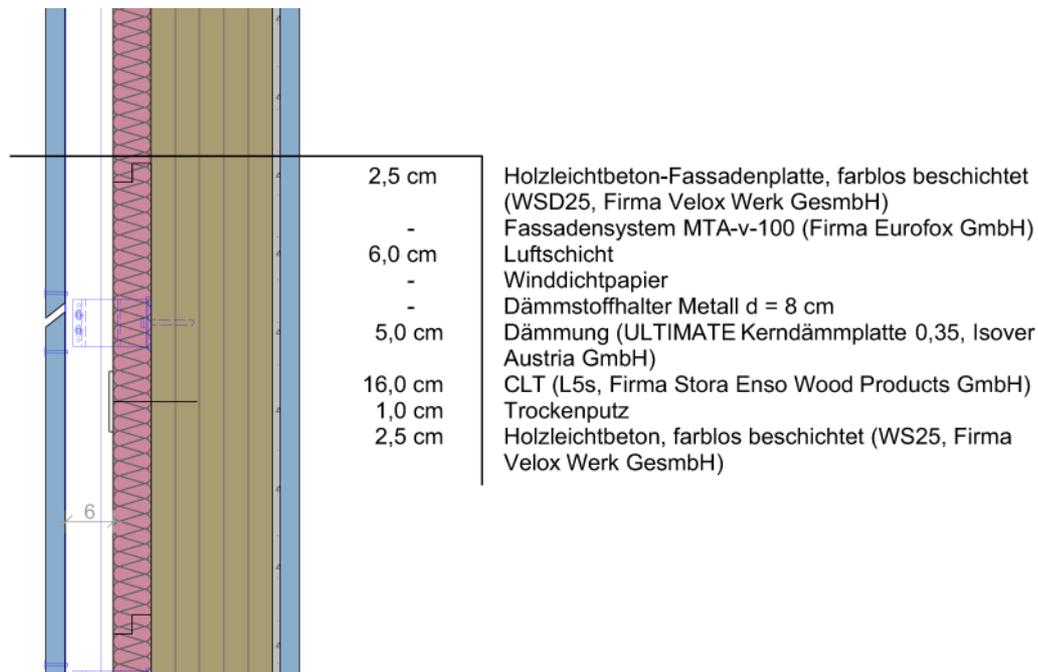


Abbildung 180: Detail 1:10 Außenwand

Als tragende Struktur dient eine 2,75 Meter hohe und 160 mm starke CLT-Scheibe (5-lagig) in den beiden obersten Geschoßen und eine 180 mm starke CLT-Scheibe (7-lagig) in den übrigen Geschoßen. Bei den Geschoßen ist kein Wandstoß erforderlich, lediglich im Attikabereich. Für die Außenwand wird eine 4 bzw. 5 cm Mineralwolle-Fassadenplatte der Firma ISOVER Austria GmbH angebracht, um den gesetzlich vorgegebenen U-Wert zu erreichen. An der Innenseite der Wand wird ein 1 cm dicker Trockenputz und darauf die gewählte 2,5 cm WS25 Holzleichtbetonplatte der Firma Velox Werk GesmbH befestigt. Der Trockenputz schafft einen "Puffer" von tragender Schicht und Wandverkleidung, was den Schallschutz auch positiv beeinflussen kann. Bei den Innenwänden, insbesondere bei Wohnungstrennwänden, kann auch eine Vorsatzschale angedacht werden. Elektroleitungen können auch in die CLT-Platten eingefräst werden. Eine Dampfbremse ist normalerweise nicht erforderlich. Auch die Luftdichtheit des Brettsperholzes ist vorhanden.³⁶⁰ Nach dem Winddichtpapier erfolgt ein hinterlüftetes Fassadensystem (MTA-v-100) der Firma Eurofox GmbH³⁶¹, auf dem die Holzleichtbetonfassadenplatte (WSD25, 2,5 cm) der Firma Velox Werk GesmbH montiert wird. Das "D" in WSD25 steht für erhöhte Festigkeit und ist somit prädestiniert für den Einsatz als Fassadenplatte.

360 vgl. Teibinger, Matzinger, S. 55

361 vgl. Eurofox GmbH 2017, Download, Zeichenserie, MTA-v-100, S. 5-17

3.3.2 Decke

Dieser Abschnitt behandelt einerseits die Geschoßdecke und andererseits die Decke zur Außenluft bzw. das Dach.

*"Decken überspannen und begrenzen Räume."*³⁶² Aus dieser Aussage können Rückschlüsse auf diverse Merkmale bezüglich konstruktiver, thermischer, akustischer und gestalterischer Anordnung der Deckenelemente gezogen werden.³⁶³

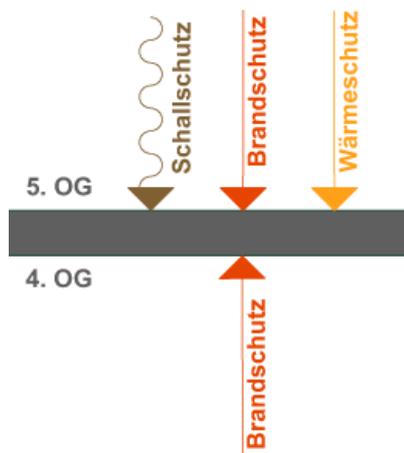


Abbildung 181: Aufgaben des Deckenaufbaus

Neben den konstruktiven Eigenschaften bietet der Deckenaufbau für die Geschoßdecke Schutz vor Wärmeverlust und vor Trittschallübertragungen in das darunterliegende Geschoß sowie einen Brandschutz zur Vermeidung des Brandüberschlages von einem in das nächste Geschoß.

Die konstruktive Schicht der Decke lässt sich grundsätzlich in Kategorien einteilen. Bei der einachsig gespannten Decke wird die Last von den Trägern auf die Wandelemente bzw. Stützen übertragen. Die zweiachsig gespannte Decke besitzt hingegen eine flächige Tragwirkung.³⁶⁴

362 Dierks, Wormuth 2012, S. 497

363 vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 497-502

364 vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 497-502

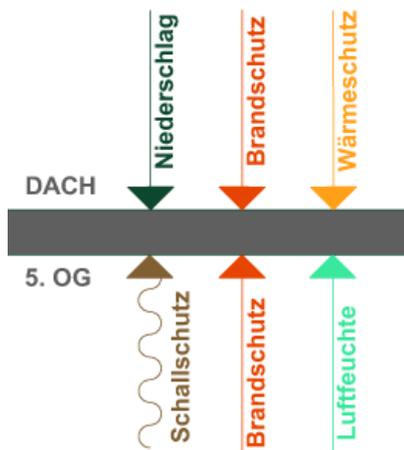


Abbildung 182: Aufgaben des Dachaufbaus

Der Dachaufbau dient vor allem als Schutz vor Wind und Wetter und soll als Feuchte-, Wärme- und Lärmschutz wirken.

Flachdächer besitzen ein Mindestgefälle von 2 % ($1,1^\circ$), um das Regenwasser ablaufen zu lassen. Jedoch sollten Fehler in der Abdichtung weitestgehend vermieden werden, was eine exakte Bauausführung obligat macht. Um gefällelose Abschnitte zu vermeiden und um z.B. thermische, plastische oder elastische Verformungen auszugleichen, soll das Gefälle nach Möglichkeit mind. 8,75 % (5°) betragen. Beim Flachdach spielt die Qualität des Materials, die Maßhaltigkeit der Deckungselemente und die Sorgfalt der Verlegung eine größere Rolle als beim steilen Dach.³⁶⁵ In dieser Diplomarbeit wird das Steildach mit einem Gefälle von 8,75 % für weitere Detaillierungen verwendet. Die Auswahl wurde getroffen um wie oben angemerkt, gefällelose Deckenabschnitte zu vermeiden und um etwaige Verformungen auszugleichen.

Begehbare Dächer müssen auf druckbelastbare Dämmstoffe zurückgreifen. Diese können aus EPS, XPS, PUR, Schaumglas oder gebundener Mineralwolle MW-WD sein.³⁶⁶ Die Wärmedämmung des Daches muss in der Gebäudeklasse 5 mind. über das Brandverhalten B verfügen.³⁶⁷

365 vgl. Dierks, Wormuth 2012, S. 591-601

366 vgl. Teibinger, Matzinger 2013, S. 71

367 vgl. OIB 2015, Richtlinie 2, S. 14

3.3.2.1 Tragendes Bausystem

Bewertung der Aspekte durch Instrumente

Die folgenden Aspekte (A1-3), mit denen die Deckensysteme in dieser Arbeit bewertet werden, werden in den folgenden Seiten kurz erläutert, sowie wiederum mithilfe des beschriebenen Systems gewichtet.

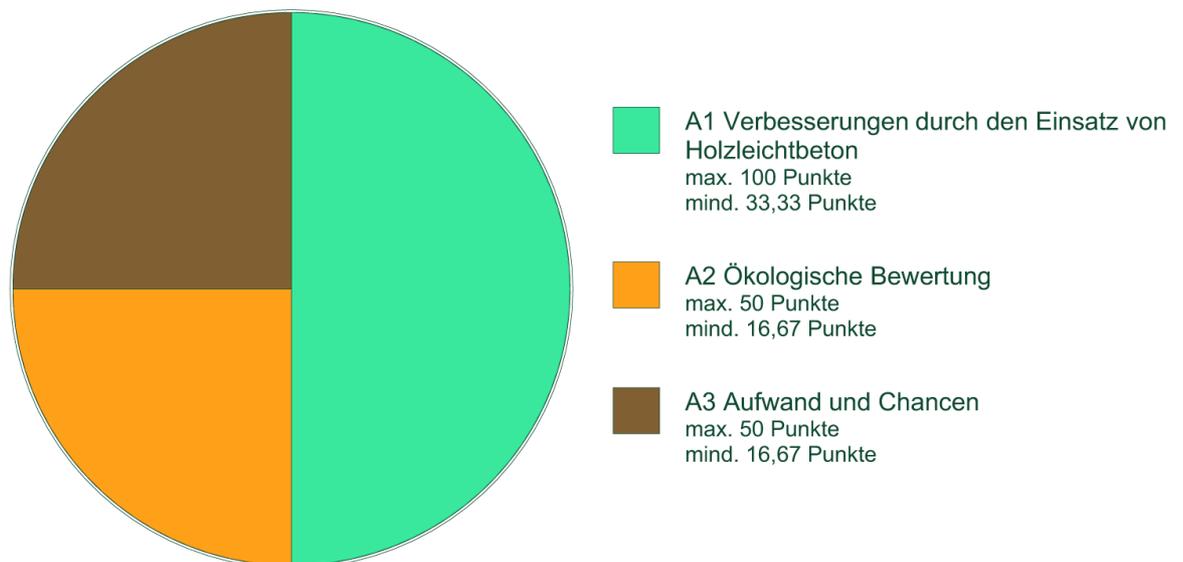


Abbildung 183: Aspekte und Gewichtung

Das Hauptmerkmal von **Aspekt 1**: Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton, ist die Reduzierung der negativen Eigenschaften durch die Addition von Holzleichtbeton. Die Eigenschaften, die Holzleichtbeton verbessern soll, befinden sich im Bereich von thermischen (Brandschutz, Wärmeschutz) und akustischen Merkmalen (Flächenbezogene Masse, Schalldämmmaß). Je höher die Verbesserungsfähigkeit, d.h. je "schlechter" der Wert des Bausystems, desto mehr Punkte werden erreicht.

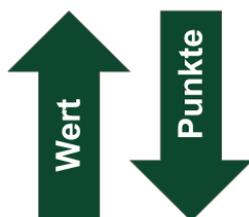


Abbildung 184: Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Gute ökologische Eigenschaften des Bausystems (**Aspekt 2**) sind für diese Bewertung insofern wichtig, da dadurch einerseits die Umwelt geschont werden kann und andererseits der Erhalt von Förderungen möglich ist. Inhalte der ökologischen Bewertung sind in dieser Arbeit das Treibhauspotential, das Versauerungspotential und der Primärenergieinhalt der Bausysteme. Die Bewertung dieses Aspektes erfolgt dahingegen, dass hohe Werte auch hohe Punkteergebnisse liefern.

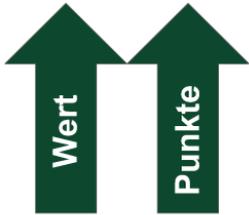


Abbildung 185: Ökologische Bewertung

Die Instrumente für den **dritten Aspekt**: Aufwand und Chancen, sind die Kosten, der Herstellungs- und Baustellenaufwand sowie die Komplexität der Planung und das Vermietungspotential. Da Holzleichtbeton diese Aspekte nur bedingt verbessern kann, wird hier das Bausystem und nicht die Verbesserungsfähigkeit durch Holzleichtbeton bewertet, d.h. ein hoher Wert eines Bausystems bedeutet auch eine hohe Bewertung.

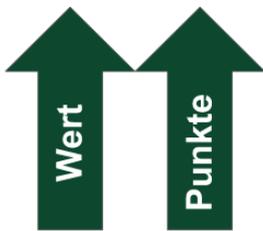


Abbildung 186: Aufwand und Chancen

Der erste Aspekt, Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton, wird auch bei der Auswahl des Deckensystems mit insgesamt maximal 100 Punkten gewichtet, während die anderen zwei Aspekte mit je maximal 50 Punkten gewichtet werden. Grund hierfür ist auch die Wichtigkeit, dass das Bausystem mit Holzleichtbeton verbessert werden kann bzw. der Einsatz von Holzleichtbeton einen Sinn liefert.

Für die Bewertung gilt folgendes zu beachten. Es zählt nicht die höhere Anzahl an Geschoßdecken (5 Decken) im Vergleich zum Dach (1 Decke), da beide Deckenbereiche, diesselbe Relevanz besitzen. Eine verhältnismäßig gut gedämmte Geschoßdecke tröstet zum Beispiel nicht über eine schlecht gedämmte Decke zum Außenraum hinweg.

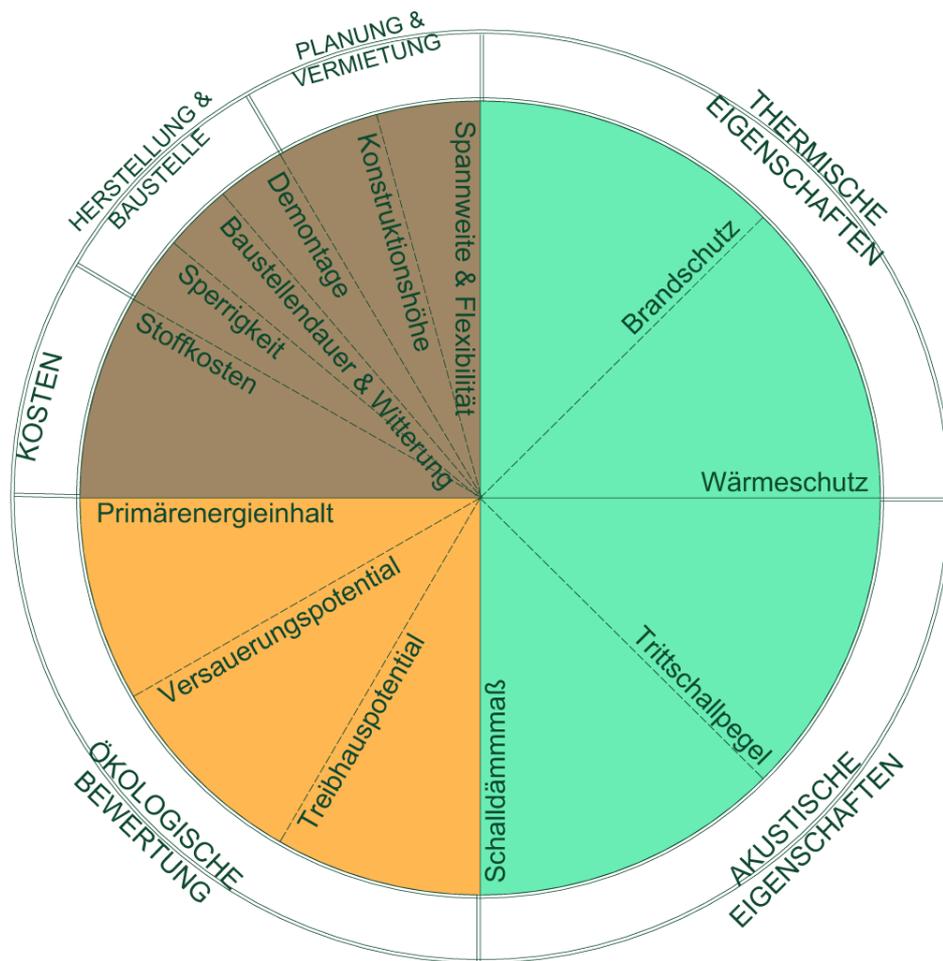
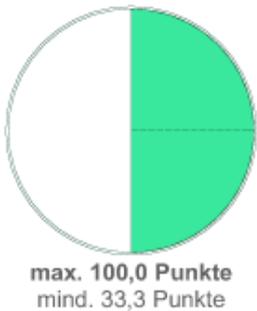


Abbildung 187: Instrumente und Gewichtung

A1. Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton



Holzleichtbeton wird in dieser Arbeit sinnvollerweise zur Verbesserung der thermischen und akustischen Eigenschaften der Bausystemen eingesetzt. Somit soll Holzleichtbeton in der vorliegenden Diplomarbeit dafür genützt werden, das Bausystem zu verbessern und negative Eigenschaften zu eliminieren. Die Reduzierung der Nachteile durch den Einsatz von Holzleichtbeton ist somit das wichtigste Instrument zur Bewertung der Bausysteme Mauerwerksbau, Stahlbetonbau und Holzbau. Bei einer Geschosßdecke besitzt Holzleichtbeton ein Potential als Estrichersatz und als Montageplatte. Die Montageplatte kann als Deckenbekleidung oder als Unterplatte ausgeführt sein.³⁶⁸

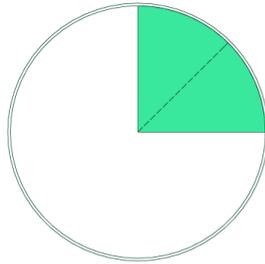
Jedes der zwei Instrumente verfügt über 50 Punkte für das am besten geeignete Bausystem und 1/3 der Punkte, d.s. 16,67 Punkte, für das ungeeignetste Bausystem. Das im Mittelfeld liegende Bausystem wird interpoliert. Die Punkteverteilung erfolgt dahingehend, dass ein hoher Wert eines Bausystems eine geringe Punkteanzahl ergibt.



Abbildung 188: Beziehung zwischen Wert und Punkte

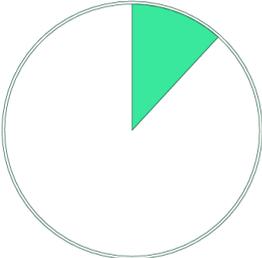
368 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 10-75

I1. Thermische Eigenschaften

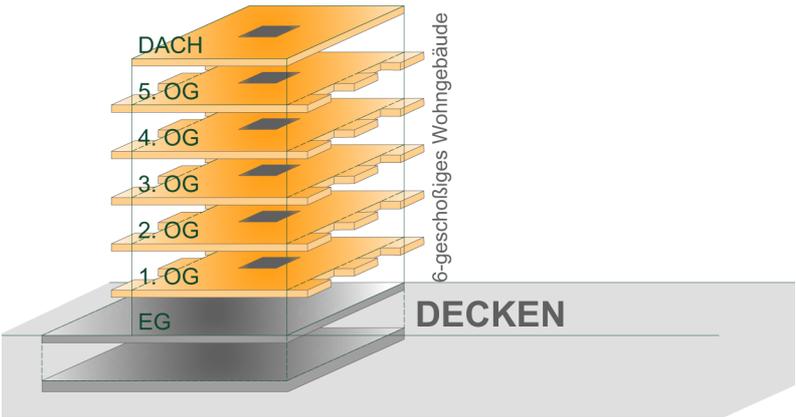


max. 50,0 Punkte
mind. 16,7 Punkte

Zu den thermischen Eigenschaften zählen der Brandschutz und der Wärmeschutz. Zur Messbarkeit des Brandschutzes wird in dieser Arbeit die Feuerwiderstandsdauer der einzelnen Bausysteme verwendet. Der U-Wert, der zum Einsatz kommt, bietet einen gut messbaren Indikator zum Wärmeschutz.

 <p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Wert</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Punkte</p> </div> </div>	<h3>I1 Thermische Eigenschaften</h3> <p>Brandschutz</p> <p>Feuerwiderstandsdauer</p> <p>Geschoßdecke: mind. REI 90 für die brandabschnittstrennende Zwischendecke</p> <p>Dach: mind. REI 60 als obersten Decke</p>
--	--

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>REI 120 (Ziegeldecken)³⁶⁹</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>REI 90 für Geschoßdecke und Dach ³⁷⁰</p>
<p>Brettsper Holz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>REI 90 für die Geschoßdecke</p> <p>REI 60 für das Dach ³⁷¹</p>

369 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Service, Download Center, Deckenlösungen Broschüre, Porotherm Ziegeldecken, S.4

370 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2016, Produkte, Deckensysteme, Element- und Plattendecke, Produktfolder, S. 12

371 Siehe Kapitel 3.2.5.2 – Decke

I1 Thermische Eigenschaften

Brandschutz

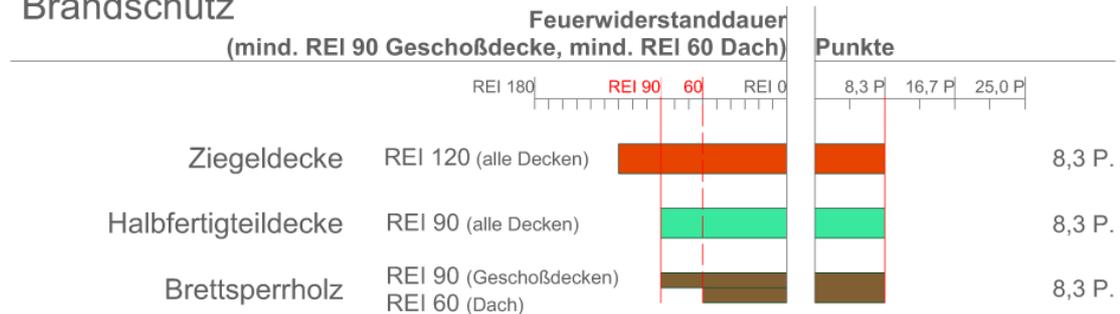
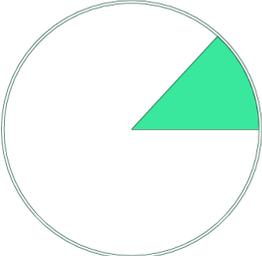


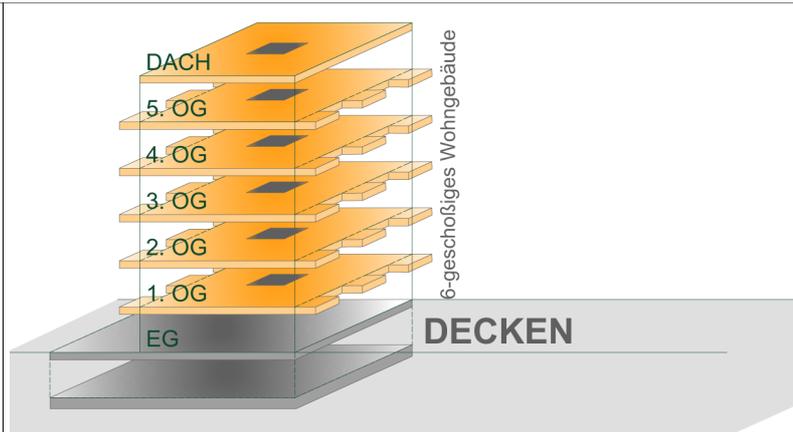
Abbildung 189: I1 Thermische Eigenschaften: Brandschutz: Feuerwiderstandsdauer

Alle Deckensysteme d.h. die Geschoßdecken (REI90) und das Dach (REI60), erreichen das geforderte Mindestmaß der Feuerbeständigkeitsdauer. Durch das Fehlen der Verbesserungsnotwendigkeit von Holzleichtbeton erhalten alle Systeme 8,3 Punkte.

 <p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <p>↑ Wert ↓ Punkte</p>	<h3>I1 Thermische Eigenschaften</h3> <h4>Wärmeschutz</h4> <p>U-Wert³⁷²</p> <p>Geschoßdecke: max. 0,90 W/m²K Dach: max. 0,20 W/m²K</p> <p>Eine zusätzliche Dämmung ist für das Dach und zum Teil für die Decke notwendig. Da Holzleichtbeton in dieser Arbeit zwar als Dämmunterstützung fungieren kann, jedoch diese Aufgabe alleine nicht wirtschaftlich erfüllt, wird auf eine herkömmliche Wärmedämmung zurückgegriffen, um die gesetzlich geforderte Dämmwirkung zu erfüllen. Wie bereits erwähnt dient Holzleichtbeton danach als zusätzliche Unterstützung. Da für das Dach eine Dämmung nach Brandverhalten B notwendig ist, wird auf Steinwollendämmung zurückgegriffen. Für die Geschoßdecke ist lt. OIB-Richtlinie kein Brandverhalten der Dämmung aufgeführt. Hier wird eine EPS-Dämmung verwendet.</p>
--	--

372 $U = 1 / (R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + R_{se})$
 $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau



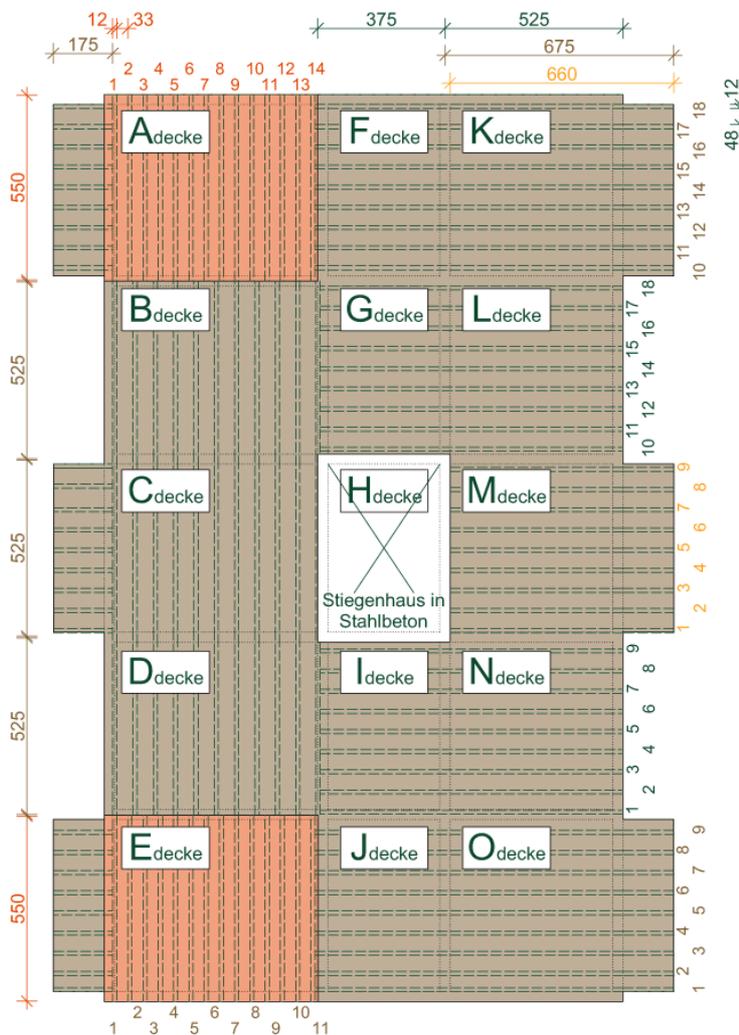
Ziegeldecke

Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton

Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton

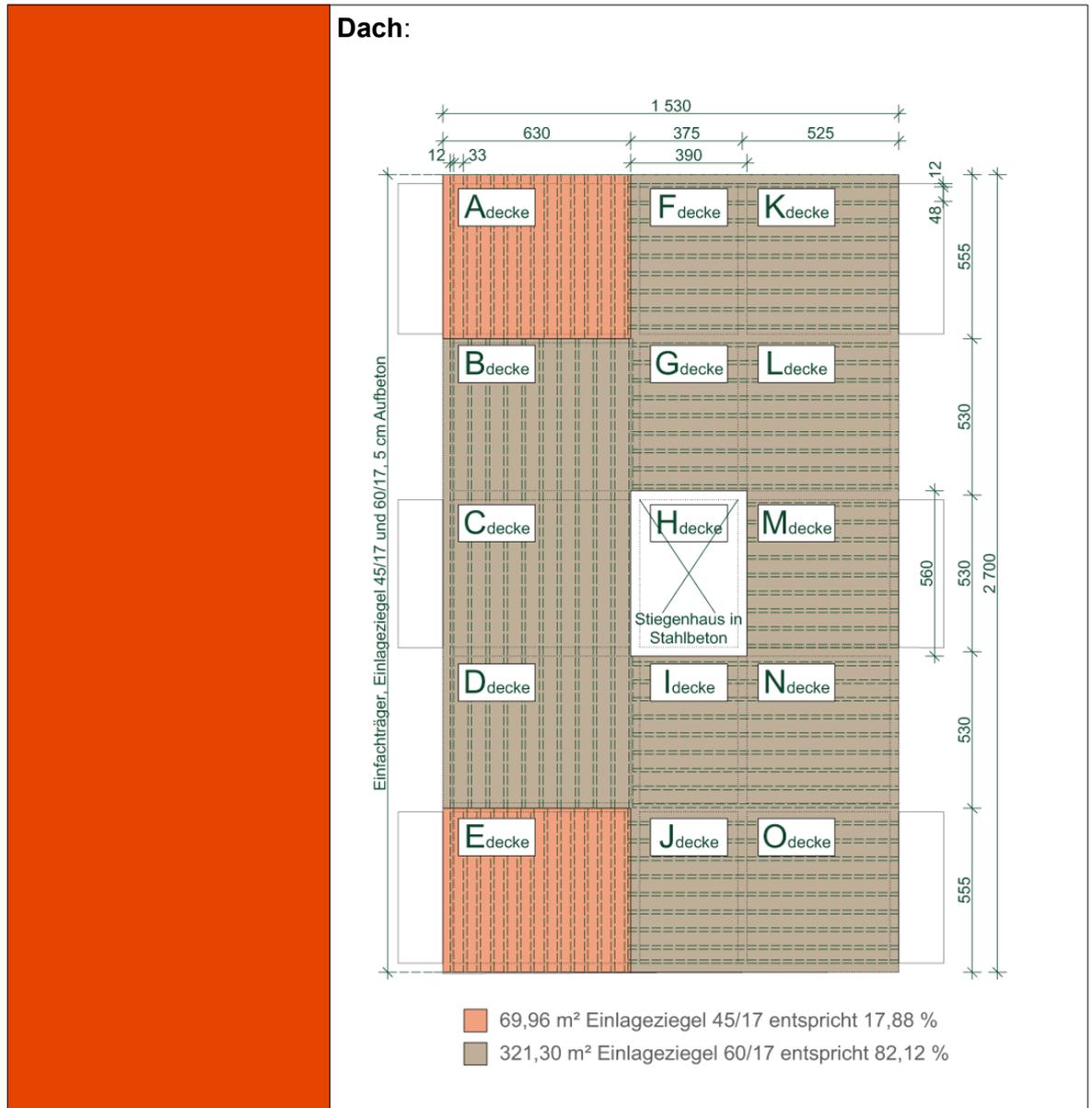
Wienerberger Ziegelindustrie GmbH

Geschoßdecke:



- 67,16 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 15,24 %
- 373,51 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 84,76 %

U-Wert_{t22+2} = **0,84 W/m²K** (2 cm EPS-Dämmung)³⁷³



373 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – Geschoßdecke, Dach

EPS-Dämmung

$\lambda = 0,035$ W/mK Austrotherm EPS W30, geringste Stärke 1 cm
 vgl. Austrotherm GmbH 2017, Downloads, Preisliste 2017, S. 36

Geschoßdecke

Einlageziegel 45/17 + 5 cm: $\lambda = 0,534$ W/mK
 Einlageziegel 60/17 + 5 cm: $\lambda = 0,475$ W/mK
 (lt. Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)
 im Mittel $0,534 \times 15,24 \% + 0,475 \times 84,76 \% = 0,484$ W/mK
**gesamt (inkl. 2 cm EPS-Dämmung, erste Stärke unter 0,90 W/m²K,
 1 cm EPS-Dämmung = 1,10 W/m²K)**

$R_{gesamt} = 0,13 + 0,02/0,035 + 0,22/0,484 + 0,04 = 1,196$ m²K/W

U-Wert = 0,84 W/m²K (1/R)

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Technische Produktdaten. S. 31

	<p>U-Wert_{t₂₂₊₁₇} = 0,20 W/m²K (17 cm Steinwolledämmung)³⁷⁴</p> <p>5 GESCHOSSDECKEN DACH</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Geschoßdecke:</p> <p>U-Wert_{t₁₆₊₄} = 0,72 W/m²K (4 cm EPS-Dämmung)</p>

374 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – Geschoßdecke, Dach

Steinwolledämmung

$\lambda = 0,039$ W/mK ISOVER S, geringste Stärke 5 cm

vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

Dach

Einlageziegel 45/17 + 5 cm: $\lambda = 0,534$ W/mK

Einlageziegel 60/17 + 5 cm: $\lambda = 0,475$ W/mK

(lt. Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)

im Mittel $0,534 \times 17,88 \% + 0,475 \times 82,12 \% = 0,486$ W/mK

gesamt (inkl. 17 cm Steinwolledämmung, erste Stärke unter 0,20 W/m²K, 16 cm Dämmung = 0,21 W/m²K)

$R_{gesamt} = 0,13 + 0,17/0,039 + 0,22/0,486 + 0,04 = 4,982$ m²K/W

U-Wert = 0,20 W/m²K (1/R)

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Technische Produktdaten. S. 31

	<p>Dach:</p> <p>U-Wert₁₆₊₂₀ = 0,19 W/m²K (20 cm Steinwolleddämmung)³⁷⁵</p> <p>5 GESCHOSSDECKEN DACH</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Geschoßdecke:</p> <p>U-Wert₁₆ = 0,62 W/m²K (ohne zusätzliche Dämmung)</p>

375 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – Geschoßdecke, Dach

EPS-Dämmung

$\lambda = 0,035$ W/mK Austrotherm EPS W30, geringste Stärke 1 cm
vgl. Austrotherm GmbH 2017, Downloads, Preisliste 2017, S. 36

Geschoßdecke

$\lambda = 2,3$ W/mK

**gesamt (inkl. 4 cm EPS-Dämmung, erste Stärke unter 0,90 W/m²K,
3 cm EPS-Dämmung = 0,91 W/m²K)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,04/0,035 + 0,16/2,3 + 0,04 = 1,38$ m²K/W

U-Wert = 0,72 W/m²K (1/R)

Steinwolleddämmung

$\lambda = 0,039$ W/mK ISOVER S, geringste Stärke 5 cm

vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

Dach

$\lambda = 2,3$ W/mK

**gesamt (inkl. 20 cm Steinwolleddämmung, erste Stärke unter 0,20 W/m²K,
18 cm Dämmung = 0,21 W/m²K, 19 cm nicht im Angebot)**

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,20/0,039 + 0,16/2,3 + 0,04 = 5,368$ m²K/W

U-Wert = 0,19 W/m²K (1/R)

vgl. Leitl Beton GmbH & Co KG 2015, Produkte, Deckensysteme, Elementdecke, Datenblatt, S. 2

Dach:
 $U\text{-Wert}_{14+14} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (14 cm Steinwolleddämmung)³⁷⁶

5 GESCHOSSDECKEN DACH

376 $R_T = d / \lambda = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se}$ [m²K/W] – Geschoßdecke, Dach

EPS-Dämmung

$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ Austrotherm EPS W30, geringste Stärke 1 cm
 vgl. Austrotherm GmbH 2017, Downloads, Preisliste 2017, S. 36

Geschoßdecke

$\lambda = 0,11 \text{ W/mK}$ (lt. Firma Stora Enso Wood Products GmbH)

gesamt (keine zusätzlich Dämmung nötig)

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,16/0,11 + 0,04 = 1,625 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-Wert = 0,62 W/m²K (1/R)

Steinwolleddämmung

$\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ ISOVER S, geringste Stärke 5 cm

vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

Dach

$\lambda = 0,11 \text{ W/mK}$ (lt. Firma Stora Enso Wood Products GmbH)

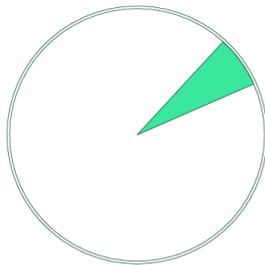
gesamt (inkl. 14 cm Steinwolleddämmung, erste Stärke unter 0,20 W/m²K, 13 cm Dämmung = 0,21 W/m²K)

$R_{\text{gesamt}} = 0,13 + 0,14/0,039 + 0,14/0,11 + 0,04 = 5,032 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-Wert = 0,20 W/m²K (1/R)

vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2012, Produkt, Technische Daten, Wärmeschutz, U-Wert Vergleichsbeispiele, S.1

Geschoßdecken



max. 12,5 Punkte
mind. 4,2 Punkte

I1 Thermische Eigenschaften

Wärmeschutz

■ Bausystem

▨ EPS-Dämmung

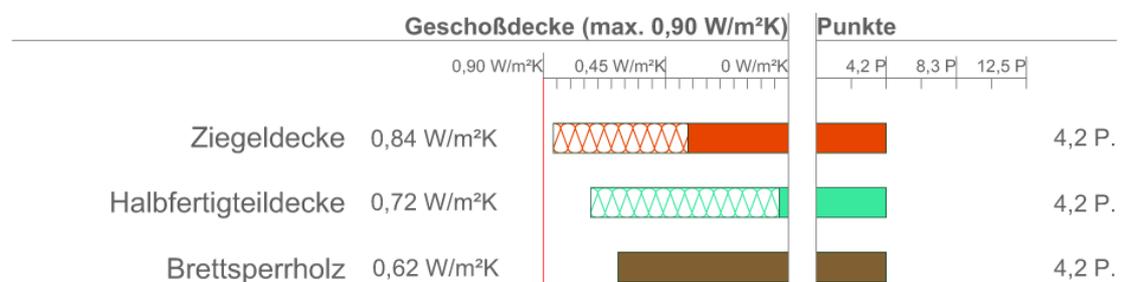


Abbildung 190: I1 Thermische Eigenschaften: Wärmeschutz Geschoßdecken

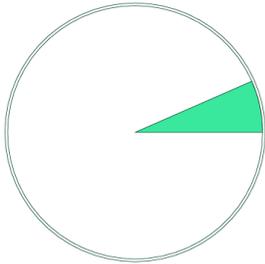
Es werden die unterschiedlichen U-Werte angezeigt. Bei der **Ziegeldecke** beträgt der U-Wert bei der Geschoßdecke mit den Einlageziegeln 45/17 sowie 60/17 und einer zusätzlichen 2 cm EPS-Dämmung 0,84 W/m²K.

Bei der Decke aus **Halbfertigteilen** erfordert die Einhaltung des gesetzlich geforderten U-Wertes bei der Geschoßdecke (0,72 W/m²K) eine zusätzliche Dämmung von 4 cm.

Beim **Brettsperrholz** benötigt die Geschoßdecke aufgrund des Wärmeschutzes, ungeachtet des Trittschallschutzes, keine weitere Dämmung (U-Wert=0,62 W/m²K).

Weiters zeigt diese Grafik, welches Material prozentual den Wärmeschutz hauptsächlich begünstigt. Bspw. wird bei der Halbfertigteildecke der benötigte U-Wert fast nur durch die zusätzliche EPS-Dämmung erreicht. Die Elementdecke ist für den Wärmeschutz nahezu unerheblich. Alle Systeme erhalten je 4,2 Punkte, da sie den benötigten U-Wert unterschreiten und Holzleichtbeton als verbessernde Kraft nicht mehr unbedingt nötig wäre.

Dach



max. 12,5 Punkte
mind. 4,2 Punkte

I1 Thermische Eigenschaften

Wärmeschutz

■ Bausystem ▨ Steinwollgedämmung

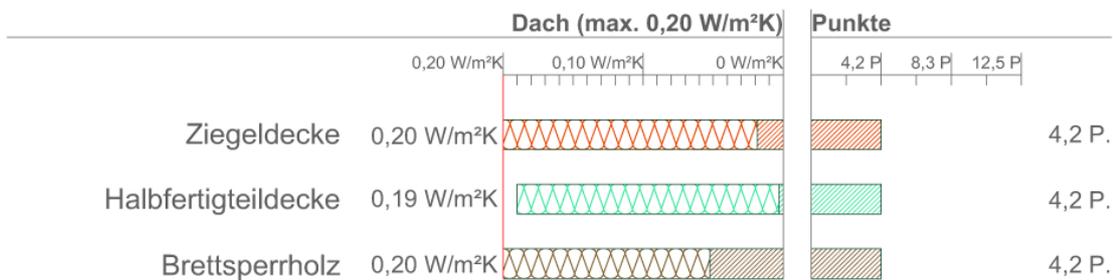


Abbildung 191: I1 Thermische Eigenschaften: Wärmeschutz Dach

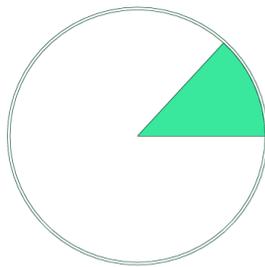
Bei der **Ziegeldecke** (Einlageziegel 45/17 oder 60/17, 5 cm Aufbeton, 17 cm Steinwollgedämmung) zur Außenfläche beträgt der U-Wert **0,20 W/m²K**.

Beim Dach liefert die **Halbfertigteildecke** einen U-Wert von **0,19 W/m²K**. Dies wird durch eine zusätzliche Dämmung von 20 cm erreicht.

Beim **Brettsperrholz** verlangt das Dach eine zusätzliche Dämmung von 14 cm. Der U-Wert beträgt inkl. Dämmung **0,20 W/m²K**.

Durch den max. U-Wert von 0,20 W/m²K beim Dach ist eine zusätzliche Dämmung bei allen Systemen unbedingt notwendig. Insbesondere die Halbfertigteildecke zeigt wiederum, dass die Dämmung prozentual nahezu den gesamten Wärmeschutz übernimmt während beim Brettsperrholz, z.B. auch das tragende Material durchaus "mithilft" den notwendigen U-Wert zu erreichen.

Punkte



max. 25,0 Punkte
mind. 8,3 Punkte

Wärmeschutz Punkte

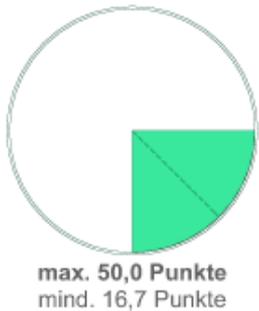


Abbildung 192: 11 Thermische Eigenschaften: Wärmeschutz Punkte

Mit einer zusätzlichen Dämmung erreichen alle Bausysteme ausreichende U-Werte. Bei der Geschoßdecke fungiert diese Dämmung auch als Trittschallschutz.

Aufgrund der geringen Diskrepanz zwischen den einzelnen Bausystemen und der Unnötigkeit von Holzleichtbeton in Bezug auf den Wärmeschutz, erhalten sowohl bei der Geschoßdecke als auch beim Dach alle Bausysteme je 8,3 Punkte. Die Hilfe von Holzleichtbeton ist hier nicht nötig, aber trotzdem sinnvoll um den U-Wert weiter zu verbessern.

12. Akustische Eigenschaften



Bei Geschoßdecken tritt vorallem die Wichtigkeit eines guten Trittschallschutzes in den Vordergrund. Der Körperschall bzw. Trittschall wird durch gehen, klopfen, etc. direkt in den Bauteil eingeleitet und im benachbarten Raum als Luftschall abgestrahlt. Für das Dach, als opakes Außenbauteil, ist das bewertete Schalldämmmaß eine wichtige Größe.

Verbesserungen des Schallschutzes können durch die Verbesserung der Entkopplung oder der Erhöhung der Masse erreicht werden.³⁷⁷

<p>max. 25,0 Punkte mind. 8,3 Punkte</p> <p>↑ Wert ↓ Punkte</p>	<h3>12. Akustische Eigenschaften</h3> <p>Bewerteter Standard-Trittschallpegel (Geschoßdecke)</p> <p>Unterschied aus Räumen anderer Nutzungseinheiten zu Aufenthaltsräumen:</p> <p>Geschoßdecke: max. 48 dB³⁷⁸</p> <p>6-geschoßiges Wohngebäude</p> <p>5. OG 4. OG 3. OG 2. OG 1. OG EG</p> <p>GESCHOSSEDECKEN</p>
---	--

377 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt , Technische Daten, Schallschutz
378 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2-4

<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Geschoßdecken (Bauteilstärke 22 cm)</p> <p>77 dB für die unverputzte Rohdecke bei beiden Einlageziegeln³⁷⁹</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Geschoßdecken (Bauteilstärke 16 cm):</p> <p>73 dB³⁸⁰</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Geschoßdecken (Bauteilstärke 16 cm):</p> <p>86 dB³⁸¹</p>

I2 Akustische Eigenschaften

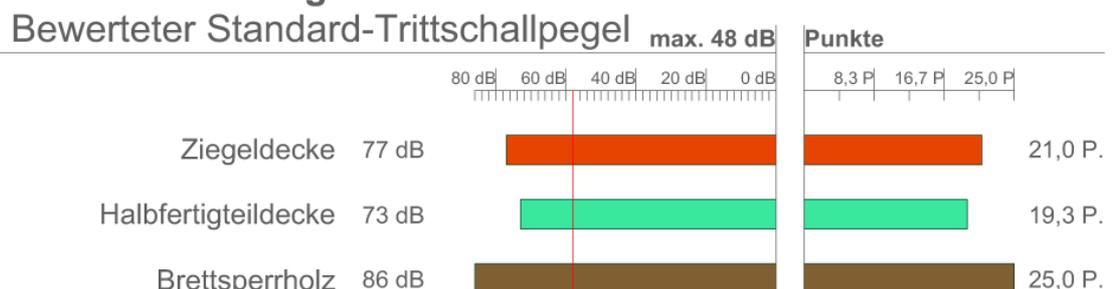


Abbildung 193: I2 Akustische Eigenschaften: Bewerteter Standard-Trittschallpegel

379 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Technische Produktdaten, S. 31

380 vgl. Leitl Beton GmbH & Co KG 2015, Produkte, Deckensysteme, Elementdecke, Datenblatt, S. 2

381 vgl. Kumer 2016, E-Mail: Produktinformation CLT 160 mm und CLT 180mm

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Der bewertete Standard-Trittschallpegel der Geschoßdecke von 48 dB würde die niedrigstmögliche Punkteanzahl (8,3 Punkte) einbringen, da Holzleichtbeton hier die wenigsten Verbesserungsmöglichkeiten besitzt.

Die **Ziegeldecke** (21,0 Punkte³⁸²) besitzt einen bewerteten Standard-Trittschallpegel von **77 dB** für die unverputzte Rohdecke bei beiden Einlageziegel. Eine Decke aus **Halbfertigteilen** (19,3 Punkte³⁸³) erzielt einen bewerteten Standard-Trittschallpegel von **73 dB** während eine Decke aus **Brettsperrholz** (25 Punkte) einen bewerteten Standard-Trittschallpegel von **86 dB** besitzt. Holzleichtbeton kann bei allen Bausystemen helfend eingreifen, da alle Systeme den Maximalwert überschreiten. Holzleichtbeton besitzt bei Brettsperrholz jedoch das meiste Verbesserungspotential.



max. 25,0 Punkte
mind. 8,3 Punkte



Wert



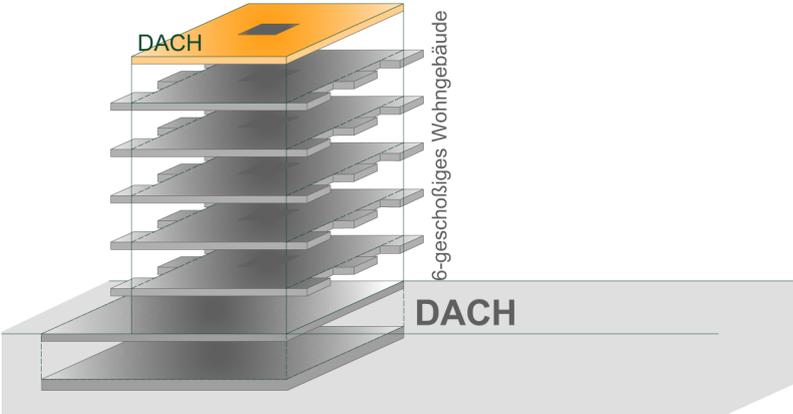
Punkte

I2. Akustische Eigenschaften

Bewertetes Schalldämmmaß für das Dach

Schalldämmmaß R_w der opaken Außenbauteile

Dach: mind. 43 dB³⁸⁴



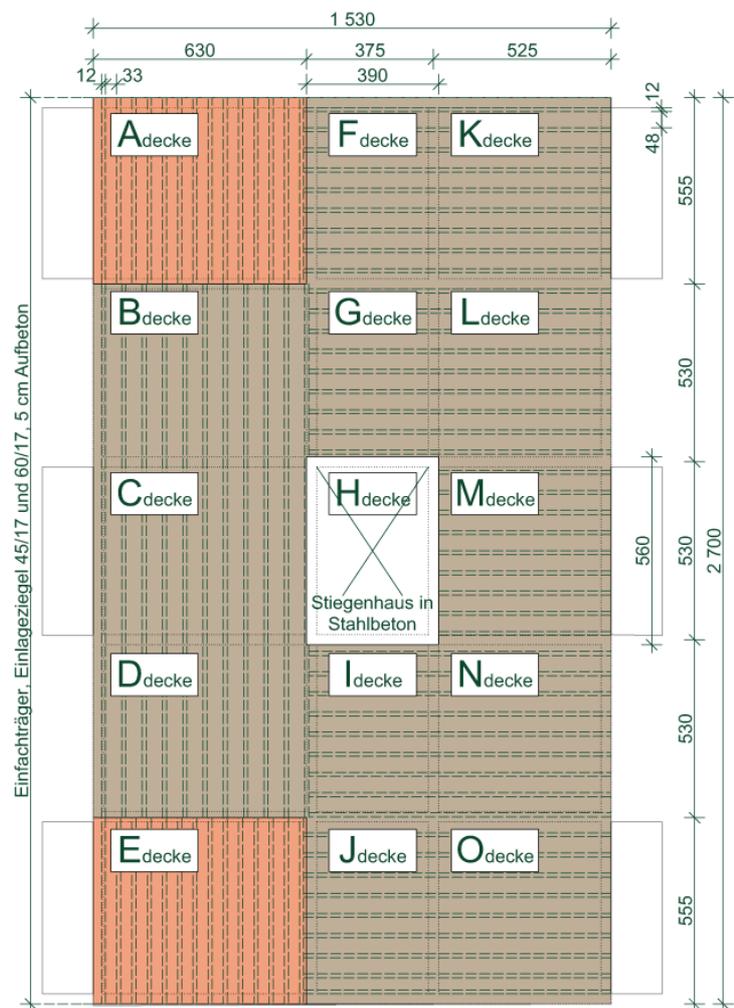
- 382 $86 - 48 = 38$ dB zwischen 8,3 und 25 Punkten, ergibt 16,7 Punkte Unterschied
77 dB ist 29 dB von 48 dB entfernt
somit = 8,3 Punkte + (16,7 Punkte Unterschied x 29 dB Entfernung / 38 dB Unterschied)
- 383 $86 - 48 = 38$ dB zwischen 8,3 und 25 Punkten, ergibt 16,7 Punkte Unterschied
73 dB ist 25 dB von 48 dB entfernt
somit = 8,3 Punkte + (16,7 Punkte Unterschied x 25 dB Entfernung / 38 dB Unterschied)
- 384 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2-4

Ziegeldecke

Porotherm Einlageziegel
45/17 mit 5 cm Aufbeton

Porotherm Einlageziegel
60/17 mit 5 cm Aufbeton

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH



- 69,96 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 17,88 %
- 321,30 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 82,12 %

Dach (Bauteilstärke 22 cm):

54 dB für Rohdecke mit Einlageziegel 60/17 und 5 cm Aufbeton

55 dB für Rohdecke mit Einlageziegel 45/17 und 5 cm Aufbeton³⁸⁵

im Mittel **54,2 dB**³⁸⁶

385 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Technische Produktdaten. S. 31

386 $55 \text{ dB} \times 17,88 \% + 54 \text{ dB} \times 82,12 \% = 54,2 \text{ dB}$

Halbfertigteildecke VSE 8+8 für alle Geschoße Oberndorfer GmbH & Co KG	Dach (Bauteilstärke 16 cm): 58 dB³⁸⁷
Brettsperrholz Decken 160 L5s Dach 140 L5s Stora Enso Wood Products GmbH	Dach (Bauteilstärke 14 cm): 36 dB³⁸⁸

I2 Akustische Eigenschaften

Bewertetes Schalldämmmaß



Abbildung 194: I2 Akustische Eigenschaften: Bewertetes Schalldämmmaß

Für die opaken Außenbauteile ist ein Schalldämmmaß von 43 dB obligat. Die **Ziegeldecke** (11,2 Punkte³⁸⁹) überschreitet dieses Mindestmaß mit einem mittleren Schalldämmmaß von **54,2 dB**. Der Einsatz von Holzleichtbeton ist hier nicht notwendig.

Auch bei der Decke aus **Halbfertigteilen** (8,3 Punkte) wird ein genügendes Schalldämmmaß von **58 dB** erreicht.

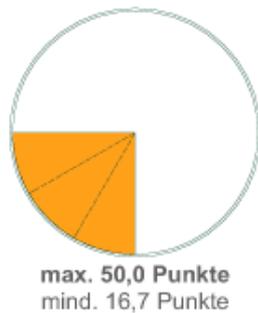
Brettsperrholz (25 Punkte) liefert mit **36 dB** keine ausreichende Schalldämmung. Holzleichtbeton hat das Potential dieses Defizit auszugleichen.

387 vgl. Leitl Beton GmbH & Co KG 2015, Produkte, Deckensysteme, Elementdecke, Datenblatt, S. 2

388 vgl. Kumer 2017, E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm

389 $58 - 36 = 22$ dB zwischen 8,3 und 25 Punkten, ergibt 16,7 Punkte Unterschied
 $54,2$ dB ist $3,8$ dB von 58 dB entfernt
 somit = $8,3$ Punkte + $(16,7$ Punkte Unterschied $\times 3,8$ dB Entfernung / 22 dB Unterschied)

A2. Ökologische Bewertung



Auch bei der Geschoßdecke erfolgt die ökologische Bewertung mithilfe der ausgewählten Ökokennzahlen. Das sind das Treibhauspotential (global warming potential, GWP, kg CO₂ eq.), das Versauerungspotential (acidification potential, AP, kg SO₂ eq.) und der Bedarf an erneubaren und nicht erneubaren energetischen Potentialen (PEI e, PEI ne, MJ).

Die Gesamtpunkteanzahl der ökologischen Bewertung beträgt max. 50 Punkte und mind. 16,7 Punkte. Jeder der ausgewählten Ökokennzahlen (Treibhauspotential, Versauerungspotential, Primärenergieinhalt) kann eine max. Punkteanzahl von 16,7 Punkten erreichen. Die Mindestpunkte sind 5,6 Punkte.

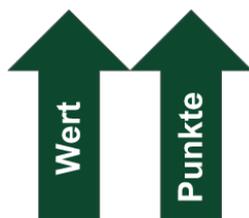
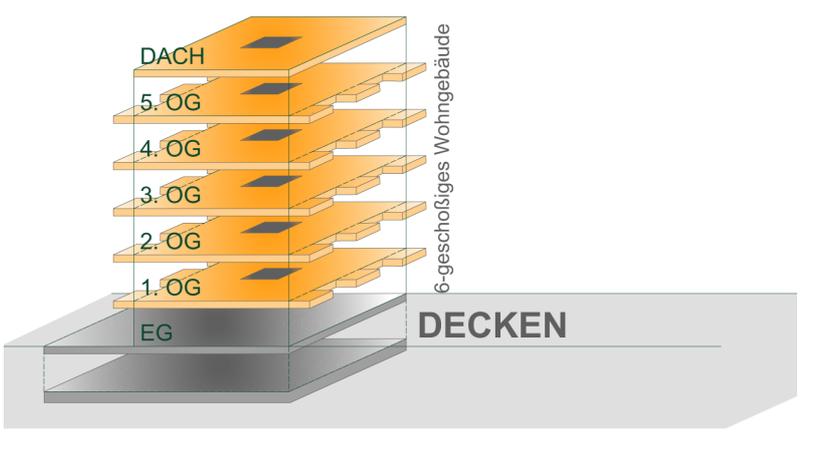


Abbildung 195: Beziehung zwischen Wert und Punkte

<p>max. 16,7 Punkte mind. 5,6 Punkte</p>	<h3>I1 Treibhauspotential</h3> <p>Geschoßdecken und Dach: GWP100, Einheit: kg CO₂ eq.</p> <p>Je höher das Treibhauspotential des Baustoffes, desto höher die Reflexion der Infrarotstrahlung, die zur Erderwärmung führt. Das Treibhauspotential wird in Relation zu CO₂ aufgezeigt.³⁹⁰</p>
--	--

390 vgl. Hegger 2007, S. 259

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>0,182 kg CO₂ eq. (mit und ohne CO₂-Speicherung) ³⁹¹</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>0,134 kg CO₂ eq. (mit oder ohne CO₂-Speicherung) ³⁹²</p>
<p>Brettsper Holz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>- 1,103 kgCO₂eq. (mit CO₂-Speicherung)</p> <p>0,436 kg CO₂eq. (ohne CO₂-Speicherung) ³⁹³</p>

391 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.1

392 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.2

393 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Holzbaustoffe, S.1

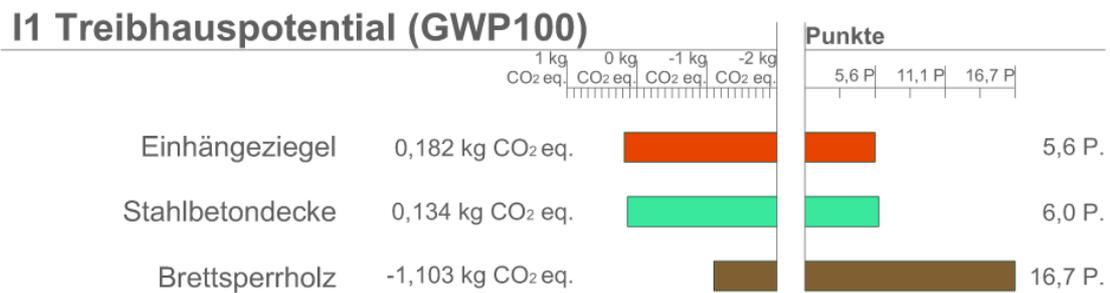
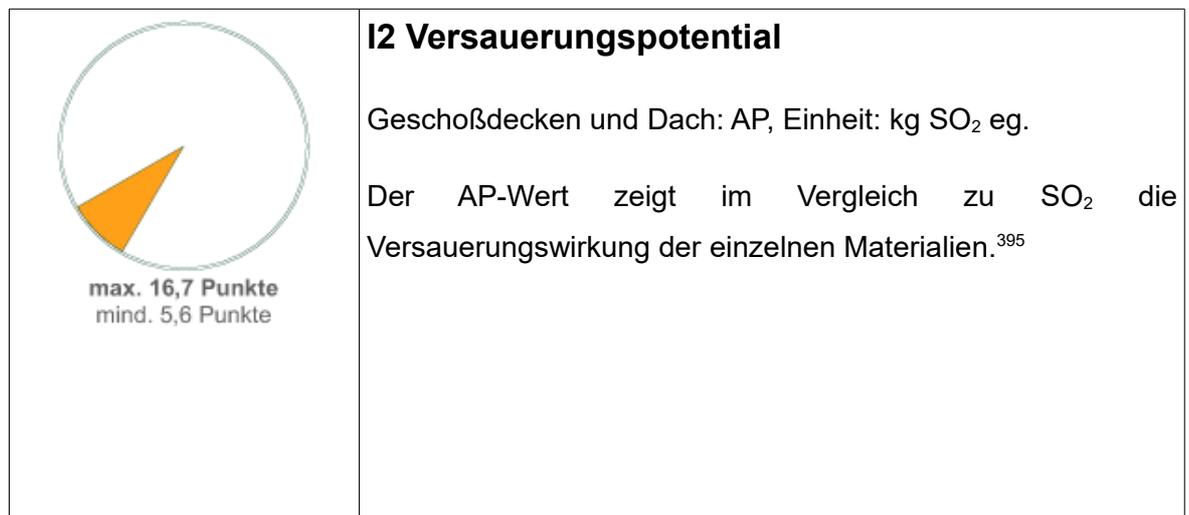


Abbildung 196: I1 Treibhauspotential

Da hier nicht nur der CO₂-Ausstoß während des Lebenszyklus, sondern auch die Absorption von CO₂ wichtig ist, wird das Treibhauspotential mit CO₂-Speicherung bewertet. Beim **Einhängeziegel** (5,6 Punkte) beträgt dieses **0,182 kg CO₂ eq.**

Bei der **Stahlbetondecke** beträgt das Treibhauspotential **0,134 kg CO₂ eq.** mit CO₂-Speicherung. Dies ermöglicht dem Bausystem 6,0 Punkte³⁹⁴.

Die **Brettsperrholzdecke** erzielt ein Treibhauspotential von **- 1,103 kg CO₂ eq.** mit CO₂-Speicherung, was dem Bausystem 16,7 Punkte verschafft.

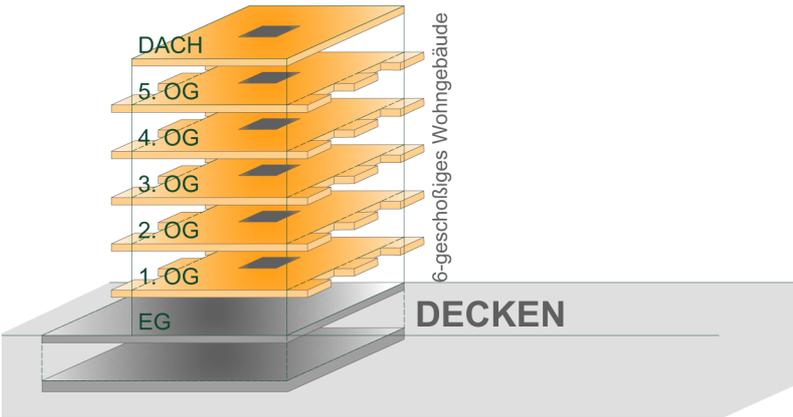


394 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen $-1,103$ und $0,182$ kg CO₂ eq., ergibt $1,285$ kg CO₂ eq. Unterschied

$0,134$ CO₂ eq. ist $0,048$ kg CO₂ eq. von $0,182$ kg CO₂ eq. entfernt
somit = $5,6$ Punkte + ($11,1$ Punkte Unterschied x $0,048$ kg CO₂ eq. Entfernung / $1,285$ kg CO₂ eq. Unterschied)

395 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ökobilanz Grundlagen

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>0,0005 kg SO₂ eg. (Einhängeziegel) ³⁹⁶</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>0,0003 kg SO₂ eg. (Stahlbetondecke) ³⁹⁷</p>
<p>Brettsper Holz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>0,0023 kgSO₂eq. (Brettsper Holzdecke) ³⁹⁸</p>

396 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.1

397 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe, S.2

398 vgl. IBO 2013, Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Holzbaustoffe, S.1

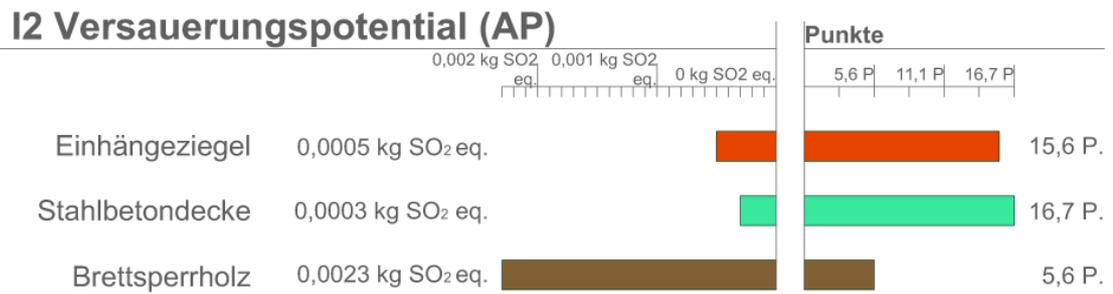


Abbildung 197: I2 Versauerungspotential

Das **Ziegeldeckensystem** erzielt ein Säurebildungspotential von **0,0005 kg SO₂ eq.** (15,6 Punkte³⁹⁹).

16,7 Punkte erreicht die **Stahlbetondecke** mit einem Versauerungspotential von nur **0,0003 kg SO₂ eq.**

Die **Brettsperrholzdecke** verfügt über ein Versauerungspotential von **0,0023 kg SO₂ eq.** (5,6 Punkte)

max. 16,7 Punkte
mind. 5,6 Punkte

Wert ↑
Punkte ↑

I3 Primärenergieinhalt

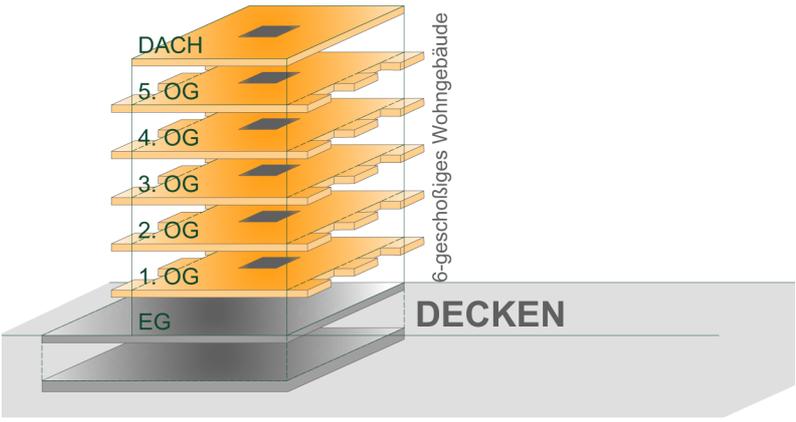
Geschoßdecken und Dach: PE ne, PE e, Einheit: MJ

Bei der Herstellung eines Produktes werden Ressourcen genutzt. Diese Ressourcen zeigt der Primärenergieinhalt auf. Sie können erneuerbar (z.B. Windkraft, Wasserkraft) und nicht erneuerbar (z.B. Erdöl, Erdgas) sein.⁴⁰⁰ Die erneuerbaren schaffen, im Gegensatz zu den nicht erneuerbaren Ressourcen, einen positiven Einfluss auf die Umwelt.

399 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen 0,0023 und 0,0003 kg SO₂ eq., ergibt 0,002 kg SO₂ eq. Unterschied; 0,0005 CO₂ eq. Ist 0,0018 kg SO₂ eq. Von 0,0023 kg SO₂ eq. entfernt somit = 5,6 Punkte + (11,1 Punkte Unterschied x 0,0018 kg SO₂ eq. Entfernung / 0,002 kg SO₂ eq. Unterschied)

400 vgl. Mötzl, Sutter 2015

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Hochlochziegel mit Mauermörtel</p> <p>Nicht erneuerbar</p> <p>599 MJ</p> <p>erneuerbar</p> <p>12 MJ</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Stahlbeton mit 2% Stahlanteil</p> <p>Nicht erneuerbar</p> <p>650 MJ</p> <p>erneuerbar</p> <p>83 MJ</p>
<p>Brettsperrholz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Mit Gipskarton beplanter Holzständerwand</p> <p>Nicht erneuerbar:</p> <p>182 MJ</p> <p>Erneuerbar:</p> <p>179 MJ⁴⁰¹</p>

401 vgl. Hegger u.a. 2007; 264-265

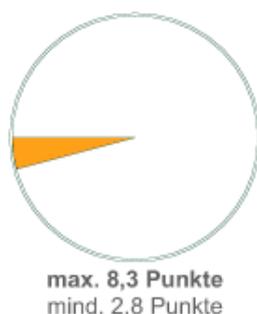
Nicht erneuerbarer Primärenergieinhalt



Abbildung 198: I3 Primärenergieinhalt: nicht erneuerbar

Der **Hochlochziegel** besitzt einen nicht erneuerbaren Primärenergieinhalt von **599 MJ** und erzielt somit 3,4 Punkte⁴⁰². Auch beim **Stahlbeton** (2,8 Punkte) ist der Teil an nicht erneuerbaren Primärenergieinhalt mit **650 MJ** sehr hoch. Um auch das Holz mit den anderen Bausystemen zu vergleichen, wird die **Holzständerwand**, die **182 MJ** nicht erneuerbare Primärenergieinhalte produziert, mit 8,3 Punkten gewichtet.

Erneuerbarer Primärenergieinhalt



402 $8,3 - 2,8 = 5,5$ Punkte zwischen 650 und 182 MJ ergibt 468 MJ Unterschied
 599 MJ ist 51 MJ von 650 entfernt
 somit = 2,8 Punkte + (5,5 Punkte Unterschied x 51 MJ Entfernung / 468 MJ Unterschied)

I3 Primärenergieinhalt

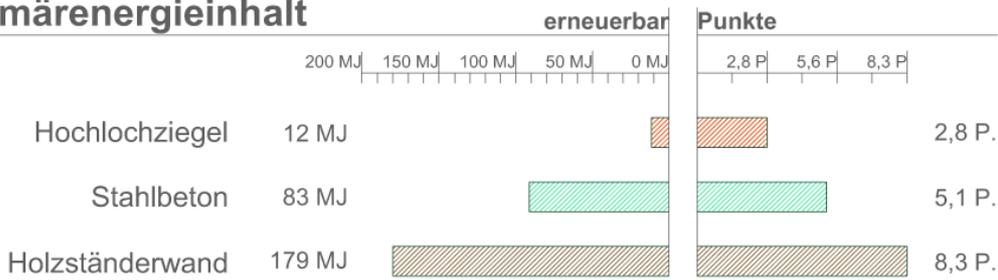


Abbildung 199: I3 Primärenergieinhalt: erneuerbar

Beim **Hochlochziegel** wird ein erneuerbarer Anteil des Primärenergieinhaltes von **12 MJ** erwartet, was dem Bausystem zu 2,8 Punkten verhilft. Im Mittelfeld liegt der **Stahlbeton** (5,1 Punkte⁴⁰³) mit **83 MJ** an erneuerbarem Primärenergieinhalt. 8,3 Punkte erzielt die beplante **Holzständerwand** mit einem erneuerbaren Primärenergieinhalt von **179 MJ**.

Punkte



I3 Primärenergieinhalt

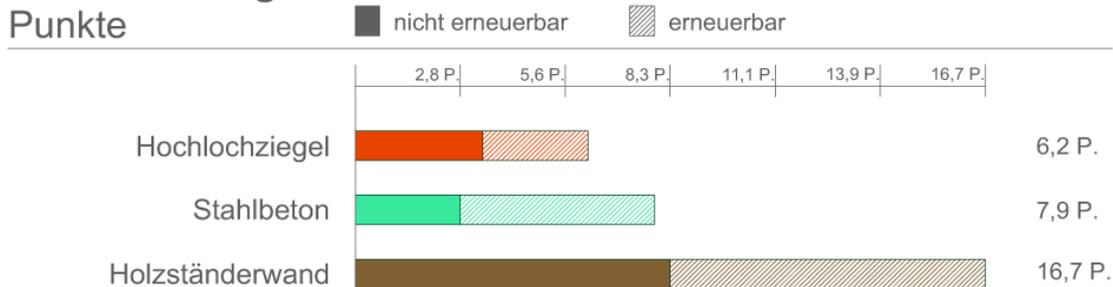
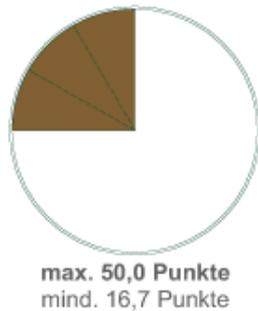


Abbildung 200: I3 Primärenergieinhalt: Punkte

403 $8,3 - 2,8 = 5,5$ Punkte zwischen 179 und 12 MJ ergibt 167 MJ Unterschied
 83 MJ ist 71 MJ von 12 entfernt
 somit = 2,8 Punkte + (5,5 Punkte Unterschied x 71 MJ Entfernung / 167 MJ Unterschied)

A3. Aufwand und Chancen



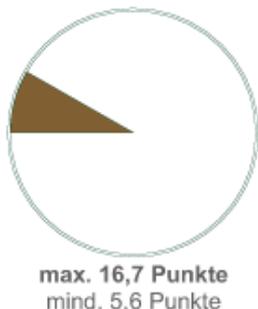
Der dritte Aspekt, mit dessen Hilfe die drei Bausysteme bewertet werden, heißt Aufwand und Chancen. Dieser betrachtet die Kosten der Decken bzw. des Daches. Weiters wird die Handlichkeit bzw. Die Sperrigkeit der Elemente überprüft. Zusätzlich erfolgt eine Veranschaulichung der Baustellendauer, der Witterungsunabhängigkeit sowie der Möglichkeit der Demontage und Wiederverwendbarkeit.

Es können max. 50 Punkte erreicht werden. Die Mindestpunktzahl für den gesamten Aspekt Aufwand und Chancen beträgt 16,7 Punkte. Jedes Bausystem kann bei den drei Instrumenten (Kosten, Herstellung und Baustelle, Planung und Vermietung) jeweils bis zu 16,7 Punkte erreichen. Mindestpunkte von 5,6 Punkten je Instrument sind zu erzielen. Je höher der Wert der Bausysteme ist, desto mehr Punkte werden vergeben.



Abbildung 201: Beziehung zwischen Wert und Punkte

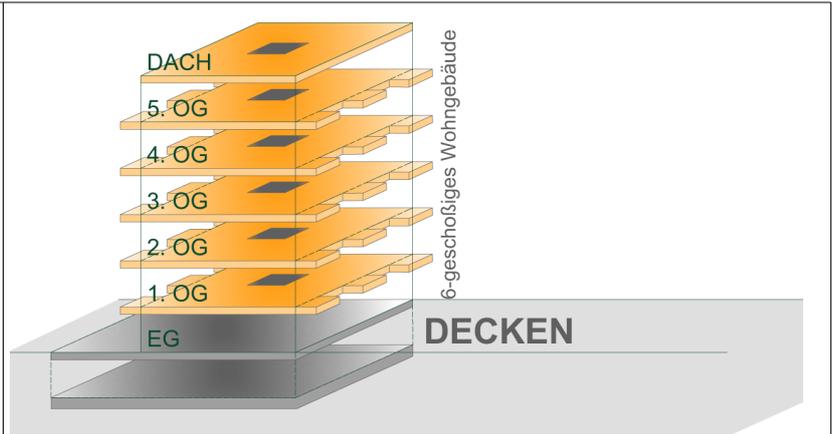
I1. Kosten



Das Instrument Kosten verschafft einen Überblick über die groben Rohbau-Stoffkosten (Listenpreise) der einzelnen Bausysteme. Die gesamten Kosten für die Nutzungsphase eines Gebäudes hängen sehr stark von der Wahl des Heizungssystems bzw. Brennstoffes ab und weniger von der Wahl des Bausystems. Dies bedeutet, dass dieses Instrument zwar einen Überblick verschafft und eine Bewertung möglich macht, jedoch, dass das Bausystem nur einen Bruchteil der Gesamtkosten ausmacht. Es ist jedoch jener Anteil der Kosten, mit dem man die verschiedenen Bausysteme miteinander vergleichen werden können.⁴⁰⁴

<p>max. 16,7 Punkte mind. 5,6 Punkte</p> <p>Wert Punkte</p>	<h3>I1 Kosten</h3> <h4>Stoffkosten – Listenpreise</h4> <p>Betrachtet werden alle Decken, d.h. die fünf Geschoßdecken inkl. Auskragungen und das Dach. Das Untergeschoß und das Stiegenhaus fließen nicht in die Bewertung ein und werden aus den bereits genannten Gründen des Brandschutzes in Stahlbeton ausgeführt.</p>
---	--

404 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ergebnisse Ökologie

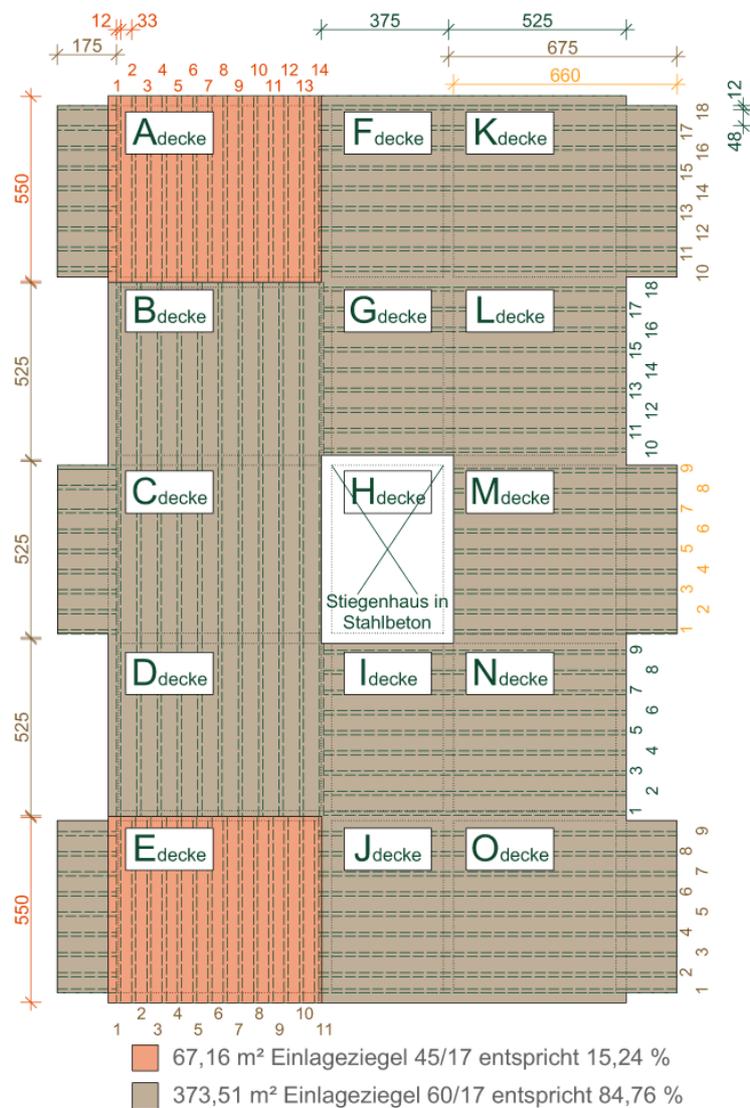


Ziegeldecke

Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton

Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton

Wienerberger Ziegelindustrie GmbH



5 Geschoßdecken = 148.201 €

Deckenträger für Einlageziegel 45/17

2 x 14 Längen zu 5,50 m = 154 lfm x 5 Geschoße = 770 lfm

Deckenträger für Einlageziegel 60/17

3x11 Längen x 5,25 m = 173,25 lfm x 5 Geschoße = 866,25 lfm

27 Längen x 1,75 m = 47,25 lfm x 5 Geschoße = 236,25 lfm

18 Längen x 6,75 m = 121,50 lfm x 5 Geschoße = 607,50 lfm

9 Längen x 6,60 m = 59,40 lfm x 5 Geschoße = 297,00 lfm

18 Längen x 5,25 m = 94,50 lfm x 5 Geschoße = 472,50 lfm

4x9 Längen x 3,75 m = 135,00 lfm x 5 Geschoße = 675,00 lfm

Deckenträger gesamt: 3.924,50 lfm

14,95 €/lfm ergibt ca. **58.671 €**

Einlageziegel 45/17

770 lfm : 0,25 m Tiefe = 3080 Stk.

2.744 €/1000 Stk ergibt ca. **8.452 €**

Einlageziegel 60/17

3.154,50 lfm . 0,25 m Tiefe = 12.618 Stk

4.978 €/1000 Stk.⁴⁰⁵ ergibt ca. **62.812 €**

Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 5 cm)

67,16 m² + 373,51 m² = 440,67 m² x 5 Geschoße = 2.203,35 m² x 0,05 m Aufbetonstärke = 110,17 m³

87 €/m³ ⁴⁰⁶ ergibt ca. **9.585 €**

EPS-Dämmung, (Austrotherm EPS W30, 2 cm)

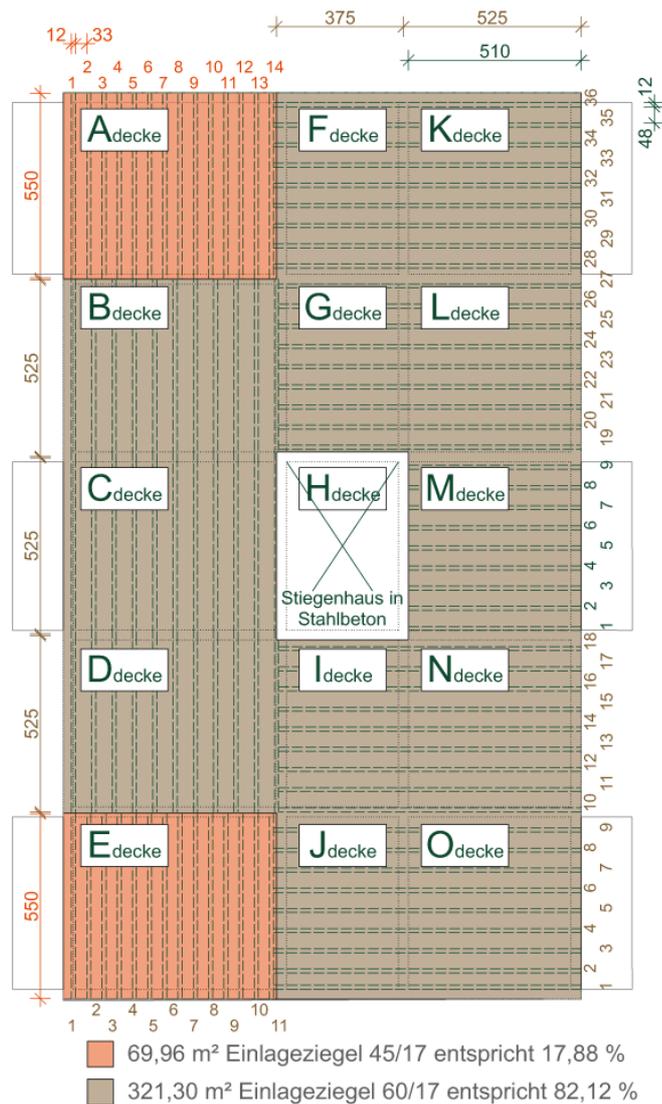
67,16 m² + 373,51 m² = 440,67 m² / 0,5 m²/Stk. (100 x 50 cm, LxB) = ca. 882 Stk x 5 Geschoße = 4.410 Stk

440,67 m² x 5 Geschoße x 3,94 €/m² ⁴⁰⁷ = ergibt ca. **8.681 €**

405 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.40

406 Eigenschaften lt. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie für die Decke: C20/25 vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2017, Beton & Estrich, Preislisten & Folder, Preisliste 2017 - Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland, S.4

407 vgl. Austrotherm GmbH 2017, Downloads, Preisliste 2017, S. 36



Dach = 46.763 €

Deckenträger für Einlageziegel 45/17

2 x 14 Längen zu 5,50 m = 154 lfm

Deckenträger für Einlageziegel 60/17

3x11 Längen x 5,25 m = 173,25 lfm

36 Längen x 5,25 m = 189,00 lfm

9 Längen x 5,10 m = 45,90 lfm

36 Längen x 3,75 m = 135,00 lfm

Deckenträger gesamt: 697,15 lfm

14,95 €/lfm ergibt ca. **10.422 €**

Einlageziegel 45/17

154 lfm : 0,25 m Tiefe = 616 Stk.

2.744 €/1000 Stk ergibt ca. **1.690 €**

Einlageziegel 60/17

543,15 lfm . 0,25 m Tiefe = 2.173 Stk

4.978 €/1000 Stk.⁴⁰⁸ ergibt ca. **10.815 €**

Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 5 cm)

27,0 m Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² x 0,05 m

Aufbetonstärke = 20,66 m³

94 €/m³ ⁴⁰⁹ ergibt ca. **1.942 €**

Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 17 cm)

27,0 m Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² / 2,4 m²/Stk. (200 x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk

413,10 m² x 53,00 €/m² ⁴¹⁰= ergibt ca. **21.894 €**

gesamt ca. **194.964 €**

(148.201 € Geschoßdecken + 46.763 € Dach)

408 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Service, Download Center, Preisliste, S.40

409 Eigenschaften lt. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie für das Dach: B2, C25/30, F45

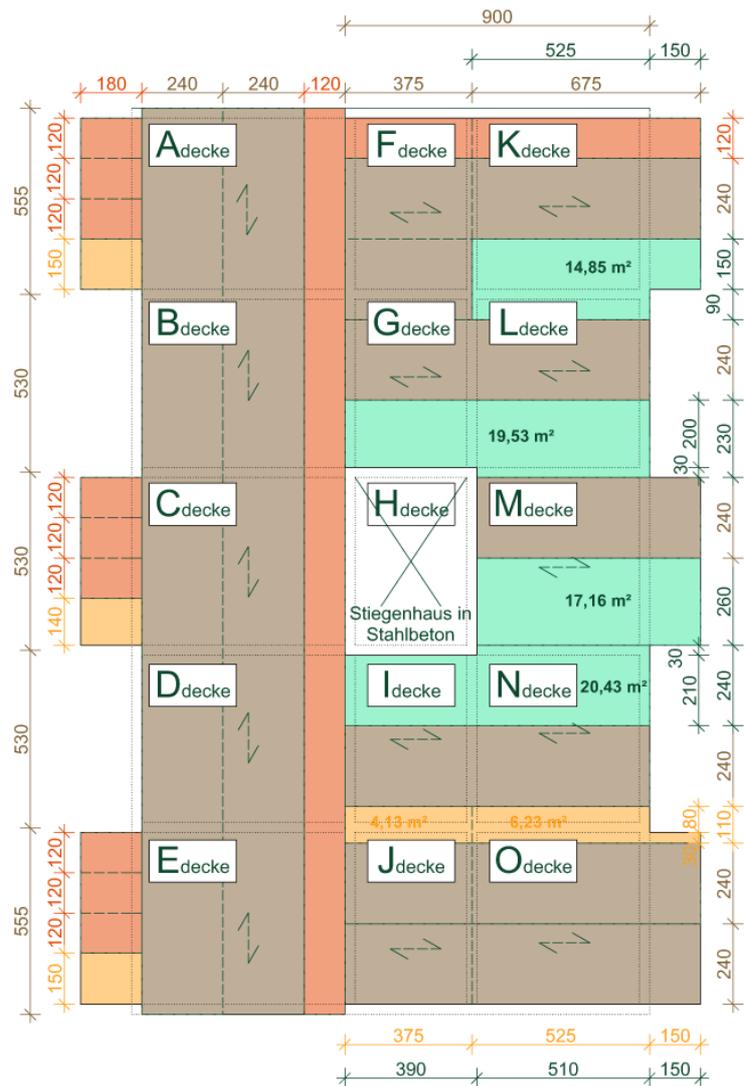
vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2017, Beton & Estrich, Preislisten & Folder, Preisliste 2017 - Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland, S.4

410 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

Halbfertigteildecke

VSE 8+8 für alle
Geschoße

Oberndorfer GmbH & Co
KG



5 Geschoßdecken = 103.106 €

Elemente VSE 8+8 (vorzugsweise Breite 120 oder 240 cm)

$4 \times 5,55 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 53,28 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{266,40 \text{ m}^2}$

$6 \times 5,30 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 76,32 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{381,60 \text{ m}^2}$

$2 \times 5,55 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 13,32 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{66,60 \text{ m}^2}$

$3 \times 5,30 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 19,08 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{95,40 \text{ m}^2}$

$9 \times 1,80 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 19,44 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{97,20 \text{ m}^2}$

$2 \times 1,80 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} = 5,40 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{27,00 \text{ m}^2}$

$1 \times 1,80 \text{ m} \times 1,40 \text{ m} = 2,52 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{12,60 \text{ m}^2}$

$1 \times 3,75 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 4,50 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{22,50 \text{ m}^2}$

$1 \times 6,75 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 8,10 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{40,50 \text{ m}^2}$

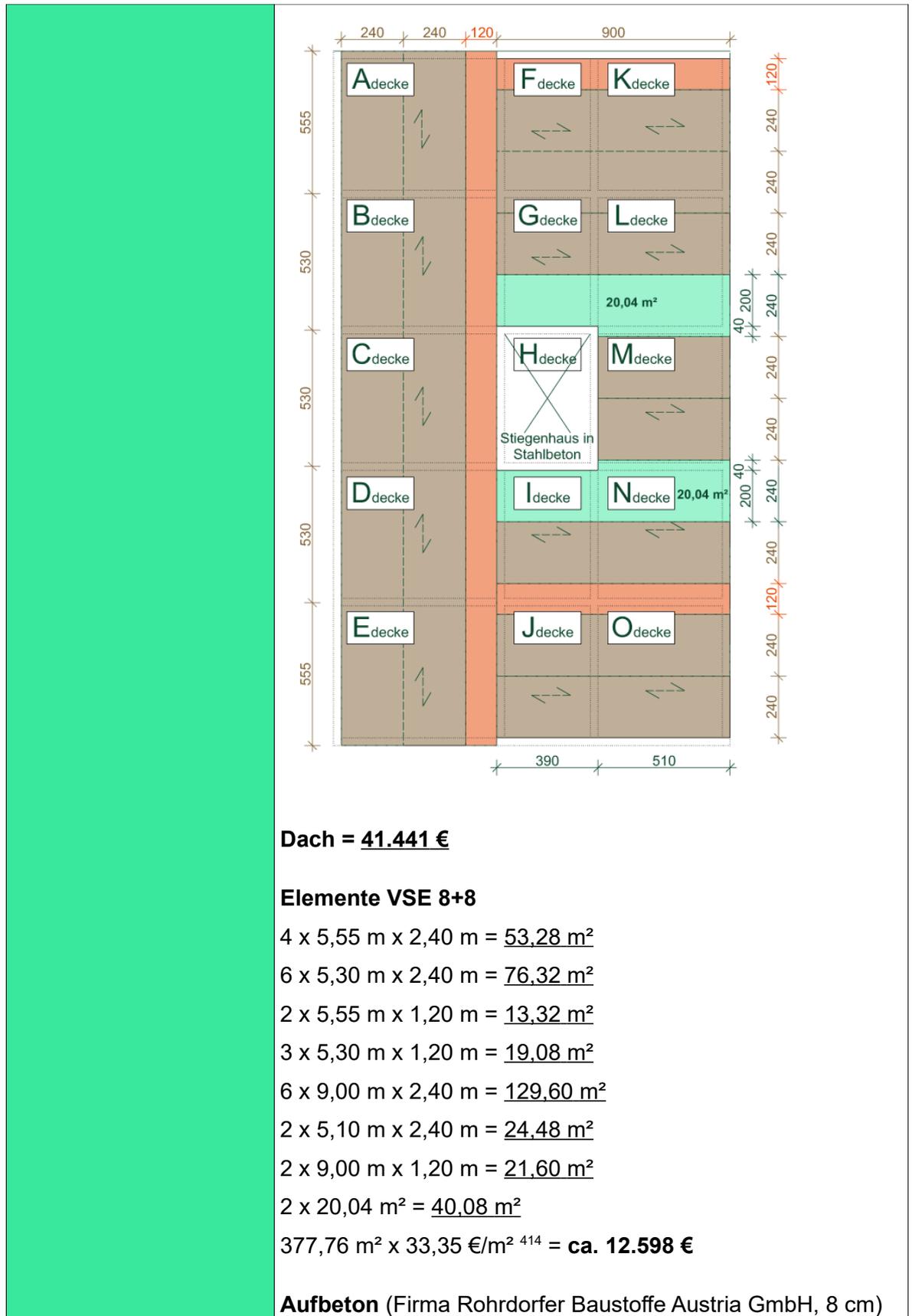
3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	<p>$3 \times 6,75 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 46,80 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{243,00 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 6,60 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 15,84 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{79,20 \text{ m}^2}$</p> <p>$4 \times 3,75 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 36,00 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{180,00 \text{ m}^2}$</p> <p>$2 \times 9,00 \text{ m} \times 2,40 \text{ m} = 43,2 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{216,00 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 14,85 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{74,25 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 19,53 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{97,65 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 17,16 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{85,80 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 20,43 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{102,15 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 4,13 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{20,65 \text{ m}^2}$</p> <p>$1 \times 6,23 \text{ m}^2 \times 5 \text{ Geschoße} = \underline{31,15 \text{ m}^2}$</p> <p>$2.139,65 \text{ m}^2 \times 33,35 \text{ €/m}^2 \text{ }^{411} = \text{ca. } \mathbf{71.357 \text{ €}}$</p> <p>Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 8 cm)</p> <p>$2.139,65 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m Aufbetonstärke} = 171,17 \text{ m}^3$</p> <p>$87 \text{ €/m}^3 \text{ }^{412}$ ergibt ca. 14.892 €</p> <p>EPS-Dämmung, (Austrotherm EPS W30, 4 cm)</p> <p>$2.139,65 \text{ m}^2 / 0,5 \text{ m}^2/\text{Stk. (100 x 50 cm, LxB)} = \text{ca. } 4.280 \text{ Stk}$</p> <p>$2.139,65 \text{ m}^2 \times 7,89 \text{ €/m}^2 \text{ }^{413} = \text{ergibt ca. } \mathbf{16.857 \text{ €}}$</p>
--	--

411 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Download, Preislisten, S. 13

412 Eigenschaften lt. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie für die Decke: C20/25
vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2017, Beton & Estrich, Preislisten & Folder,
Preisliste 2017 - Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland, S.4

413 vgl. Austrotherm GmbH 2017, Downloads, Preisliste 2017, S. 36



414 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Download, Preislisten, S. 13

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

27,0 Meter Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² x 0,08 m

Aufbetonstärke = 33,05 m³

94 €/m³ ⁴¹⁵ ergibt ca. **3.107 €**

Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 20 cm)

27,0 Meter Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² / 2,4 m²/Stk.

(200 x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk

413,10 m² x 62,30 €/m² ⁴¹⁶= ergibt ca. **25.736 €**

gesamt ca. 144.547 €

(103.106 € Geschoßdecken + 41.441 € Dach)

415 Eigenschaften lt. Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie für das Dach: B2, C25/30, F45

vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2017, Beton & Estrich, Preislisten & Folder, Preisliste 2017 - Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland, S.4

416 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

Brettsperrholz

Decken 160 L5s

Dach 140 L5s

Stora Enso Wood Products GmbH

5 Geschoßdecken = 164.148 €

Elemente CLT 160 L5s

13 x 9,0 m x 2,75 m = 321,75 m² x 5 Geschoße = 1.608,75 m²

1 x 12,15 m² x 5 Geschoße = 60,75 m²

1 x 15,51 m² x 5 Geschoße = 77,55 m²

2 x 8,70 m² x 5 Geschoße = 87,00 m²

1 x 8,58 m² x 5 Geschoße = 42,90 m²

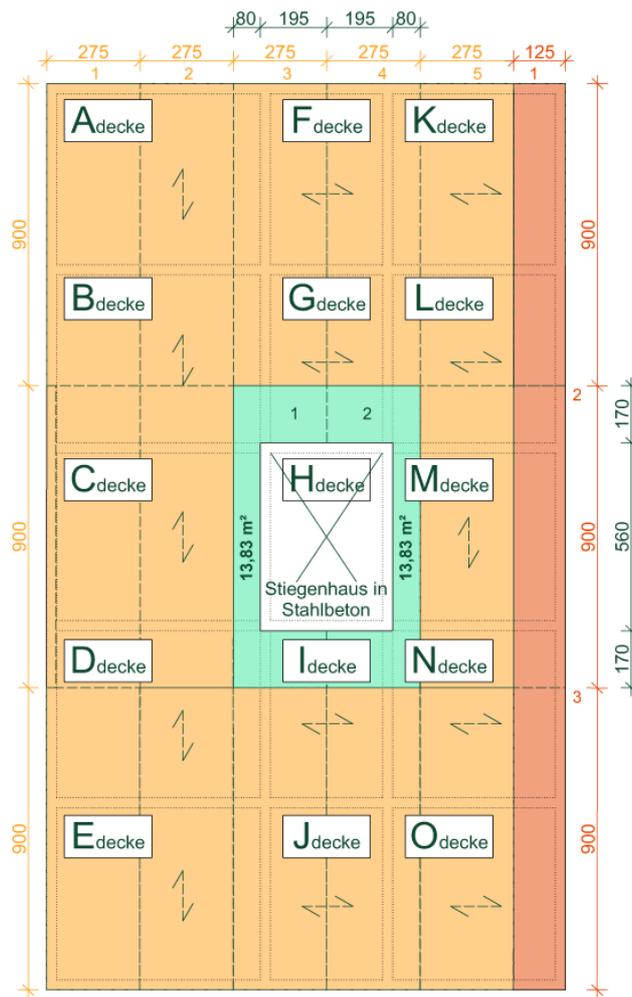
2 x 12,53 m² x 5 Geschoße = 125,30 m²

1 x 12,50 m² x 5 Geschoße = 62,50 m²

2.064,75 m² x 79,5 €/m² ⁴¹⁷ = **ca. 164.148 €**

417 74,5 €/m² für die Decke + 5 €/m² für den Abbund (ohne Sonderabbundleistungen wie Fräsungen für Elektroleitungen, etc.)
vgl. Rudolf 2017, E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm, CLT 160mm und CLT 180 mm

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau



Dach = 45.599 €

Elemente CLT 140 L5s

13 x 9,0 m x 2,75 m = 321,75 m²

2 x 13,83 m² = 27,66 m²

3 x 9,0 m x 1,25 m = 33,75 m²

383,16 m² x 72 €/m² ⁴¹⁸ = **ca. 27.588 €**

Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 14 cm)

27,0 Meter Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² / 2,4 m²/Stk.

(200 x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk

418 67 €/m² für die Decke + 5 €/m² für den Abbund (ohne Sonderabbundleistungen wie Fräsungen für Elektroleitungen, etc.)
vgl. Rudolf 2017, E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm, CLT 160mm und CLT 180 mm

	$413,10 \text{ m}^2 \times 43,60 \text{ €/m}^2$ ⁴¹⁹ = ergibt ca. 18.011 € gesamt ca. 209.747 € (164.148 € Geschoßdecken + 45.599 € Dach)
--	---

I1 Kosten

Stoffkosten - Listenpreise

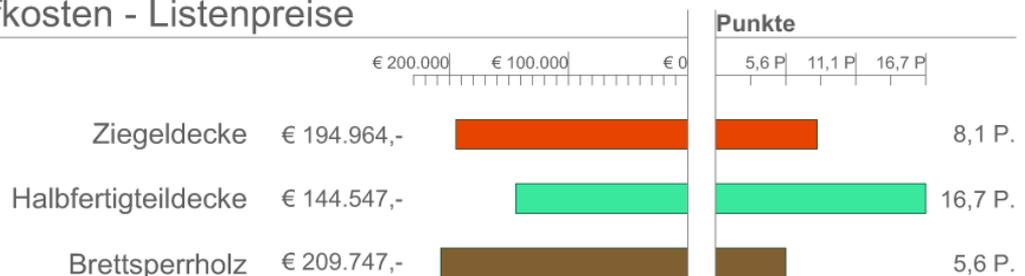


Abbildung 202: I1 Kosten: Stoffkosten

Bei der Ziegeldecke betragen die Stoffkosten für die sechs Decken etwa **€ 194.964,-**. Die **Ziegeldecke** liegt somit im Mittelfeld und erhält 8,1 Punkte⁴²⁰.

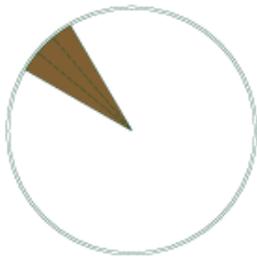
Bei der **Halbfertigteildecke** betragen die Stoffkosten **€ 144.547,-**. Insbesondere die benötigte Dämmung bildet mit € 42.033,- einen hohen Kostenfaktor, der durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Stahlbeton nicht vermeidbar ist. Die Halbfertigteildecke ist die günstigste Variante und erzielt 16,7 Punkte.

Das **Brettsperrholz** (5,6 Punkte) ist jenes Bausystem, welches die höchsten Stoffkosten inkl. der benötigter Dämmung verursacht. Diese sind **€ 209.747,-**.

419 vgl. Saint Gobain Isover Austria GmbH 2017, Technik & Service, Downloads, Preisliste, S. 30

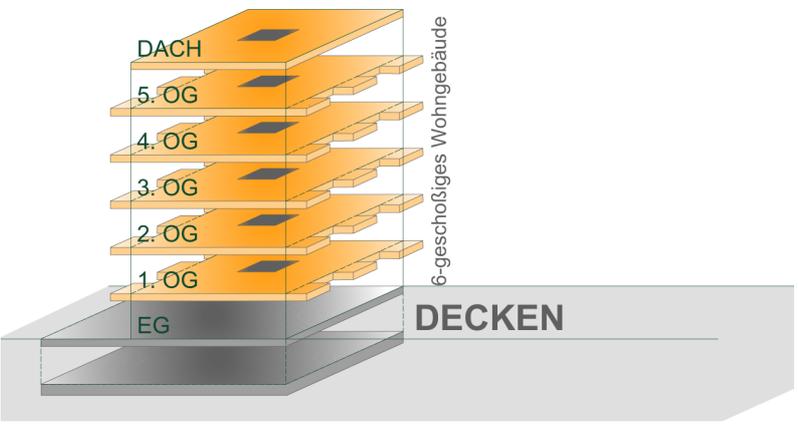
420 $16,7 - 5,6 = 11,1$ Punkte zwischen 209.747 € und 144.547 € ergibt 65.200 € Unterschied
194.964 € ist 14.783 € von 209.747 € entfernt
somit = 5,6 Punkte + (11,1 Punkte Unterschied x 14.783 € Entfernung / 65.200 € Unterschied)

I2. Herstellung und Baustelle



max. 16,7 Punkte
mind. 5,6 Punkte

Das Instrument Herstellung und Baustelle besteht aus den, zur Bewertung stehenden, Instrumenten Sperrigkeit der Elemente, Baustellendauer und Witterung sowie Möglichkeit der Demontage.

 <p>max. 5,6 Punkte mind. 1,9 Punkte</p> 	<h3>I2 Herstellung und Baustelle</h3> <h4>Sperrigkeit der Elemente</h4> <p>Die Sperrigkeit wird in dieser Arbeit einerseits am Gewicht des schwersten Elementes und andererseits an der max. Länge der längsten Seite eines Elementes gemessen. Das ermöglicht einen Überblick über die Handlichkeit der einzelnen Elemente.</p> <p>Es wird darauf geachtet, dass die Elemente mit einem LKW-Eurosattelzug mit einer Länge von 13,62 m, einer Breite von ca. 2,50 m, einer Höhe von ca. 2,60 m und einer Kapazität von ca. 24 Tonnen, transportiert werden können.⁴²¹</p> 
--	---

421 vgl. Johann Weiss GmbH 2016, Dienstleistungen, Cargo, Abmessungen

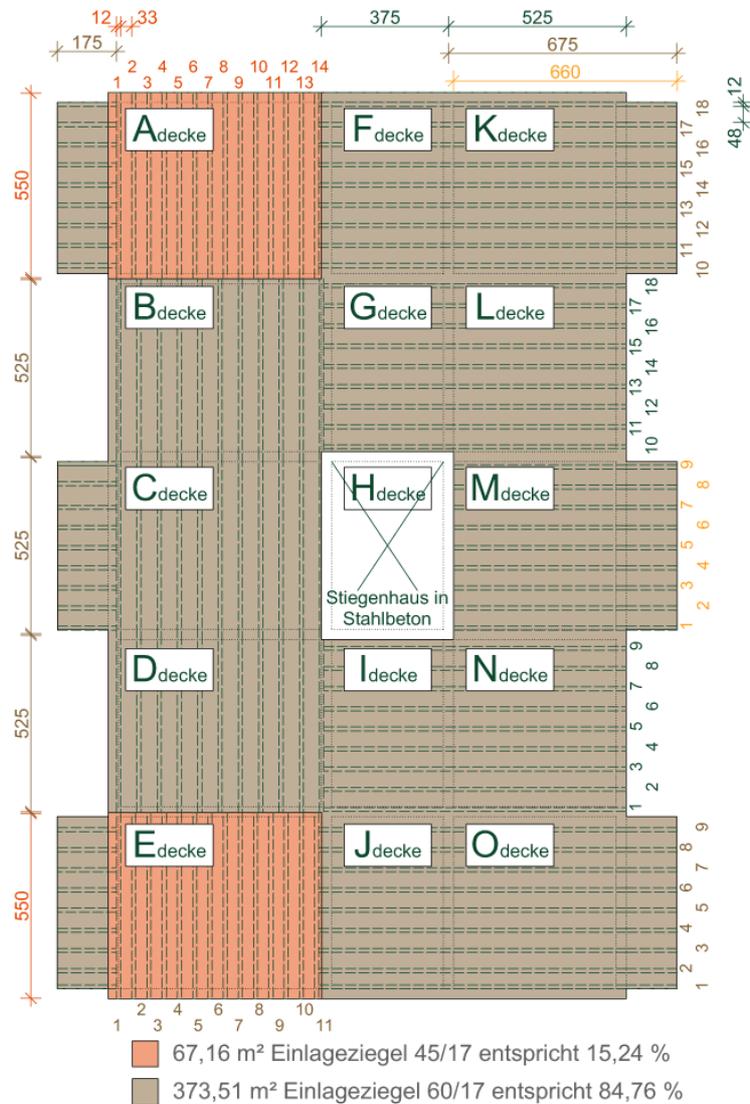
Ziegeldecke

Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton

Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton

Wienerberger Ziegelindustrie GmbH

Zwischen Längen von 1,75 und 8,00 Metern variieren die Deckenträger, wobei sie in 0,25 Schritten ausgeführt sind. Die Einlageziegel besitzen eine fixe Größe.



5 Geschoßdecken

Deckenträger für Einlageziegel 45/17

2 x 14 Längen zu 550 x 12 x 6,5 cm [LxBxH] x 5 Geschoße
 16,5 kg/lfm x 5,50 m = 90,8 kg/Stück

Deckenträger für Einlageziegel 60/17

3 x 11 Längen x 525 x 12 x 6,5 cm [LxBxH] x 5 Geschoße,
86,6 kg/Stück

	3 x 9 Längen x <u>175 x 12 x 6,5 cm</u> [LxBxH] x 5 Geschoße <u>28,9 kg/Stück</u>
	18 Längen x 675 x 12 x 6,5 cm [LxBxH] x 5 Geschoße 111,4 kg/Stück
	9 Längen x <u>660 x 12 x 6,5 cm</u> [LxBxH] x 5 Geschoße <u>108,9 kg/Stück</u>
	18 Längen x <u>525 x 12 x 6,5 cm</u> [LxBxH] x 5 Geschoße <u>86,6 kg/Stück</u>
	4 x 9 Längen x <u>375 x 12 x 6,5 cm</u> [LxBxH] x 5 Geschoße <u>61,9 kg/Stück</u>
	Einlageziegel 45/17 770 lfm ⁴²² / 0,25 m Tiefe = 3080 Stk. x <u>25 x 33 x 17 cm</u> [TxLxH], <u>11,5 kg/Stück</u>
	Einlageziegel 60/17 3.154,50 lfm ⁴²³ / 0,25 m Tiefe = 12.618 Stk x <u>25 x 48 x 17 cm</u> [TxLxH], <u>16,0 kg/Stück</u> ⁴²⁴
	Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 5 cm) 67,16 m ² + 373,51 m ² = 440,67 m ² x 5 Geschoße = 2.203,35 m ² x 0,05 m Aufbetonstärke = <u>110,17 m³</u>
	EPS-Dämmung , (Austrotherm EPS W30, 2 cm) 67,16 m ² + 373,51 m ² = 440,67 m ² / 0,5 m ² /Stk. (100 x 50 cm, LxB) = ca. 882 Stk x 5 Geschoße = 4.410 Stk

422 2 x 14 Längen x 5,50m x 5 Geschoße

423 3 x 11 Längen x 5,25 m x 5 Geschoße

3x9 Längen x 1,75 m x 5 Geschoße

18 Längen x 6,75 m x 5 Geschoße

9 Längen x 6,60 m x 5 Geschoße

18 Längen x 5,25 m x 5 Geschoße

4x9 Längen x 3,75 x 5 Geschoße

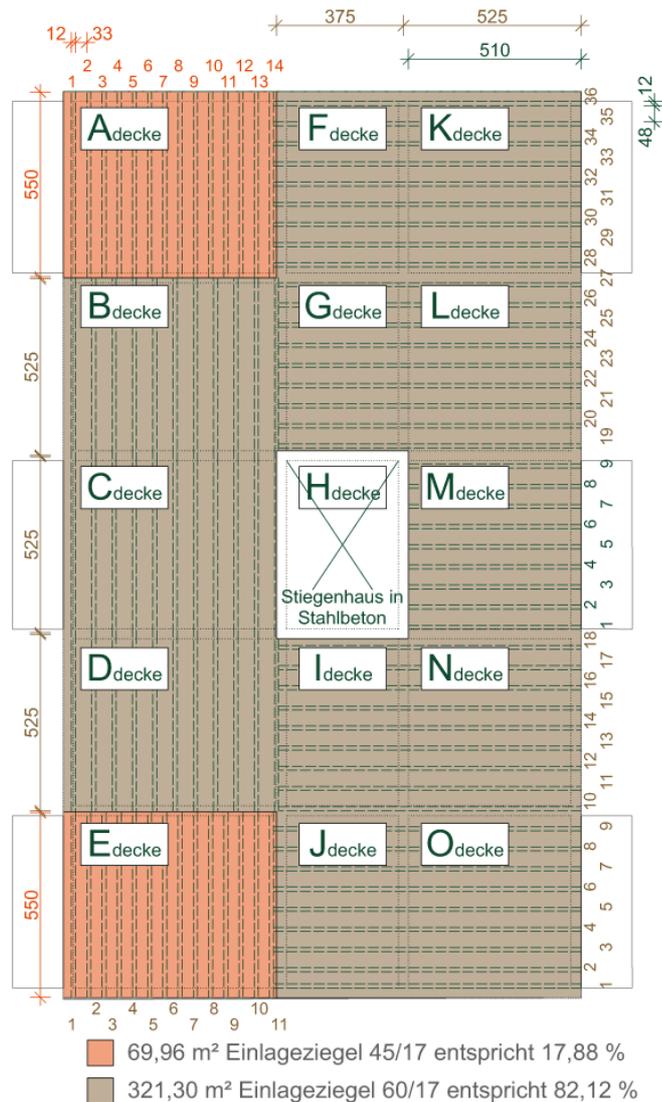
424 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Deckenträger

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH (2017), Service, Download Center, Preisliste, S. 40

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Einlageziegel 45/17

vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Einlageziegel 60/17

4.410 Stk x 100 x 50 x 2 cm [LxBxH]



Dach

Deckenträger für Einlageziegel 45/17

2 x 14 Längen x 550 x 12 x 6,5 cm [LxBxH]

16,5 kg/lfm x 5,50 m = 90,8 kg/Stück

Deckenträger für Einlageziegel 60/17

3x11 Längen x 525 x 12 x 6,5 cm [LxBxH], 86,6 kg/Stück

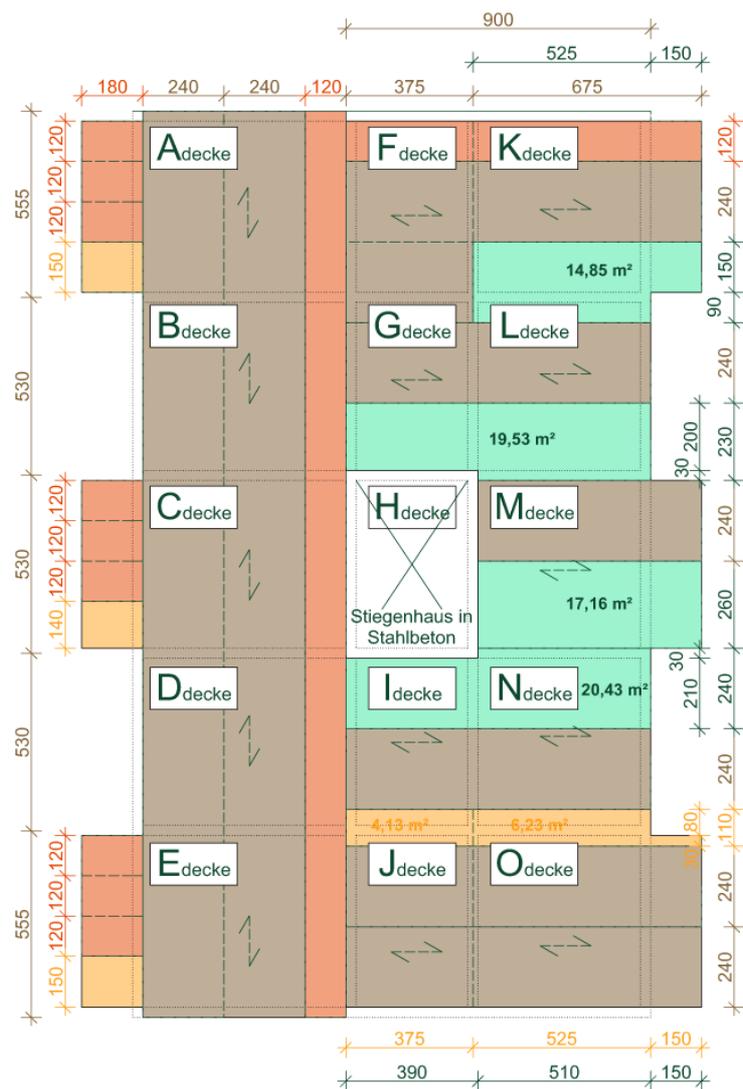
36 Längen x 525 x 12 x 6,5 cm [LxBxH], 86,6 kg/Stück

9 Längen x 510 x 12 x 6,5 cm [LxBxH], 84,2 kg/Stück

4x9 Längen x 375 x 12 x 6,5 cm [LxBxH], 61,9 kg/Stück

	<p>Einlageziegel 45/17 $154 \text{ lfm}^{425} : 0,25 \text{ m Tiefe} =$ 616 Stk <u>25 x 33 x 17 cm</u> [TxLxH], <u>11,5 kg/Stück</u></p> <p>Einlageziegel 60/17 $543,15 \text{ lfm}^{426} \cdot 0,25 \text{ m Tiefe} =$ 2.173 Stk <u>25 x 48 x 17 cm</u> [TxLxH], <u>16,0 kg/Stück</u> ⁴²⁷</p> <p>Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 5 cm) 27,0 m Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² x 0,05 m Aufbetonstärke = <u>20,66 m³</u></p> <p>Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 17 cm) 27,0 m Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² / 2,4 m²/Stk. (200 x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk x <u>200 x 120 x 12 cm</u> + ca. 173 Stk x <u>200 x 120 x 5 cm</u> [LxBxH]</p> <p>Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden Materialien immer ein geringeres Gewicht aufweist.</p> <p>Die Lieferung des Transportbetons (130,83 m³) erfolgt mithilfe eines Fahrmischers.⁴²⁸ Da der Beton direkt vom Mischer an die gewünschte Stelle eingebracht wird, besteht kein Problem mit der „Größe“ oder des Gewichtes des Betons.</p> <p>Die maximale Länge beträgt 675 cm (x 6,5 x 12 cm) Das schwerste Element wiegt 111,4 kg/Stück</p>
<p>Halbfertigteildecke VSE 8+8 für alle Geschoße</p>	<p>Die Standard-Produktionsbreite beträgt 120 cm oder 240 cm während die Produktionslängen in dieser Arbeit variieren.⁴²⁹</p>

425 2 x 14 Längen x 5,50 m
 426 3 x 11 Längen x 5,25 m
 36 Längen x 5,25 m
 9 Längen x 5,10 m
 36 Längen x 3,75 m

Oberdorfer GmbH & Co
KG

5 Geschoßdecken

Elemente VSE 8+8 (vorzugsweise Breite 120 oder 240 cm)

4 Elemente zu 555 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH] x 5

Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 430 \times 5,55 \times 2,40 = \underline{2.664 \text{ kg/Platte}}$

6 Elemente zu 530 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH] x 5

Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 5,30 \times 2,40 = \underline{2.544 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 555 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH] x 5

Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 5,55 \times 1,20 = \underline{1.332 \text{ kg/Platte}}$

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	3 Elemente zu <u>530 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 5,30 \times 1,20 = \underline{1.272 \text{ kg/Platte}}$
	9 Elemente zu <u>180 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 1,80 \times 1,20 = \underline{432 \text{ kg/Platte}}$
	2 Elemente zu <u>180 cm x 150 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 1,80 \times 1,50 = \underline{540 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>180 cm x 140 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 1,80 \times 1,40 = \underline{504 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>375 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 3,75 \times 1,20 = \underline{900 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>675 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 6,75 \times 1,20 = \underline{1.620 \text{ kg/Platte}}$
	3 Elemente zu <u>675 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 6,75 \times 2,4 = \underline{3.240 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>660 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 6,60 \times 2,40 = \underline{3.168 \text{ kg/Platte}}$
	4 Elemente zu <u>375 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 3,75 \times 2,40 = \underline{1.800 \text{ kg/Platte}}$
	2 Elemente zu 900 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH] x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 9,00 \times 2,40 = \underline{4.320 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>675 x 150 x 8 cm + 525 x 90 x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 14,85 \text{ m}^2 = \underline{2.970 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>900 x 200 x 8 cm + 525 x 30 x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 19,53 \text{ m}^2 = \underline{3.906 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>660 cm x 260 cm x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 17,16 \text{ m}^2 = \underline{3.432 \text{ kg/Platte}}$
	1 Element zu <u>510 x 240 x 8 cm + 390 x 210 x 8 cm [LxBxH]</u> x 5 Geschoße, $200 \text{ kg/m}^2 \times 20,43 = \underline{4.086 \text{ kg/Platte}}$

Dach

Elemente VSE 8+8

4 Elemente zu 555 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 5,55 \times 2,40 = \underline{2.664 \text{ kg/Platte}}$

6 Elemente zu 530 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 5,30 \times 2,40 = \underline{2.544 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 555 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 5,55 \times 1,20 = \underline{1.332 \text{ kg/Platte}}$

3 Elemente zu 530 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 5,30 \times 1,20 = \underline{1.272 \text{ kg/Platte}}$

6 Elemente zu **900 cm x 240 cm x 8 cm** [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 9,00 \times 2,40 = \underline{4.320 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 510 cm x 240 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 5,10 \times 2,40 = \underline{2.448 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 900 cm x 120 cm x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 9,00 \times 1,20 = \underline{2.160 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 510 x 240 x 8 cm + 390 x 200 x 8 cm [LxBxH],

$200 \text{ kg/m}^2 \times 20,04 \text{ m}^2 = \underline{4.008 \text{ kg/Platte}}$

Aufbeton (Firma Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH, 8 cm)

27,0 m Länge x 15,3 m Breite = $413,10 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m}$

Aufbetonstärke = 33,05 m³

Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 20 cm)

27,0 m Länge x 15,3 m Breite = $413,10 \text{ m}^2 / 2,4 \text{ m}^2/\text{Stk.}$ (200

x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk x 200 x 120 x 12 cm + ca. 173

Stk x 200 x 120 x 8 cm [LxBxH]

Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden Materialien immer ein geringeres Gewicht

aufweist.

Die Lieferung des Transportbetons ($204,22 \text{ m}^3$) erfolgt mithilfe eines Fahrmischers.⁴³¹ Da der Beton direkt vom Mischer an die gewünschte Stelle eingebracht wird, besteht kein Problem mit der „Größe“ oder des Gewichtes des Betons.

Die maximale Länge beträgt **900 cm** (x 240 x 8 cm)

Das schwerste Element wiegt **4.320 kg/Platte**

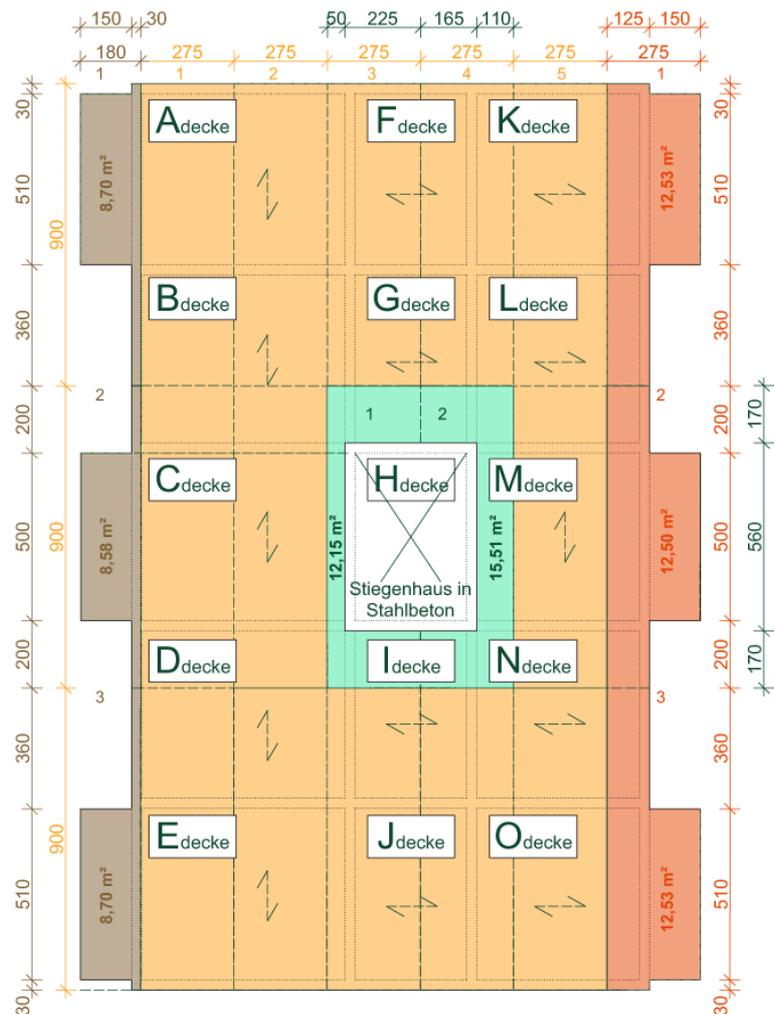
Brettsperrholz

Decken 160 L5s

Dach 140 L5s

Stora Enso Wood Products GmbH

Die Produktionsbreiten variieren zwischen 245, 275 und 295 cm. Die Produktionslängen betragen mind. 8 Meter und max. 16 Meter in 10 cm Abstufungen.⁴³²



5 Geschoßdecken

Elemente CLT 160 L5s

13 Elemente zu **900 cm x 275 cm x 16 cm** [LxBxH] x 5
Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 9,00 \times 2,75 \times 0,16 \text{ m} = \mathbf{1.861,2}$

kg/Platte

1 Element zu 340 x 275 x 16 cm + 560 x 50 x 16 cm [LxBxH]
x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 12,15 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} = \underline{913,7}$

kg/Platte

1 Element zu 340 x 275 x 16 cm + 560 x 110 x 16 cm [LxBxH]
x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 15,51 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} = \underline{1.166,4}$

kg/Platte

2 Elemente zu 510 x 150 x 16 cm + 900 x 30 x 16 cm [LxBxH]
x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 8,70 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} = \underline{654,2}$

kg/Platte

1 Element zu 500 x 150 x 16 cm + 900 x 30 x 16 cm [LxBxH]
x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 8,58 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} = \underline{645,2}$

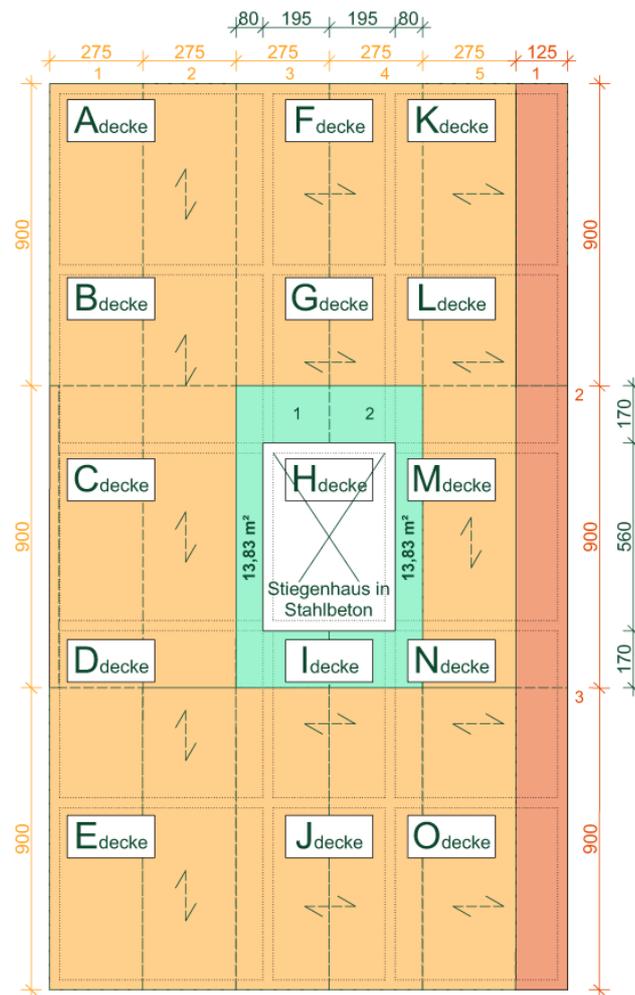
kg/Platte

2 Elemente zu 510 x 150 x 16 cm + 900 x 125 x 16 cm
[LxBxH] x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 12,53 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} =$

942,3 kg/Platte

1 Element zu 500 x 150 x 16 cm + 900 x 125 x 16 cm [LxBxH]
x 5 Geschoße, $470 \text{ kg/m}^3 \times 12,50 \text{ m}^2 \times 0,16 \text{ m} = \underline{940,0}$

kg/Platte



Dach

Elemente CLT 140 L5s

13 Elemente zu 900 x 275 x 14 cm [LxBxH],

$470 \text{ kg/m}^3 \times 9,0 \times 2,75 \times 0,14 \text{ m} = \underline{1.628,6 \text{ kg/Platte}}$

2 Elemente zu 340 x 275 x 14 cm + 560 x 80 x 14 cm [LxBxH],

$470 \text{ kg/m}^3 \times 13,83 \times 0,14 \text{ m} = \underline{910,0 \text{ kg/Platte}}$

3 Elemente zu 900 cm x 125 cm x 14 cm [LxBxH],

$470 \text{ kg/m}^3 \times 9,0 \times 1,25 \times 0,14 \text{ m} = \underline{740,3 \text{ kg/Platte}}$

Steinwolle, (ISOVER S, Isover Austria GmbH, 14 cm)

27,0 m Länge x 15,3 m Breite = 413,10 m² / 2,4 m²/Stk. (200

x 120 cm, LxB) = ca. 173 Stk x 200 x 120 x 8 cm + ca. 173

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

	Stk x <u>200 x 120 x 6 cm</u> [LxBxH]
	Zur Bewertung des schwersten Elementes wird die Dämmung nicht herangezogen, da sie im Gegensatz zu tragenden Materialien immer ein geringeres Gewicht aufweist.
	Die maximale Länge beträgt 900 cm (x 275 x 16 cm) Das schwerste Element wiegt 1.861,20 kg/Stück

Maximale Länge



I2 Herstellung und Baustelle Sperrigkeit



Abbildung 203: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit maximale Länge

Die längste Seite des längsten Elementes der **Ziegeldecke** besitzt eine Dimension von **675 cm** und erhält 2,8 Punkte.

Bei der **Halbfertigteildecke** beträgt die längste Dimension **900 cm**. Dieses Bausystem erreicht 0,9 Punkte.

Auch die maximale Länge beim **Brettsperrholz** bezieht sich auf **900 cm**. In Bezug auf die Sperrigkeit erzielt Brettsperrholz damit 0,9 Punkte.

Schwerstes Element



I2 Herstellung und Baustelle

Sperrigkeit

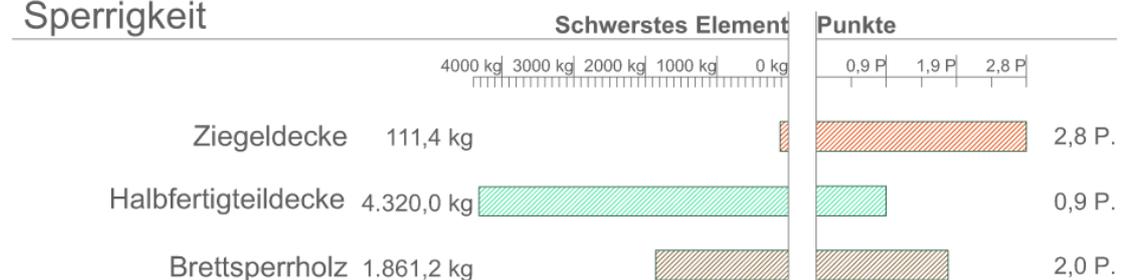


Abbildung 204: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit schwerstes Element

Betrachtet man das Gewicht der einzelnen Bausysteme, findet man bei der **Ziegeldecke** (2,8 Punkte) zwar mengenmäßig viele Elemente, die jedoch nur max. **111,4 kg** wiegen.

Bei der **Halbfertigteildecke** beträgt das max. Gewicht einer Platte **4.320,0 kg**. Dieses Bausystem erhält 0,9 Punkte.

Brettsperrholz (2,0 Punkte⁴³⁴) liegt im Mittelfeld, da dieses Bausystem ein maximales

- 427 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Deckenträger
vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH (2017), Service, Download Center, Preisliste, S. 40
vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Einlageziegel 45/17
vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Deckenlösungen, Porotherm Einlageziegel 60/17
- 428 vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2016, Logistik, Fahrzeuge
- 429 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2016, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke, Produktfolder, S. 13
- 430 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2016, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke, Produktfolder, S. 13
- 431 vgl. Rohrdorfer Baustoffe Austria GmbH 2016, Logistik, Fahrzeuge
- 432 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2015, Produkt, Technische Daten, CLT Standardaufbauten
- 433 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2016, Media & Downloads. Broschüren. Technische Broschüre CLT, S. 4
- 434 $4.320 - 111,4 = 4.208,6$ kg zwischen 0,9 und 2,8 Punkten, ergibt 1,9 Punkte Unterschied

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Gewicht von **1.861,2 kg** pro Platte aufweist.

Punkte



max. 5,6 Punkte
mind. 1,9 Punkte

Sperrigkeit Punkte

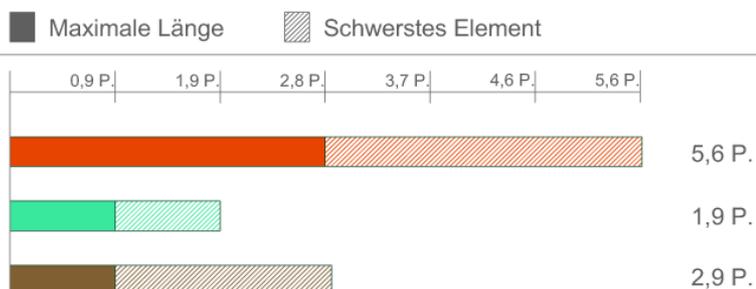
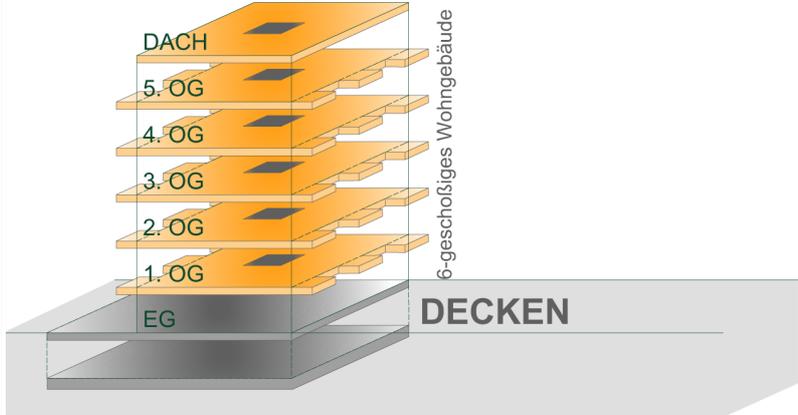


Abbildung 205: I2 Herstellung und Baustelle: Sperrigkeit Punkte

 <p>max. 5,6 Punkte mind. 1,9 Punkte</p>	<h3>I2 Herstellung und Baustelle</h3> <h4>Baustellendauer und Witterung</h4> <p>Ein hoher Vorfertigungsgrad der Geschoßdecke bzw. des Daches ermöglicht eine schnelle Montage vor Ort. Sperrige und große Bauteile verhindert wiederum die rasche Abwicklung auf der Baustelle. Auch komplexe Verbindungen der Bauteile oder Bauteilanschlüsse verlängern die Montagezeit.</p> <p>Die Möglichkeit des Aufstellens des Rohbaus</p>
---	---

1.861,2 kg ist 2.458,8 kg von 4.320 kg entfernt
somit = 0,9 Punkte + (1,9 Punkte Unterschied x 2.458,8 kg Entfernung / 4.208,6 kg Unterschied)

	<p>uneingeschränkt durch Temperatur oder Witterung, begünstigt die Einhaltung des Terminplanes.</p> 
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Die Kleinteiligkeit der Elemente, z.B. der Einlageziegel, führt zu einer langen Baustellenzeit. Dadurch, dass Aufbeton zum Einsatz kommt, dauert es eine gewisse Zeit bis zur völligen Tragfähigkeit und somit müssen Unterstellungen verwendet werden. Die Decke darf erst belastet werden, sobald der Beton seine volle Festigkeit erreicht. Auch die Unterstellungen müssen, bei einer beispielhaften Anwendung von CEM I 32,5 R oder 42,5 N und einer Betonfestigkeitsklasse von C20/25, 20 Tage vorhanden sein. Ein weiterer Faktor ist die mittlere Tagestemperatur. Bei einer Temperatur von 12°C bis 20°C wird die Festigkeit in 20 Tagen geschaffen. Bei über 20°C bereits in 15 Tagen, wobei bei beispielsweise 5°C bis 12°C der Endzustand der Festigkeit bereits nach 28 Tage erreicht wird. Somit ist auf geeignete Temperaturen zu beachten.⁴³⁵</p> <p>Die Aushärtungszeit des Betons variiert stark nach den Witterungsbedingungen. Somit ist auf geeignete Temperaturen und folglich auf wärmere Jahreszeiten zu achten.⁴³⁶</p>

435 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Bauen mit Ziegel, Ziegellösungen, Deckenlösungen, Porotherm Ziegeldecken, Verlegeanleitung, S.1-4

436 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Bauen mit Ziegel, Ziegellösungen, Deckenlösungen, Porotherm Ziegeldecken, Verlegeanleitung, S.1-4

<p>Halbfertigteildecke VSE 8+8 für alle Geschoße Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Die 8 cm starke Halbfertigteildecke wird als vorgefertigtes Element auf der Baustelle in die richtige Position gebracht. Der Aufbeton, welcher ebenfalls eine Bauteildicke von 8 cm aufweist, wird erst nachträglich als Transportbeton aufgebracht. Somit müssen, wie auch bei der Ziegeldecke, Abbindezeiten beachtet werden, bevor die endgültige Tragfähigkeit erreicht wird.</p> <p>Es ist in Bezug auf die Witterung auf geeignete Temperaturen und wärmere Jahreszeiten zu achten. Diese Witterungsabhängigkeit betrifft vor allem die möglichst rasche Aushärtung des Aufbetons.</p>
<p>Brettsperrholz Decken 160 L5s Dach 140 L5s Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>CLT-Platten besitzen eine sofortige Tragfähigkeit bei schnellem Aufbau durch gänzlich fertig zugeschnittene, relativ großteilige CLT-Platten. Die Dauer der Schaffung eines Rohbaues ist relativ gering.</p> <p>Generell hält sich durch die Trockenbauweise die Witterungsabhängigkeit in Grenzen, da keine Abbindezeiten eingehalten werden müssen und daher das System eine sofortige Tragfähigkeit ermöglicht. Jedoch besitzt Holz eine gewisse Feuchtigkeit, die beim Einbau exakt vorhanden sein sollte. Somit sollte schon auf geeignete Witterungsbedingungen geachtet werden.</p>

Baustellendauer

I2 Herstellung und Baustelle

Baustellendauer & Witterung

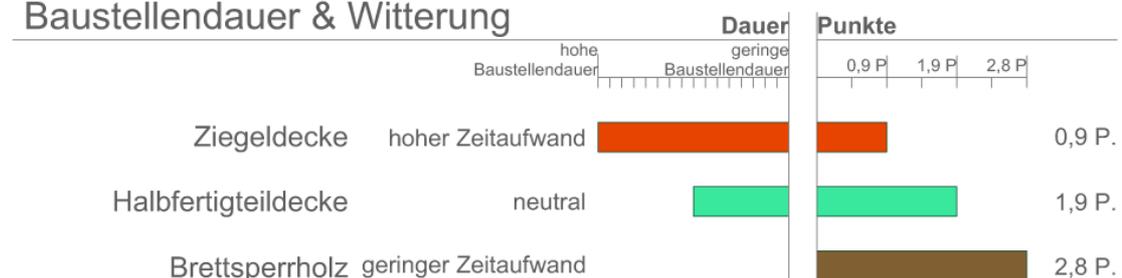


Abbildung 206: I2 Herstellung und Baustelle: Baustellendauer

Dadurch, dass sehr viele menschenbezogene Arbeitsschritte dahinterstehen, ist die Dauer bei der Schaffung einer **Ziegeldecke** (0,9 Punkte), im Vergleich zu den anderen Bausystemen, am längsten. Die weiteren Arbeitsschritte werden dadurch erschwert, dass die Decke erst belastungsfähig ist, sobald der Abbindeprozess des Aufbetons abgeschlossen ist.

Die **Halbfertigteildecke** liegt im Mittelfeld, da sie einerseits durch die Fertigteile schnell montiert ist, jedoch die Aushärtung des Aufbetons die Baustellenweiterführung zumindest erschwert.

Die Elemente bei der **Brettsperrholzdecke** (2,8 Punkte) sind im Vergleich zur Halbfertigteildecke größer und dadurch anzahlmäßig weniger, d.h. der Montagevorgang ist deutlich kürzer als bei der Halbfertigteildecke. Die Decke ist sofort tragfähig. Die Elemente müssen jedoch mithilfe von Verbindungsmitteln mit anderen Deckenelementen bzw. mit den Wandelementen verbunden werden.

Witterung



I2 Herstellung und Baustelle
Baustellendauer & Witterung



Abbildung 207: I2 Herstellung und Baustelle: Witterung

Die **Ziegeldecke** bzw. vorallem der Aufbeton hängen sehr stark mit der Witterung zusammen. Auch da die Baustellenzeit durch die geringe Vorfertigung und die Vielzahl an Arbeitsschritten relativ lange ist, sollte die Baustelle unbedingt auf Monate mit passender mittlerer Temperatur geschoben werden. Daher erhält die Ziegeldecke, als hier am stärksten von der Witterung beeinflusstes Bausystem, nur 0,9 Punkte.

Die **Halbfertigteildecke** (1,9 Punkte) besteht aus einem Fertigteil und Aufbeton. Die Abhängigkeit von der Witterung ist beim Fertigteil relativ niedrig, da die Montagezeit gering ist. Der Aufbeton wiederum ist sehr stark von der Witterung abhängig.

Bis auf die Beachtung der geeigneten Feuchtigkeit und dem Schutz vor Feuchtigkeit, müssen beim **Brettsperrholz** keine Abbindezeiten abgewartet werden. Brettsperrholz erhält somit 2,8 Punkte.

Punkte



Baustellendauer & Witterung

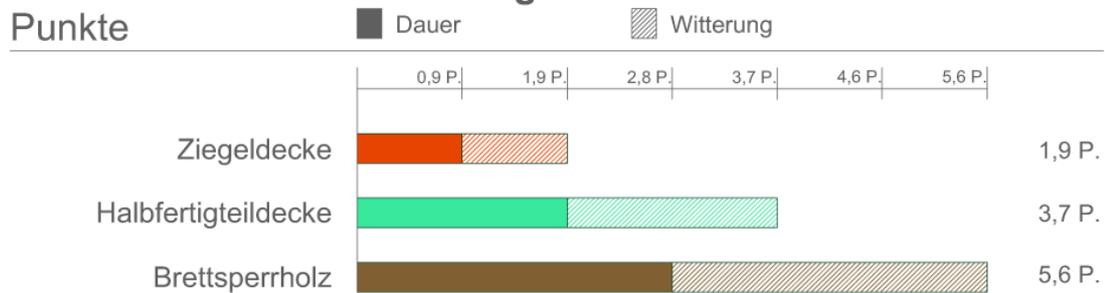
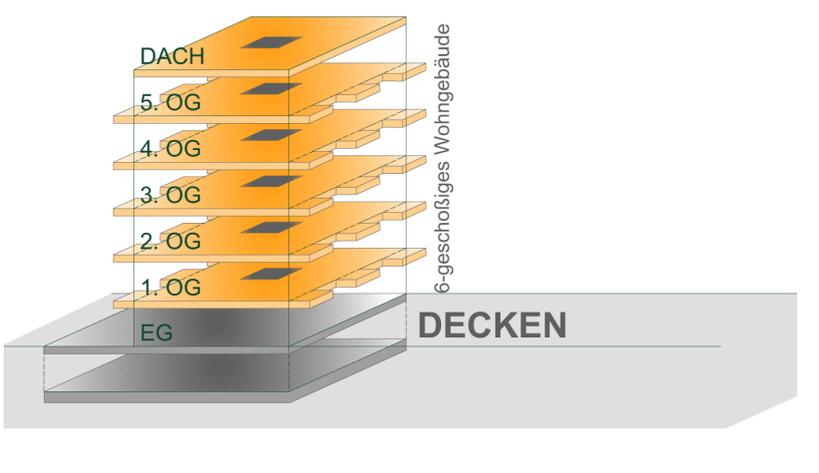


Abbildung 208: I2 Herstellung und Baustelle: Baustellendauer und Witterung

<p>max. 5,6 Punkte mind. 1,9 Punkte</p> <p>Wert ↑ Punkte ↑</p>	<p>I2 Herstellung und Baustelle</p> <p>Demontage</p> <p>Die Wiederverwendung des Bausystems oder Teilen davon ermöglichen eine Erweiterung des Lebenszyklus der Bauteile. Auch eine Nutzung als Brennmaterial wird vorteilhaft behandelt. Betrachtet werden alle fünf Geschoßdecken und das Dach.</p>
--	---

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

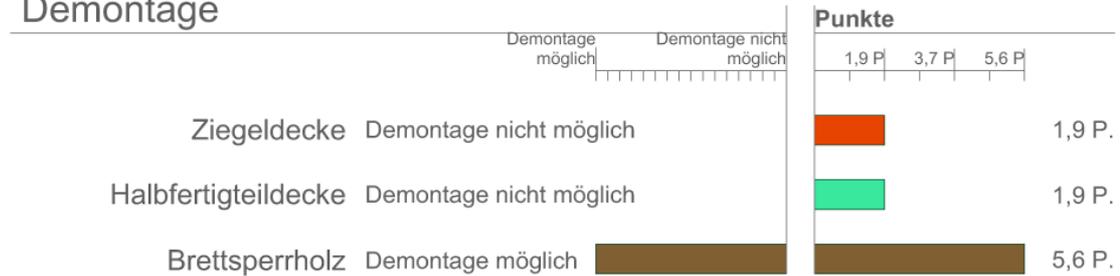
	
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Die kraftschlüssige Verbindung der Elemente durch den Aufbeton erschwert die Demontage.</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Mit Longfrontbaggern mit Abbruchzangen wird die Demontage hauptsächlich vollzogen. Der Abbruch erfolgt durch das Pressschneiden⁴³⁷: Anschließend wird das Abbruchmaterial zu einer Brechanlage transportiert.⁴³⁸</p>
<p>Brettsper Holz</p> <p>Decken 160 L5s</p> <p>Dach 140 L5s</p> <p>Stora Enso Wood Products GmbH</p>	<p>Durch die Trockenbauweise und der Art der Verbindungen (z.B. Stahlwinkel, Schrauben etc.) ist eine Demontage möglich.</p>

437 "[...] d.h. das Zerkleinern von Beton durch das Einleiten einer Druckkraft [...]"
 IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V. 2013, S.6

438 vgl. IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V. 2013, S.6

I2 Herstellung und Baustelle

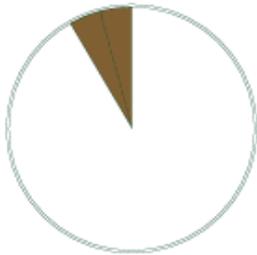
Demontage



Bei der **Ziegeldecke** (1,9 Punkte) ist die Demontage durch die kraftschlüssige Verbindung von Ziegel und Beton nicht möglich und eine Wiederverwendung ist nur begrenzt erfüllbar. Genauso erfolgt der Abbruch einer **Halbfertigteildecke** (1,9 Punkte) durch Pressschneiden und der Beförderung zu einer Brechanlage. Einzig beim **Brettsperrholz** (5,6 Punkte) ist die Möglichkeit der Demontage und Wiederverwendung gegeben. Diese hängt jedoch sehr stark von der Wahl der Verbindungsmittel ab. Als Brennmaterial kann Brettsperrholz jedoch genützt werden.⁴³⁹

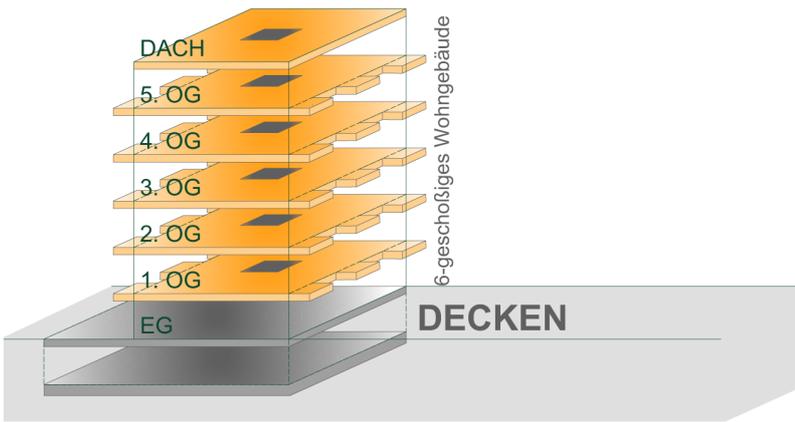
439 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, CLT – Das Massivholzsystem, Nachhaltigkeit

13. Planung und Vermietung



max. 16,7 Punkte
mind. 5,6 Punkte

Das Instrument Planung und Vermietung zeigt die Potentiale für den Bauträger bzw. Den Eigentümer auf. Eine geringe Konstruktionshöhe ermöglicht eine Erweiterung der lichten Raumhöhe oder lässt mehr Geschosse innerhalb einer Bauklasse zu. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Flexibilität bzw. die "leichte" Planbarkeit des Bausystems sowie dessen mögliche Spannweite.

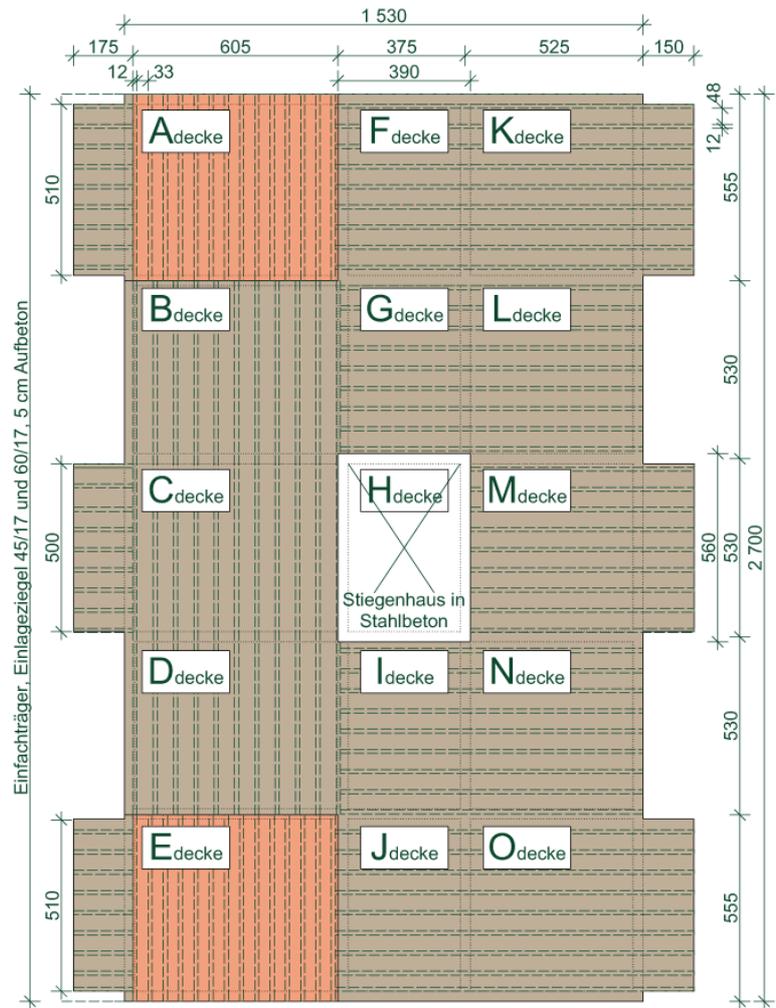
 <p>max. 8,3 Punkte mind. 2,8 Punkte</p> 	<h3>13. Planung und Vermietung</h3> <h4>Konstruktionshöhe</h4> <p>Dieses Instrument beschäftigt sich mit der Konstruktionshöhe der fünf Geschosdecke und des Daches, da diese u.a. die lichte Höhe der Geschosse beeinflussen kann.</p> 
<p>Ziegeldecke Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p>	<p>Eine Ziegeldecke besteht aus Deckenträger, Einlageziegeln und Aufbeton. Aufgrund der Lastannahme wurden für diesen Kontext einfache Deckenträger, Einlageziegel 45/17 (für die</p>

Porotherm Einlageziegel
60/17 mit 5 cm Aufbeton

Wienerberger
Ziegelindustrie GmbH

größere Spannweiten von 5,55 Meter) und 60/17 (für die geringeren Spannweiten) sowie 5 cm Aufbeton gewählt.

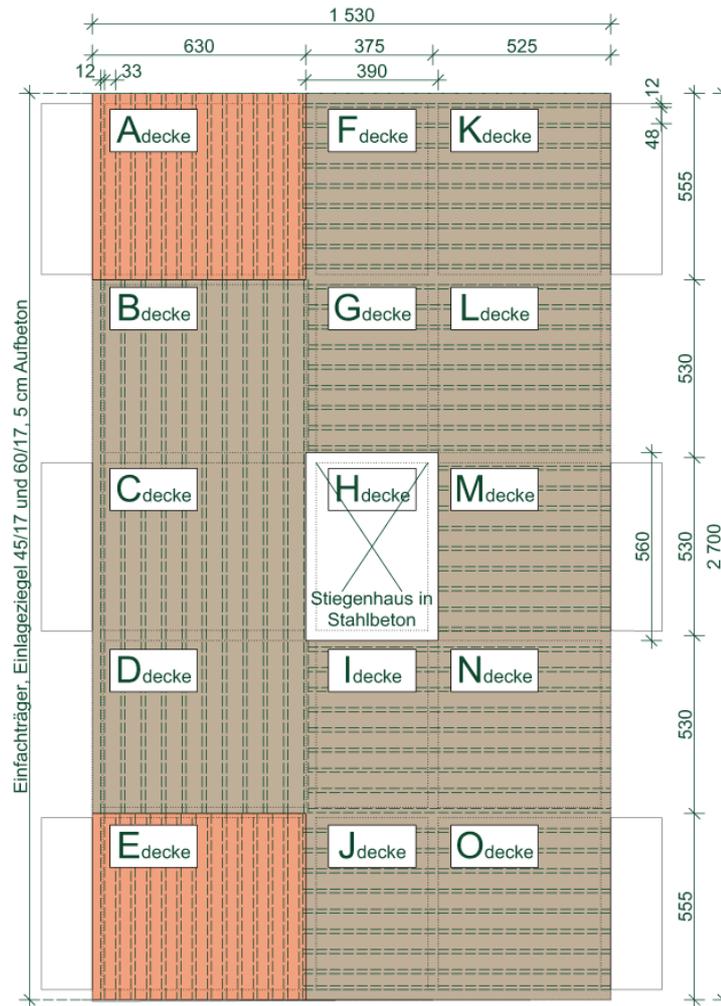
Geschoßdecke:



- 67,16 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 15,24 %
- 373,51 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 84,76 %

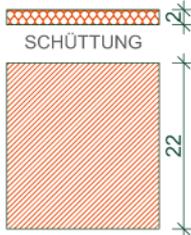
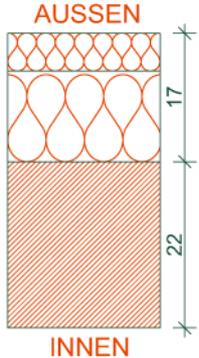
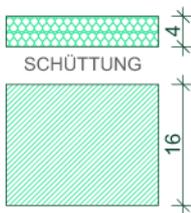
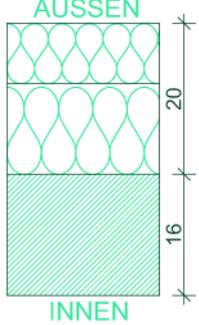
Die Konstruktionsstärke (17 cm Einlageziegel, 5 cm Aufbeton, 2 cm EPS-Dämmung) beträgt **24 cm**.

Dach:



- 69,96 m² Einlageziegel 45/17 entspricht 17,88 %
- 321,30 m² Einlageziegel 60/17 entspricht 82,12 %

Um die benötigte Wärmedämmung (0,20 W/m²K) zu erreichen, wird eine zusätzliche Steinwolledämmung von 17 cm hinzugefügt. Die gesamte Dicke beträgt somit **39 cm** (17 cm Einlageziegel, 5 cm Aufbeton, 17 cm Steinwolledämmung).

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>5 GESCHOSSDECKEN</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>DACH</p>  </div> </div>
	<div style="display: flex;"> <div style="background-color: #00ff99; padding: 5px; width: 30%;"> <p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p> </div> <div style="padding: 5px; width: 70%;"> <p>Die Halbfertigteildecke VSE 8+8 besteht einerseits aus einem Fertigteil mit einer Bauteilstärke von 8 cm. Andererseits wird über dem Fertigteil ein Aufbeton aufgebracht, der wiederum 8 cm hoch ist.</p> <p>Geschoßdecke:</p> <p>Für alle Decken beträgt die Bauteilstärke des VSE 8+8 Halbfertigteiles 16 cm + 4 cm Wärmedämmung = 20 cm</p> <p>Dach:</p> <p>Um den gesetzlich vorgeschriebenen U-Wert (0,20 W/m²K) zu erreichen, wird eine zusätzliche Steinwolledämmung von 20 cm angebracht. Somit beträgt die gesamte Bauteilstärke inkl. EPS-Dämmung 36 cm.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>5 GESCHOSSDECKEN</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>DACH</p>  </div> </div> </div> </div>

Brettsperrholz

Decken 160 L5s

Dach 140 L5s

Stora Enso Wood
Products GmbH

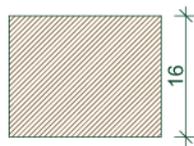
Geschoßdecke:

Die Konstruktionshöhe beträgt **16 cm** (L5s, 5-lagig, kreuzweise verleimt) und benötigt keine zusätzliche Dämmung. Trittschalldämmung ist obligat, spielt jedoch bei diesem Kriterium keine Rolle.

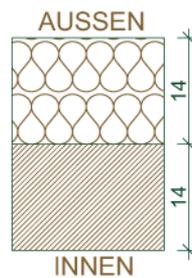
Dach:

Die reine Konstruktionsdicke beträgt 14 cm (5-lagig, kreuzweise verleimt), jedoch wird beim Dach, um den entsprechenden U-Wert von 0,20 W/m²K gemäss OIB-Richtlinien zu erreichen, eine zusätzliche Dämmung benötigt. Somit beträgt die Stärke von Konstruktion und benötigter Dämmung **28 cm** (14 cm + 14 cm Steinwollgedämmung).

5 GESCHOSSDECKEN



DACH



Fünf Geschoßdecken



max. 6,9 Punkte
mind. 2,3 Punkte

I3 Planung und Vermietung

Bauteilstärke

■ Konstruktive Schicht

▨ EPS-Dämmung

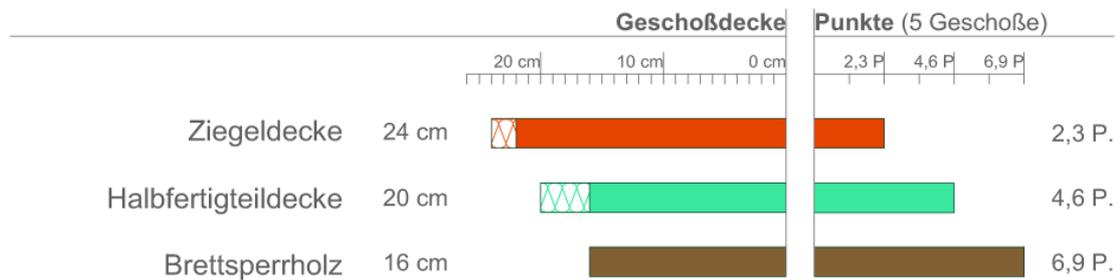


Abbildung 209: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke Geschoßdecken

Die **Ziegeldecke** erzielt, mit ausreichendem Wärmeschutz, eine Konstruktionshöhe von **24 cm** und erhält somit 2,3 Punkte. Eine **Halbfertigteil-Decke** (4,6 Punkte⁴⁴⁰) ermöglicht eine Geschoßdeckenstärke von **20 cm** während eine Decke aus **Brettsperrholz** (6,9 Punkte) lediglich **16 cm** benötigt um konstruktive und wärmeschutztechnische Punkte zu lösen.

Dach



max. 1,4 Punkte
mind. 0,5 Punkte

440 $24 - 16 = 8$ cm zwischen 2,3 und 6,9 Punkten, ergibt 4,6 Punkte Unterschied
 20 cm ist 4 cm von 24 cm entfernt
 somit = $2,3$ Punkte + $(4,6$ Punkte Unterschied $\times 4$ cm Entfernung / 8 cm Unterschied)

I3 Planung und Vermietung

Bauteilstärke

■ Konstruktive Schicht ▨ Steinwollgedämmung

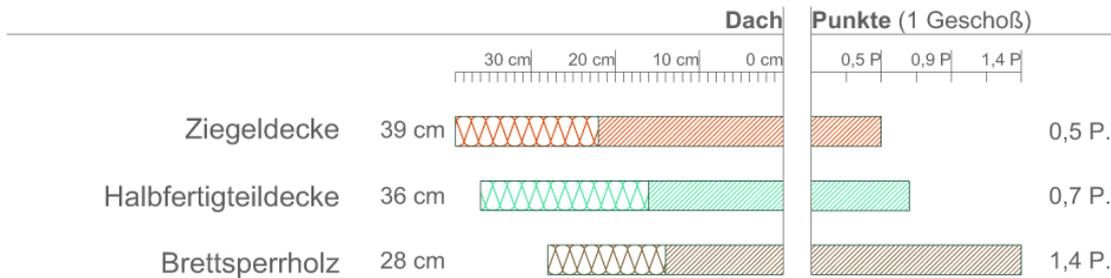


Abbildung 210: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke Dach

Bei der Decke zum Aussenraum sind die Stärken der Dämmung größer, um den gesetzlich geforderten Wärmeschutz von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu ermöglichen. Bei der **Ziegeldecke** (0,5 Punkte) beträgt diese Dicke **39 cm** (22 cm Ziegeldecke, 17 cm Dämmung). Eine Decke aus **Halbfertigteilen** (0,7 Punkte⁴⁴¹) beinhaltet in dem Kontext dieser Arbeit eine Stärke von **36 cm** (16 cm Halbfertigteildecke, 20 cm Dämmung). **Brettsperrholz** (1,4 Punkte) benötigt gerade einmal **28 cm** (14 cm Brettsperrholz, 14 cm Dämmung) um die gestellten Anforderungen zu schaffen.

Punkte



Bauteilstärke

Punkte

■ Geschoßdecke ▨ Dach

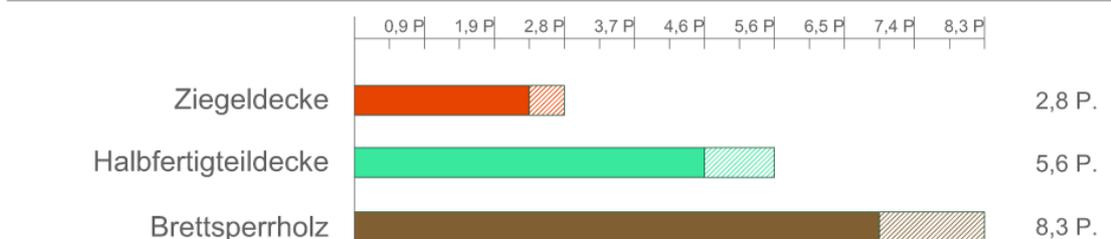
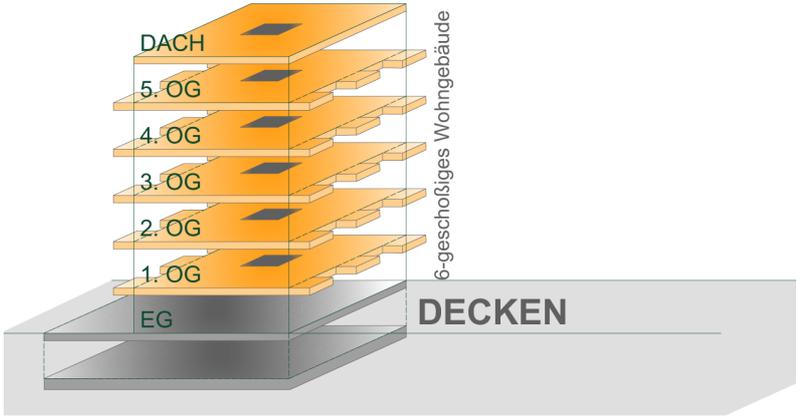


Abbildung 211: I3 Planung und Vermietung: Bauteilstärke Punkte

441 $39 - 28 = 11 \text{ cm}$ zwischen 0,5 und 1,4 Punkten, ergibt 0,9 Punkte Unterschied
 36 cm ist 2 cm von 38 cm entfernt
 somit = $0,5 \text{ Punkte} + (0,9 \text{ Punkte Unterschied} \times 2 \text{ cm Entfernung} / 11 \text{ cm Unterschied})$

 <p>max. 8,3 Punkte mind. 2,8 Punkte</p> 	<h3>I3. Planung und Vermietung</h3> <h4>Spannweite und Flexibilität</h4> <p>Ein Bausystem, das große Spannweiten zulässt, ermöglicht eine flexible Grundrissgestaltung und auch eine Schaffung von großen, offenen Räumen bzw. Wohnungen. Die Bausysteme werden anhand des Instrumentes Spannweite bewertet und gewichtet.</p> 
<p>Ziegeldecke</p> <p>Porotherm Einlageziegel 45/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Porotherm Einlageziegel 60/17 mit 5 cm Aufbeton</p> <p>Wienerberger Ziegelindustrie GmbH</p>	<p>Eine Trägerlänge von 1,75 bis 8,0 Meter ist möglich.⁴⁴² Dadurch, dass die Träger nur einachsig gelagert sind, sind Auskragungen nur in eine Richtung möglich.</p>
<p>Halbfertigteildecke</p> <p>VSE 8+8 für alle Geschoße</p> <p>Oberndorfer GmbH & Co KG</p>	<p>Die Elementlänge kann im Werk bis zu 10,0 m ausgeführt werden. Etwaige Transportmöglichkeiten müssen hierbei beachtet werden. Die Halbfertigteildecke ist eine einachsig gespannte Einfeldplatte.⁴⁴³</p>

442 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Service, Download Center, Deckenlösungen Broschüre, Porotherm Ziegeldecken, S.4

443 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2016, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke, Produktfolder, S. 12

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Brettsperrholz Decken 160 L5s Dach 140 L5s Stora Enso Wood Products GmbH	CLT ist bis 2,95 m x 16 m (LxB) produzierbar. ⁴⁴⁴ Betrachtet man den Planungsaufwand, ist Brettsperrholz durch die zweiachsige Lastabtragung sehr flexibel in der Grundrissgestaltung. Durch die zweiachsige Lastabtragung besteht ein weiterer Vorteil bei Auskragungen. ⁴⁴⁵
--	---

Maximallänge



I3 Planung und Vermietung Spannweite und Flexibilität

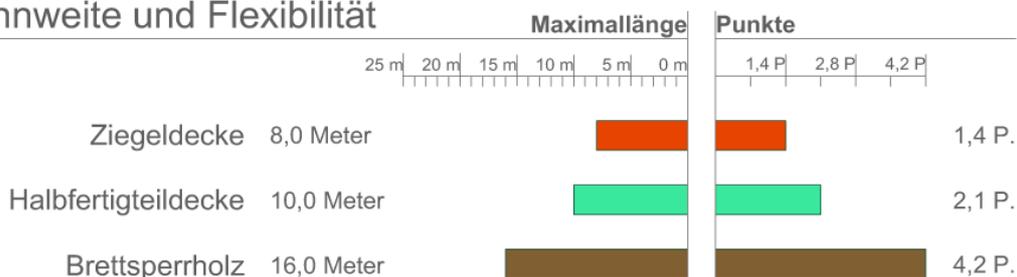


Abbildung 212: I3 Planung und Vermietung: Spannweite und Flexibilität Maximallänge

Unabhängig von der Möglichkeit des Transportes wird hier die theoretische max. Produktionslänge der Bausysteme betrachtet. Die **Ziegeldecke** (1,4 Punkte) ist bis zu einer Länge von **8,0 Meter** produzierbar. Die max. Länge bei der **Halbfertigteildecke** beträgt **10,0 Meter** und ermöglicht diesem Bausystem 2,1 Punkte⁴⁴⁶. **Brettsperrholz** (4,2 Punkte) ist bis zu **16,0 Metern** lieferbar.

444 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt

445 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Statik

446 $16 - 8 = 8$ m zwischen 1,4 und 4,2 Punkten, ergibt 2,8 Punkte Unterschied
 10 m ist 2 m von 8 m entfernt
 somit = $1,4$ Punkte + $(2,8$ Punkte Unterschied $\times 2$ m Entfernung / 8 m Unterschied)

Flexibilität



I3 Planung und Vermietung
Spannweite und Flexibilität



Abbildung 213: I3 Planung und Vermietung: Spannweite und Flexibilität: Flexibilität

Die Flexibilität wird in dieser Arbeit in Form der ein- oder zweiachsigen Lastabtragung bewertet. Eine zweiachsige Lastabtragung ermöglicht eine freiere Grundrissgestaltung. Ein weiterer Vorteil bei zweiachsiger Lastabtragung liegt in der vereinfachten Ausführung von Auskragungen.

Die einachsige Lagerung der **Ziegeldecke** verschafft dieser lediglich 1,4 Punkte. Auch die **Elementdecke** erzielt mit der einachsigen Lagerung lediglich 1,4 Punkte. **Brettspertholz** (4,2 Punkte) ist durch die zweiachsige Lastabtragung sehr flexibel.

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Punkte



max. 8,3 Punkte
mind. 2,8 Punkte

Spannweite und Flexibilität

Punkte

■ Maximallänge

▨ Flexibilität

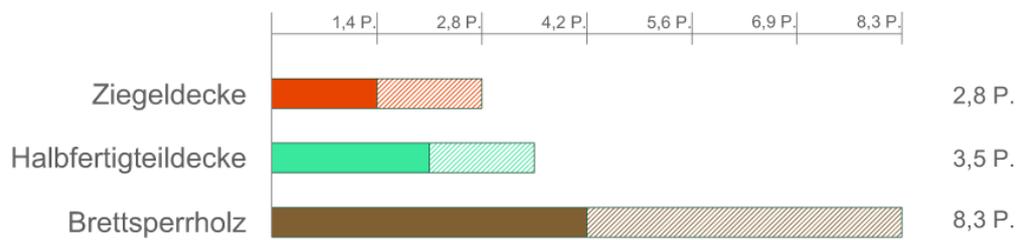


Abbildung 214: I3 Planung und Vermietung: Spannweite und Flexibilität Punkte

Auswahl

Punkte

mind. 66,7 Punkte (1/3), max. 200 Punkte

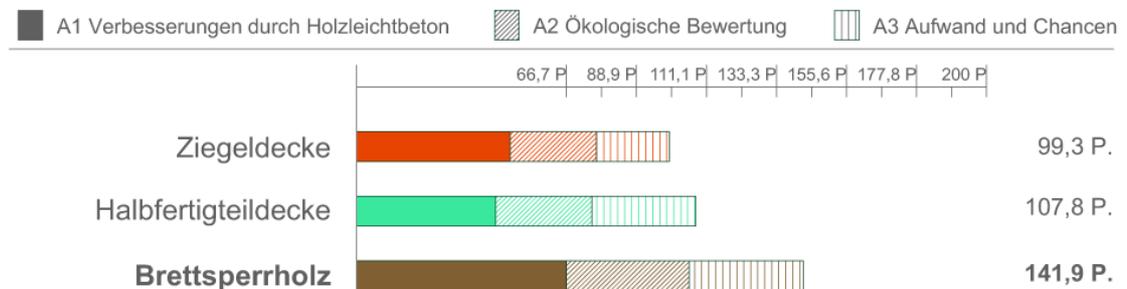


Abbildung 215: Gesamtpunkte Decke

Auch bei der Decke zum Innen- und Außenraum verzeichnet das Brettsperrholz die größte Punkteanzahl. Es erreicht 141,9 von 200 möglichen Punkten.

Insbesondere der erste Aspekt "Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton" ermöglicht dem Brettsperrholz eine hohe Punkteanzahl. Dies bedeutet eine große Kompatibilität von Holzleichtbeton und Brettsperrholz als Verbund. Insbesondere beim Schallschutz ergänzen sich diese beiden Materialien sehr gut. Beim Brand- und Wärmeschutz wäre die Verwendung von Holzleichtbeton nicht nötig, würde aber verbessernd wirken.

Auch bei der ökologischen Bewertung (Aspekt 2) liegt Brettsperrholz klar vorne. Die positiven Merkmale der Brettsperrholz-Decke sind vorallem das Treibhauspotential und der Primärenergieinhalt. Beim Versauerungspotential liegt Brettsperrholz hinter den beiden anderen Bausystemen.

Beim dritten Aspekt "Aufwand und Chancen" erzielt Brettsperrholz auch einen Punktevorsprung, welcher im Vergleich zu der Ziegeldecke jedoch relativ gering ausfällt. Bei den Kosten inkl. der notwendigen Dämmung bildet die Brettsperrholzdecke den größten Faktor. Die Brettsperrholzdecke erzielt die maximale Ausdehnung von 9,0 Metern in eine Richtung während das Gewicht verhältnismäßig sehr niedrig ist. Durch den hohen Vorfertigungsgrad besteht ein geringerer Zeitaufwand für die Ausführung auf der Baustelle. Dies begünstigt auch die Witterungsunabhängigkeit. Beim Brettsperrholz besteht die Möglichkeit der nachträglichen Demontage. Die Brettsperrholzdecke bietet relativ geringe Bauteilstärken, die inkl. der notwendigen Dämmung beurteilt wurden.

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

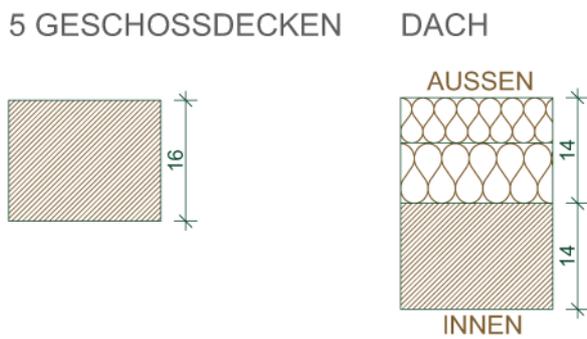


Abbildung 216: Bauteilstärke Brettsperrholzdecke

Ein großer Vorteil von Brettsperrholz liegt in der zweiachsigen Lastabtragung. Die maximal mögliche Produktionslänge beträgt 16 Meter.

Mit einer großen Abweichung zum Brettsperrholz, liegt die Halffertigteildecke an zweiter Stelle (107,8 Punkte). Dahinter mit 99,3 von 200 möglichen Punkten liegt die Ziegeldecke.

3.3.2.2 Verwendung Holzleichtbeton

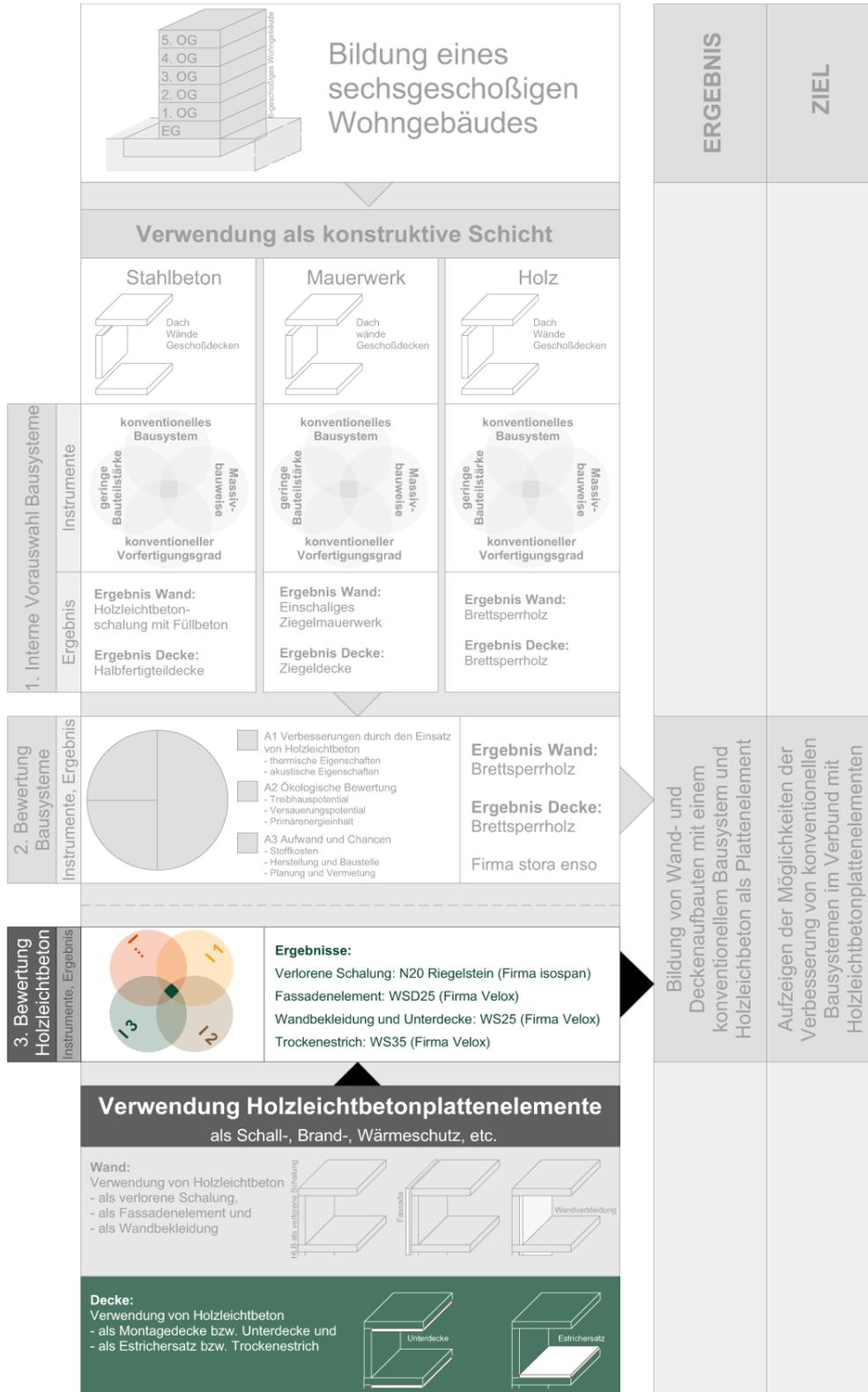


Abbildung 217: Übersicht Holzleichtbeton

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Holzleichtbeton wird bei der Geschoßdecke als Estrichersatz und als Montagedecke angebracht. Die Ausführung als Montagedecke kann als Deckenbekleidung oder als Unterdecke sein. Die Vorteile von Holzleichtbeton liegen hierbei bei seiner Eigenfarbigkeit und seiner energiesparenden Wirkung als Reflektor. Weiters liefert er einen Beitrag zum Schallschutz, zur Raumakustik, zum Wärme- und zum Brandschutz.⁴⁴⁷

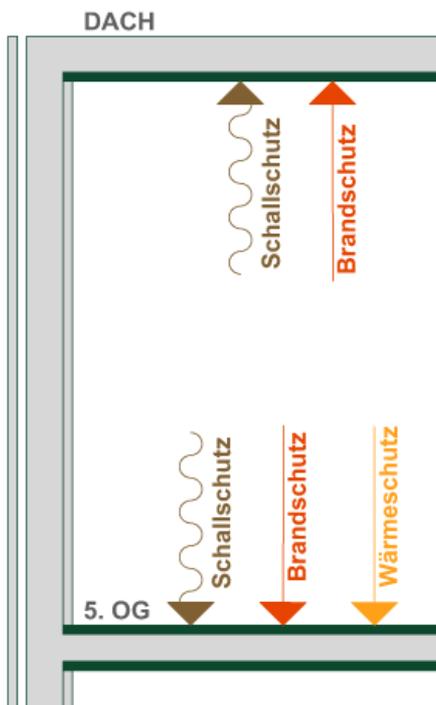


Abbildung 218: Möglicher Schutz durch Holzleichtbeton

In Österreich werden Plattenelemente aus Holzleichtbeton von der Firma Velox Werk GesmbH hergestellt. Diese Firma hat ihren Sitz in Kärnten, in 9422 Maria Rojach, Dachberg 10.

447 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-104

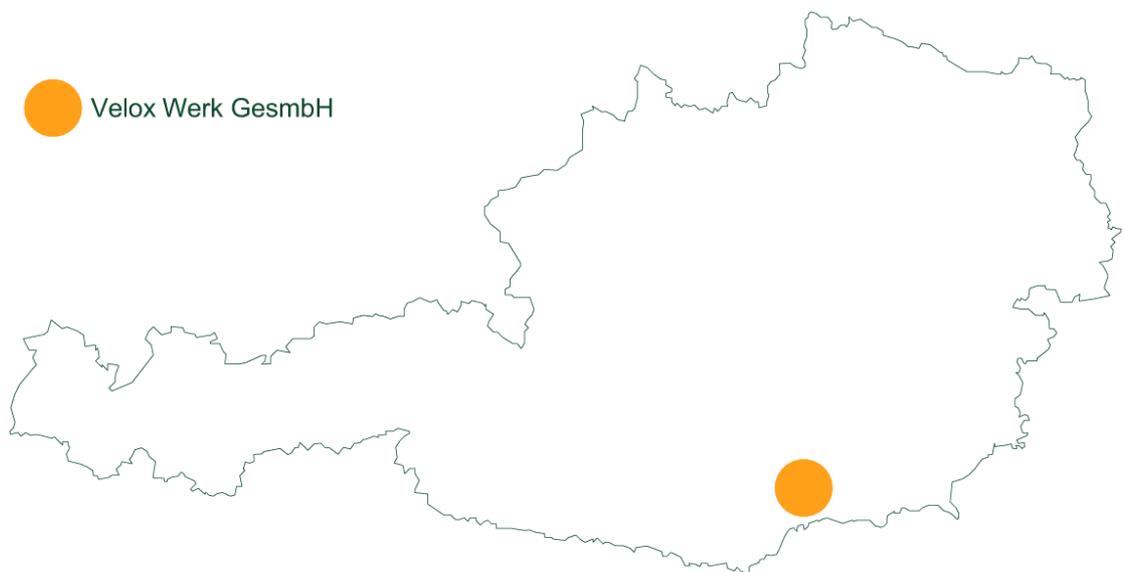
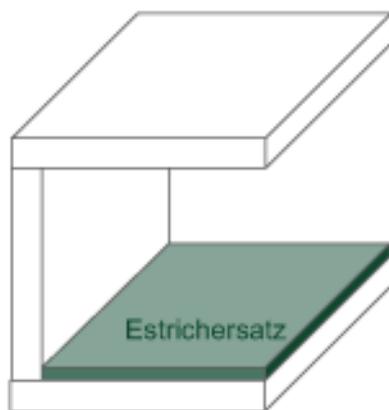


Abbildung 219: Plattenprogramme aus Holzleichtbeton, Firma Velox Werk GesmbH in Österreich

Innenraum – Estrichersatz



Der Einsatz von Holzleichtbeton als Estrichersatz bzw. als Trockenestrich ist nichts Neues und zählt zu den ersten Einsatzmöglichkeiten dieses Materials. Bereits in den 1920er Jahren wurden sogenannte "Steinholzestriche" verwendet. Diese Estriche wurden aus Magnesiamörtel und Sägemehl gewonnen. Durch die Rohstoffknappheit von Magnesia wurde nach 1945 die Produktion verringert.⁴⁴⁸

Auch eine Verwendung von Holzleichtbeton als Bodenbelag wäre möglich. Das wird jedoch in dieser Arbeit, aufgrund des bereits sichtbaren Einsatzes von Holzleichtbeton als Decken- und Wandelement im Innenraum, nicht weiter ausgeführt.

Die Funktion des Estrichs ist einerseits den Untergrund zu ebenen und andererseits eine

448 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 6-7

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Überbrückung zur Schaffung eines gleichmäßigen Fußbodenoberkante-Niveaus. Bei einem Trockenestrich übernimmt die Schüttung die Schaffung eines ebenen Untergrundes. Der größte Vorteil von Trockenestrichen ist die schnelle Baustellenzeit, da nicht auf irgendwelche Abbindungszeiten geachtet werden muss. Probleme beim Trockenestrich bilden vor allem der Brandschutz und der Luftschallschutz.⁴⁴⁹

Wie bereits erwähnt kann Holzleichtbeton als Estrichersatz genutzt werden. Holzleichtbeton sollte hierbei möglichst schwer und dick sein und eventuell bereits mit einer Trittschalldämmung kombiniert ausgeführt sein.

Es werden, die für den Ersatz des Estriches optimalen Plattenelemente folgend aufgelistet und anschließend mithilfe von Instrumenten bewertet.

Firma Velox Werk GesmbH:

WS25, WS35, WS50, WS75, WS100, WSD25, WSD30, WSD35, WSD50, WSDI35, WSI35, WSI50, WSI75, WS-EPS40, WS-EPS50, WS-EPS65, WS-EPS85, WS-EPS115, WS-EPS135, WS-EPS135plus, WS-EPS185, WS-EPS185plus und WS-EPS/T⁴⁵⁰

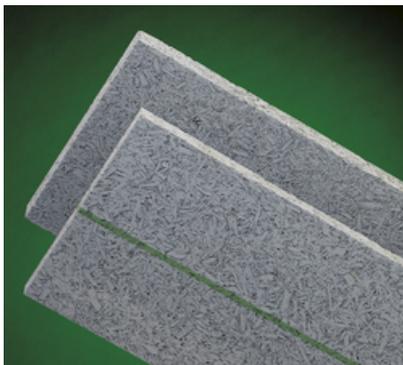


Abbildung 220: Holzleichtbetonplatte der Firma Velox Werk GesmbH⁴⁵¹

Die Nachteile von Brettsperrholz als Decken- bzw. Dachelement werden auch hier mit Holzleichtbeton verringert. Diese auszugleichenden Nachteile von Brettsperrholz sind bei Holzleichtbeton als Estrichersatz insbesondere der Schallschutz und die Verbesserung des Brand- und Wärmeschutzes. Die Platten werden somit mithilfe der folgenden Instrumente bewertet.

449 vgl. Dierks, Wormutz 2012, S. 540

450 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente
Die Lärmschutzplatten WSS35, WSS50, WSR50, WSA50, WCA50, WSW85, WCO80, WCW85, WCK85 sind klar für den Außenbereich deklariert, deshalb fließen diese Platten nicht in diese Bewertung ein.

451 Abb. 220: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Mantelbetonprodukte

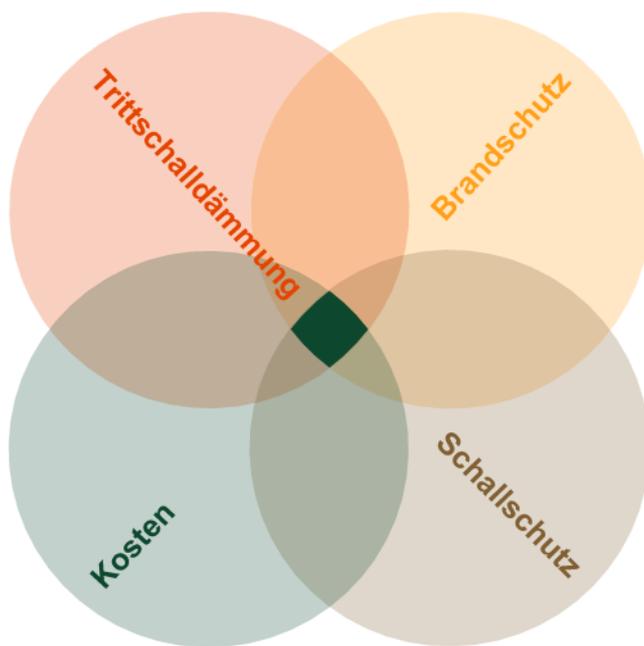


Abbildung 221: Entscheidungskriterien

Gearbeitet wird hier wiederum mit den kleinsten gemeinsamen Nenner. Dies bedeutet, dass nur Platten weiter verwendet werden, die bei allen Instrumenten innerhalb einer Spannweite von 100 bis 135 Prozent liegen.

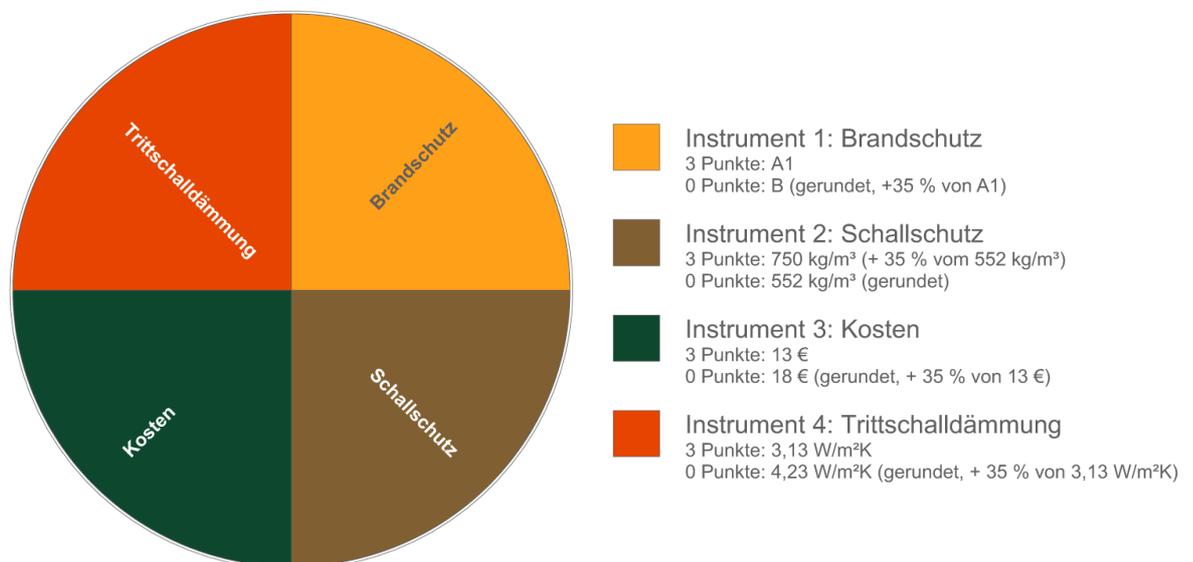


Abbildung 222: Instrumente und Gewichtung

- **Brandschutz:** Eine Ausführung des Trockenestrichs gemäß dem Brandverhalten B wird in dieser Arbeit als Mindestmaß angegeben. Dieses Mindestmaß erzielt jedoch keine Punkte. Die maximale Punkteanzahl wird mit einem Brandverhalten von A1 erreicht.

- **Schallschutz:** Ein geeigneter Schallschutz ist bei einem Trockenestrich von Bedeutung. Der Schallschutz wird in dieser Arbeit durch die Rohdichte bemessen. Je höher diese ausfällt, desto schwerer ist die Platte. Dies bedeutet einen optimierten Schallschutz. Die Platten der Firma Velox Werk GesmbH mit der höchsten Rohdichte, d.s. 750 kg/m^3 , erhalten 3 Punkte. Das Mindestmaß beträgt 552 kg/m^3 (0 Punkte) und darunterliegende Rohdichten scheiden aus.

- **Kosten:** Die Kosten spielen natürlich einen wesentlichen Faktor für die Auswahl eines Plattensystems. Das Instrument Kosten wurde bewusst vor dem Instrument Trittschalldämmung gesetzt, da eine zusätzliche Trittschalldämmung aus EPS günstiger sein kann, als ein Holzleichtbeton-Plattenelement, das eine Dämmung bereits integriert hat. Die geringsten Kosten für eine Platte belaufen sich auf 13 €/m^2 . Es wurde wieder eine Inskrepanz von +35 Prozent angestrebt. Die Kostenobergrenze pro Quadratmeter ist somit 18 €. Die darüberliegenden Plattenelemente werden nicht weiter betrachtet.

- **Trittschalldämmung:** Der gesetzlich vorgeschriebene U-Wert wird bereits mit der Brettsperrholzdecke unterschritten. Holzleichtbeton ermöglicht eine zusätzliche Dämmschicht. Die Spannweite bei diesem Instrument liegt bei einem Mindestwert von $3,13 \text{ W/m}^2\text{K}$, welcher aus den übriggebliebenen Platten resultiert. Der Maximalwert von $4,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ (135 % von $3,13 \text{ W/m}^2\text{K}$) darf nicht überschritten werden.

I1. Brandschutz

mind. Brandverhalten B, bestmögliches Brandverhalten A1

Ein geeigneter Brandschutz wird durch Brandschutzschichten (z.B. Holzleichtbeton) oder Brandschutzunterdecken erreicht.⁴⁵² Laut OIB-Richtlinie wird aber kein Brandverhalten für Holzleichtbeton als Trockenestrich angeführt. Für diese Arbeit ist ein Brandverhalten von mind. B obligat. Das bestmögliche Brandverhalten A1 wird mit 3 Punkten bewertet.

I1 Brandschutz



Abbildung 223: I1 Brandschutz: Brandverhalten

Alle zementgebundenen Holzspanplatten besitzen eine Brandwiderstandsklasse von A2-s1, d0⁴⁵³ und erhalten 1,50 Punkte. Es scheidet keine Platte aus.

⁴⁵² vgl. Dierks, Wormutz 2012, S. 540

⁴⁵³ Für alle zementgebundenen Holzspanplatten lt. Klassifizierungsbericht TU Wien u. MA 39 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

12. Schallschutz

mind. 552 kg/m³, max. 750 kg/m³

Um einen geeigneten Luftschallschutz zu erreichen, muss der Trockenestrich oder die Schüttung ein möglichst hohes Gewicht aufweisen und / oder die biegeweichen Unterdecken sollten vorhanden sein. Für den Trittschallschutz ist ein weich federnder Bodenbelag von Vorteil.⁴⁵⁴ Beim Einsatz als Estrichersatz fungiert die Rohdichte⁴⁵⁵ als wichtiges Instrument. Die höchste Rohdichte der Platten der Firma Velox Werk GesmbH beträgt 750 kg/m³ (135 %). Die Mindestrohichte liegt bei 552 kg/m³ (100 %). Die darunterliegenden Platten werden nicht weiter bewertet und scheiden aus.

454 vgl. Dierks, Wormutz 2012, S. 540

455 $[\text{kg}/\text{m}^2] / [\text{m}] = [\text{kg}/\text{m}^3]$ entspricht: flächenbezogene Masse / Bauteildicke = Rohdichte
 $3 \times (\text{Variable} - 552) / (750 - 552)$
Variablen: 560 kg/m³, 580 kg/m³, 590 kg/m³, 750 kg/m³

I2 Schallschutz

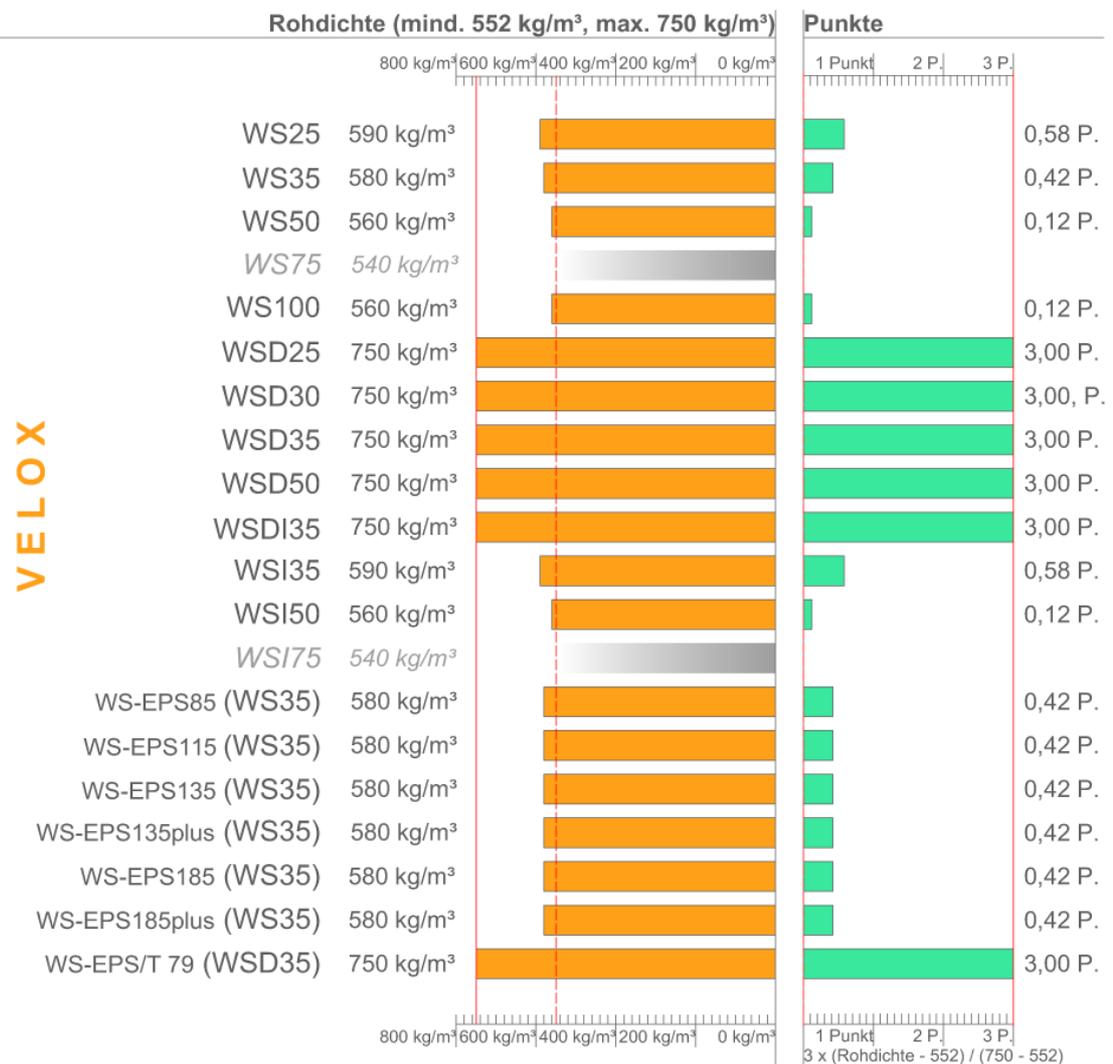


Abbildung 224: I2 Schallschutz: Rohdichte

Die Platten mit einer Rohdichte von 750 kg/m³ erhalten jeweils 3 Punkte. Diese Platten heißen **WSD25, WSD30, WSD35, WSD50 und WSDI35**. Die Platte WS-EPS/T79 besteht aus einer integrierten EPS-Dämmung und der Platte **WSD35**. Der Buchstabe "D" in der Plattenbezeichnung weist auf eine erhöhte Dichte hin.⁴⁵⁶

Den geringsten Schallschutz, in Bezug auf die Rohdichte, ermöglichen die Platten WS75 und WSI75 mit 540 kg/m³. Diese zwei Platten scheidern aus der Bewertung aus.⁴⁵⁷

456 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

457 vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen

I3. Kosten (exkl. Umsatzsteuer)

mind. 13 €/m², max. 18 €/m²

Die Kosten⁴⁵⁸ der Elemente, die als Estrichersatz in Frage kommen, werden aufgelistet und gewichtet. ⁴⁵⁹ Die günstigste Platte besitzt einen Quadratmeterpreis von 13 € (100 %). Um wieder eine Spannweite festlegen zu können, werden zu diesem Preis 35 % addiert. Somit scheiden Platten, die Kosten von mehr als 18 €/m² (135 %) verursachen, aus.

I3 Kosten (exkl. USt.)

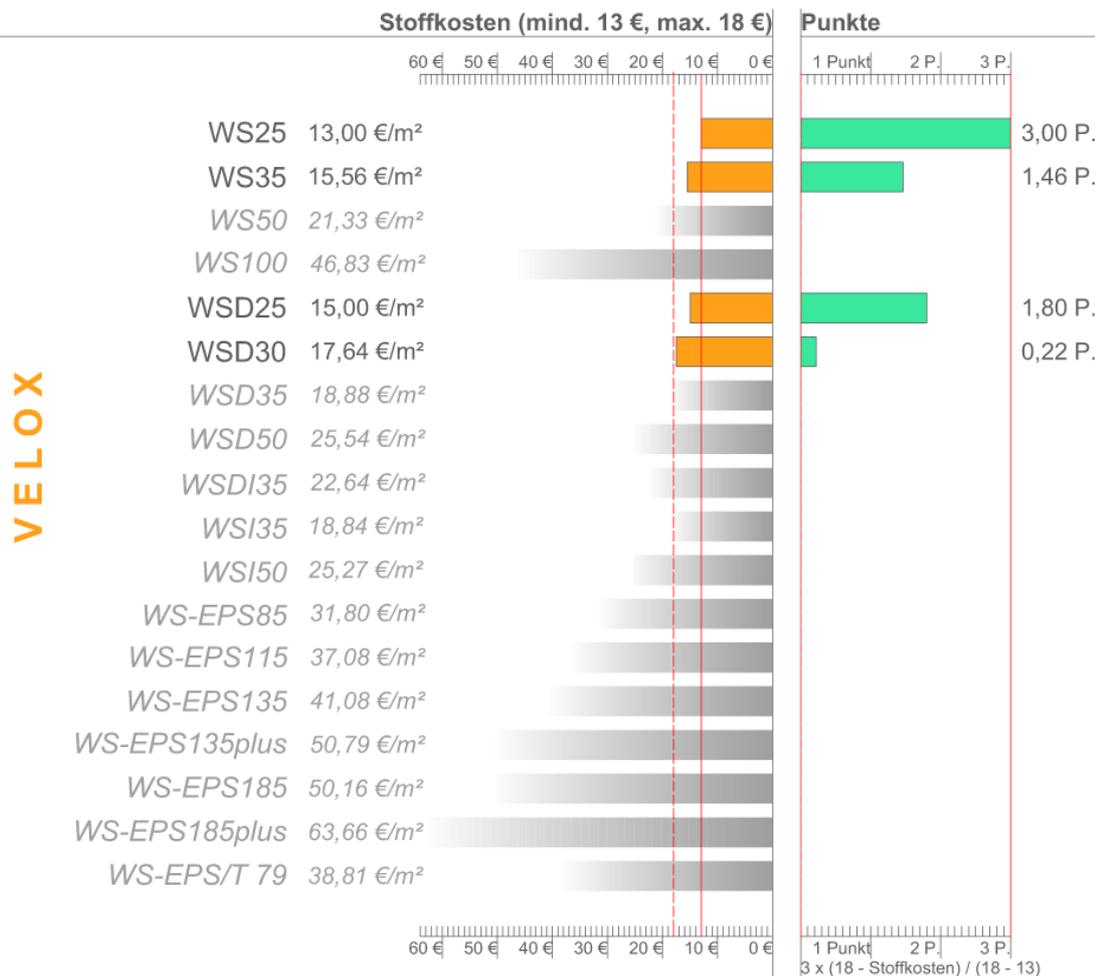


Abbildung 225: I3 Kosten exkl. Umsatzsteuer

Die geringsten Kosten liegen bei der Platte **WS25** (3 Punkte) bei **13 €/m²**, gefolgt von der Platte **WSD25** mit **15 €/m²**. Auch die Platte **WS35** liegt mit **15,56 €/m²** auf der günstigeren Seite. Nicht weiter bearbeitet werden Platten, die jeweils über 18 €/m² Kosten

458 $3 \times (18 - \text{Variable}) / (18 - 13)$
 Variablen = 15,56 €/m², 21,33 €/m², 15 €/m², 17,64 €/m², 18,88 €/m², 25,54 €/m², 22,64 €/m², 31,8 €/m², 37,08 €/m², 41,08 €/m², 50,79 €/m², 50,16 €/m², 38,81 €/m², 30,09 €/m², 46,83 €/m², 18,84 €/m², 25,27 €/m², 38,12 €/m²

459 vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

verursachen.

I4. Trittschalldämmung

mind. 3,13 W/m²K, max. 4,23 W/m²K

Für die Decke zwischen zwei Geschoßen wird der notwendige U-Wert ⁴⁶⁰ von 0,90 W/m²K bereits durch das Brettsper Holz erfüllt. Als Trittschallschutz kann jedoch Holzleichtbeton das Dämmverhalten noch verbessern. Der U-Wert dient als Indikator. Der geringste U-Wert der übriggebliebenen Platten beträgt 3,13 W/m²K. Dies stellt den Mindestwert dar. Der Maximalwert beträgt 4,23 W/m²K, d.s. 135 % von 3,13 W/m²K.

I4 Trittschalldämmung

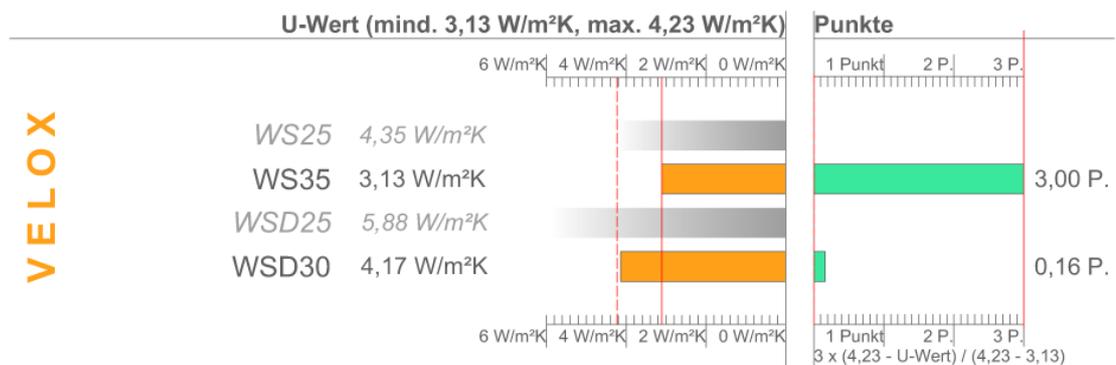


Abbildung 226: I4 Trittschalldämmung: U-Wert

$$460 \quad R_T = d/\lambda = R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

WS25

$$R_{WS25} = 0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{U-Wert} = \underline{\underline{4,35 \text{ W/m}^2\text{K}}} \text{ (1/R)}$$

WS35

$$R_{WS35} = 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{U-Wert} = \underline{\underline{3,13 \text{ W/m}^2\text{K}}} \text{ (1/R)}$$

WSD25

$$R_{WSD25} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{U-Wert} = \underline{\underline{5,88 \text{ W/m}^2\text{K}}} \text{ (1/R)}$$

vgl. Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Dämmprodukte

WSD30

$$\lambda_{WSD30} = 0,125 \text{ W/mK}, R_{WSD30} = 0,24 \text{ W/mK [d/ } \lambda]$$

$$\text{U-Wert} = \underline{\underline{4,17 \text{ W/m}^2\text{K}}} \text{ (1/R)}$$

vgl. Vallant 2016, E-Mail: Produktinformation Plattenelemente

$$3 \times (4,23 - \text{Variable}) / (4,23 - 3,13)$$

$$\text{Variablen: } 3,13 \text{ W/m}^2\text{K}, 4,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Den geringsten U-Wert besitzt, bei den vier verbleibenden Platten, das Element **WS35** (3 Punkte) mit **3,13 W/m²K**. Die Platte **WSD30** (0,16 Punkte) liegt an zweiter Stelle mit 4,17 W/m²K.

Keine Punkte erhalten in dieser Kategorie die Platten **WS25** und **WSD25** mit einem U-Wert von 4,35 W/m²K und 5,88 W/m²K.

Auswahl

Punkte

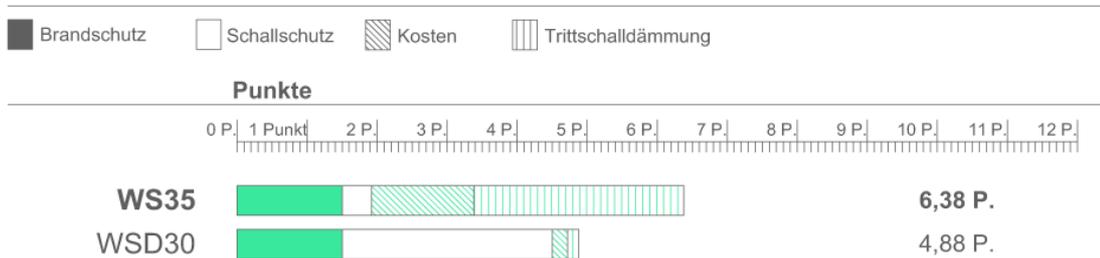


Abbildung 227: Holzleichtbeton als Estrichersatz

Zur weiteren Bearbeitung als Estrichersatz-Einsatz gelangt die Platte **WS35** mit 6,38 von möglichen 12 Punkten.

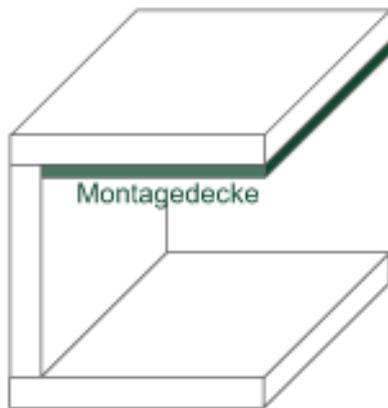
Betrachtet man als Erstes den Brandschutz, befindet sich die Platte, wie alle anderen Holzleichtbetonplatten der Firma Velox, in der Brandwiderstandsklasse A2-s1, d0. Dies verschafft der Platte eine Einordnung im Mittelfeld.

Die Rohdichte befindet sich im unteren Mittelfeld mit 580 kg/m³. Mit dieser Rohdichte ist der Einsatz als Schallschutz aber dennoch durchaus denkbar.

Bezüglich der Stoffkosten liegt die Platte im günstigeren Bereich mit 15,56 €/m².

Mit dem hohen U-Wert von 3,13 W/m²K bzw. der hohen Wärmeleitfähigkeit der Platte WS35 wird der gesetzlich bereits erreichte U-Wert der Geschoßdecke geringfügig verbessert. Es sollte jedoch ein zusätzlicher Trittschallschutz angedacht werden, der aber geringere Kosten verursachen wird, als eine Platte der Firma Velox Werk GesmbH mit einem guten U-Wert bzw. einer integrierten Dämmung.

Innenraum – Montagedecke



Der Schall breitet sich langsam aus, wenn ein Stoff elastisch ist und eine geringe Rohdichte besitzt. Die Montagedecke kann als Deckenbekleidung oder Unterdecke ausgeführt werden. Die Varianten schaffen verschiedene Kombinationen von Deckenbekleidung, Resonanzabsorbern und / oder porösen Absorbern und besitzen unterschiedliche Deckenunterseiten, Haltprofile, Dimensionen, Verbindungsmittel und Oberflächen.⁴⁶¹ In dieser Arbeit bzw. im Wohnbau schränken "Baffles" die lichte Raumhöhe zu sehr ein, um wirtschaftlich genutzt werden zu können. Eine reine Deckenbekleidung ist für den Schallschutz nur bedingt relevant. Somit wird in diesem Kontext der gewählte Bauteilanschluss als Unterdecke bzw. abgehängte Decke ausgeführt. Besondere Vorteile sind hierbei der verbesserte Luftschall- sowie Brandschutz. Es wird das System der Firma Knauf (Federschiene mit Schnellbauschrauben) gewählt, da der Verlust der Raumhöhe im Vergleich zu dessen Vorteilen relativ gering ist.

461 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 10-78

Auswahl

Punkte

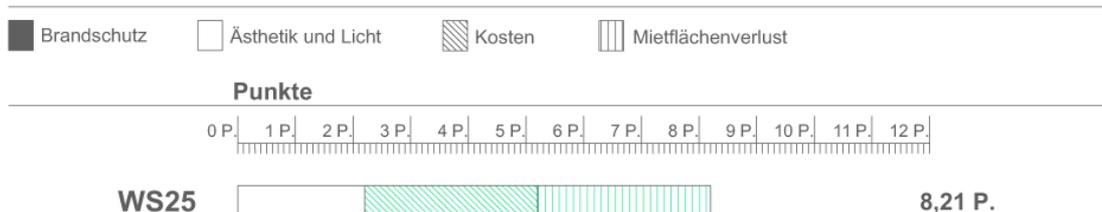


Abbildung 228: Holzleichtbeton als Montagedecke

Da die Anforderungen an alle vertikalen und horizontalen Elemente im Innenraum relativ ident sind, werden auch dieselben Plattenelemente der Firma Velox Werk GesmbH ausgewählt. Somit wird neben der Wandbekleidung aus Holzleichtbeton auch für die Montagedecke die Platte **WS25** der Firma Velox Werk GesmbH verwendet. Lediglich die Anwendung mit einer Installationsebene ist different zu der Wandbekleidung ohne Installationsebene. Somit wird der Unterschied dieser zwei Punkte, Montagedecke und Wandverkleidung erst in der Detailierung und der Wahl der Unterkonstruktion sichtbar, was jedoch einen nicht fassbaren Einfluss auf die Wahl der Platte selbst nimmt.

3.3.2.3 Detailierung

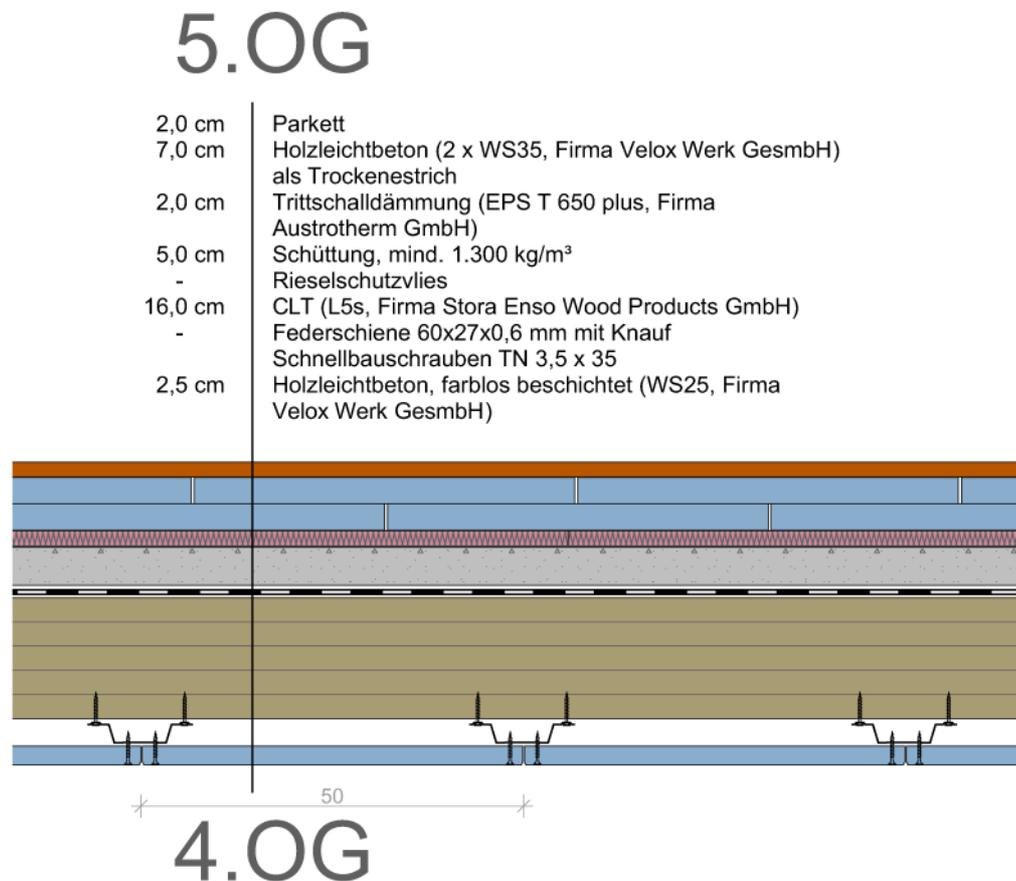


Abbildung 229: Detail 1:10 Geschoßdecke

Holzleichtbeton wird bei der Geschoßdecke als Unterdecke und als Trockenestrich eingesetzt. Die tragende Struktur ist bei der Decke zur Außenluft eine 5-lagige 140 mm starke CLT-Platte und bei den übrigen Decken eine 5-lagige 160 mm dicke CLT-Platte. Der Deckenstoß erfolgt mit Stufenfalz, welches im 45° Winkel verschraubt wird. Ein Fugendichtband schafft eine luftdichte Verbindung.⁴⁶² An der oberen Seite der Geschoßdecke befindet sich der Bodenaufbau mit Trockenestrich, welcher aus 2 cm Parkett, 7 cm Holzleichtbeton (zweilagig), 2 cm Trittschalldämmung (EPS T 650 plus, Firma Austrotherm GmbH), 5 cm dicke Schüttung und Rieselschutz zwischen Brettsperrholz und Schüttung, besteht.⁴⁶³ Die Stärke der Schüttung sollte mind 5 cm betragen und eine Rohdichte über 1300 kg/m³ besitzen. Weiters schafft eine

462 vgl. Stora Enso Wood Products WmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Konstruktion, Rohbaukonstruktion, S. 21-22

463 vgl. Stora Enso Wood Products 2013, Produkt, Technische Daten, Konstruktion, Schichtaufbauten, S. 24

3. Mehrgeschoßiger Wohnbau

ungebundene Schüttung eine Verbesserung des Norm-Trittschallpegels um 3-6 dB.⁴⁶⁴ An der Deckenuntersicht wird ein Federschienensystem der Firma Knauf GesmbH verwendet, das die Holzleichtbetonelemente schwingend an die Decke befestigt.⁴⁶⁵ Die Ausführung als Federschiene verbessert den Schallschutz um bis zu 25 dB während dieser bei einer Lattung nur mit 15 dB verbessert werden würde. Den Grund dafür stellt die starre Verbindung der Lattung mit der tragenden Schicht dar.⁴⁶⁶

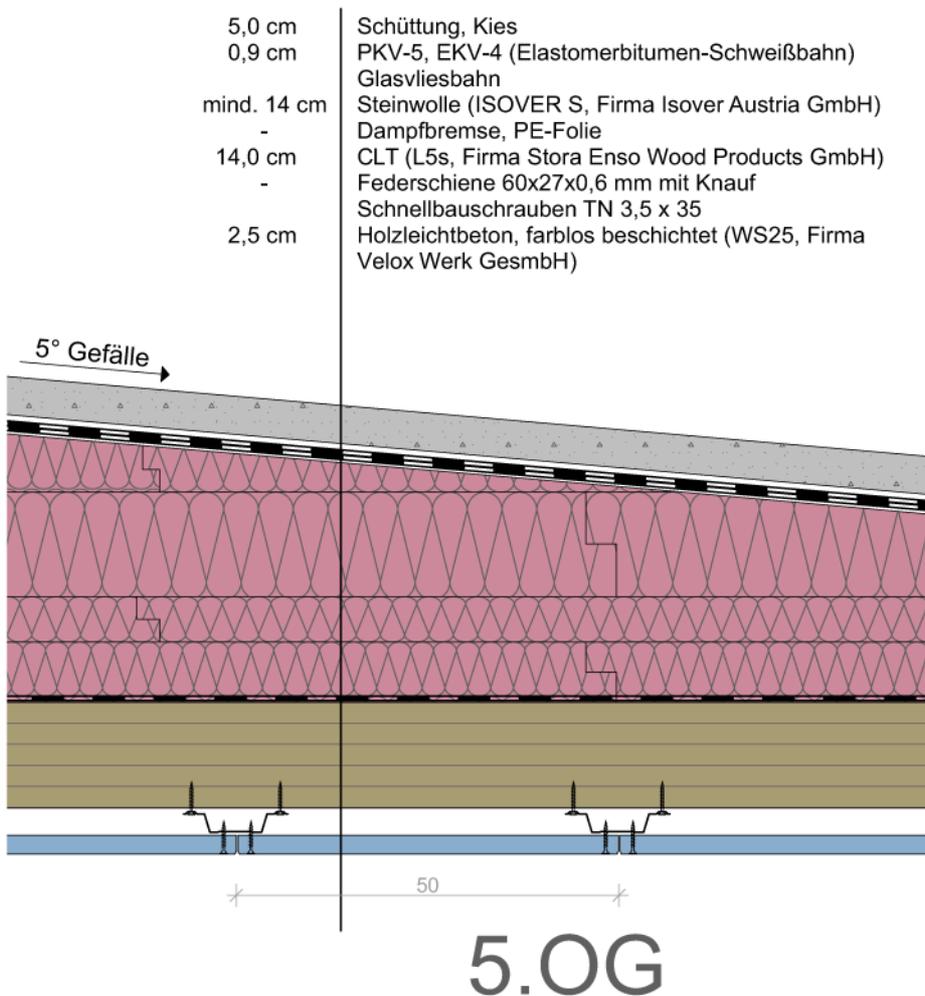


Abbildung 230: Detail 1:10 Dach

Beim Dach wird als tragende Struktur CLT 140 L5s verwendet. Die mind. 14 cm starke Gefälledämmung aus Steinwolle (Brandschutzklasse A1) wird darüber angebracht. Zwischen Dämmung und tragender Struktur wird eine Dampfbremse (PE-Folie) angebracht. Das Gefälle der EPS-Dämmung beträgt 5°. Nach der Gefälledämmung wird

464 vgl. Teibinger, Matzinger; S. 63-66

465 vgl. Knauf Gips KG 2007, S. 20-22

466 vgl. Teibinger, Matzinger; S. 63-66

zuerst eine Glasvliesbahn und anschließend ein Elastomerbitumen-Schweißbahnen (zweilagig) angebracht. Darauf folgt die Kieseindeckung. Diese beschwert einerseits die Dachhaut und bietet andererseits Schutz vor Sonneneinstrahlung⁴⁶⁷. Die Innenentwässerung des Warmdaches erfolgt mit Gullysystemen, die das Regenwasser über innenliegende Schächte in das Erdreich führen. Für die Notentwässerung werden Wasserspeicher eingesetzt.⁴⁶⁸

467 vgl. Stora Enso Wood Products 2013, Produkt, Technische Daten, Konstruktion, Schichtaufbauten, S. 39

468 vgl. Stora Enso Wood Products 2013, Produkt, Technische Daten, Konstruktion, Details, S. 21-22

3.3.3 Bauteilanschlüsse

3.3.3.1 Detaillierung

Die Bauteilanschlüsse zeigen den Anschluss von Wand und Dach und die Ausführung der Attika. Die Außenwand wird aufgrund brandschutztechnischer Erfordernisse als Attika weitergeführt. Da eine max. Geschoßhöhe von 2,95 m möglich ist, wird hier ein Wandstoß im Attikabereich ausgeführt. Als Attikaabschluss wird die Holzleichtbetonplatte WSD25 der Firma Velox Werk GmbH verwendet. Um eine Wärmebrücke zu vermeiden, wird die Fassadendämmplatte über die Attika gezogen. Um den gesetzlichen U-Wert von 0,20 W/m²K überall zu ermöglichen, wird durchgehend eine Dämmung von mind. 14 cm geboten. Die Innenentwässerung erfolgt über Gullys mithilfe einer Trichterausbildung der Gefälledämmung. Die Notentwässerung wird über Wasserspeicher ermöglicht.

Weiters wird der Anschluss von Wand und Geschoßdecke⁴⁶⁹ dargestellt. Die lichte Raumhöhe beträgt 2,50 Meter und liegt somit im gesetzlichen Rahmen. Um den Schallschutz zu erhöhen wird die Holzleichtbetonplatte, die als Estrichersatz dient, zweilagig ausgeführt. Weiters ermöglicht die ungebundene Schüttung (mind. 1.300 kg/m³) eine Verbesserung des Norm-Trittschallpegels. Das Federschienensystem an der Deckenunterseite erhöht zusätzlich den Schallschutz.

Der letzte Bauteilanschluss schafft eine detaillierte Darstellung der Auskragung. Um die Lastabtragung einer Massivdecke zu nutzen und um eine Kältebrücke zu vermeiden, wird die Fassadendämmung über die Balkonfläche gezogen. Auch die hinterlüftete Fassade wird über den Balkon gezogen, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu schaffen. Über der Brettsper Holzplatte wird eine diffusionsoffene Unterspannbahn und darüber eine mind. 5 cm starke Gefälledämmung angebracht, um ein Gefälle von 2 % zu ermöglichen. Die Entwässerung erfolgt über eine Drainrinne mit Gitterrost. Über der Gefälledämmung folgt die Abdichtung (Glasvliesbahn, Elastomerbitumen-Schweißbahnen 2-lagig). Über der Dämmung werden Kies und die Natursteinplatten angebracht. Das Fassadensystem wird über den Balkon gezogen. Als Geländer (Höhe 1,0 Meter) dient ein Verbundsicherheitsglas aus Einscheibensicherheitsgläsern.

469 vgl. Stora Enso Wood Products WmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Konstruktion, Rohbaukonstruktion, S. 35

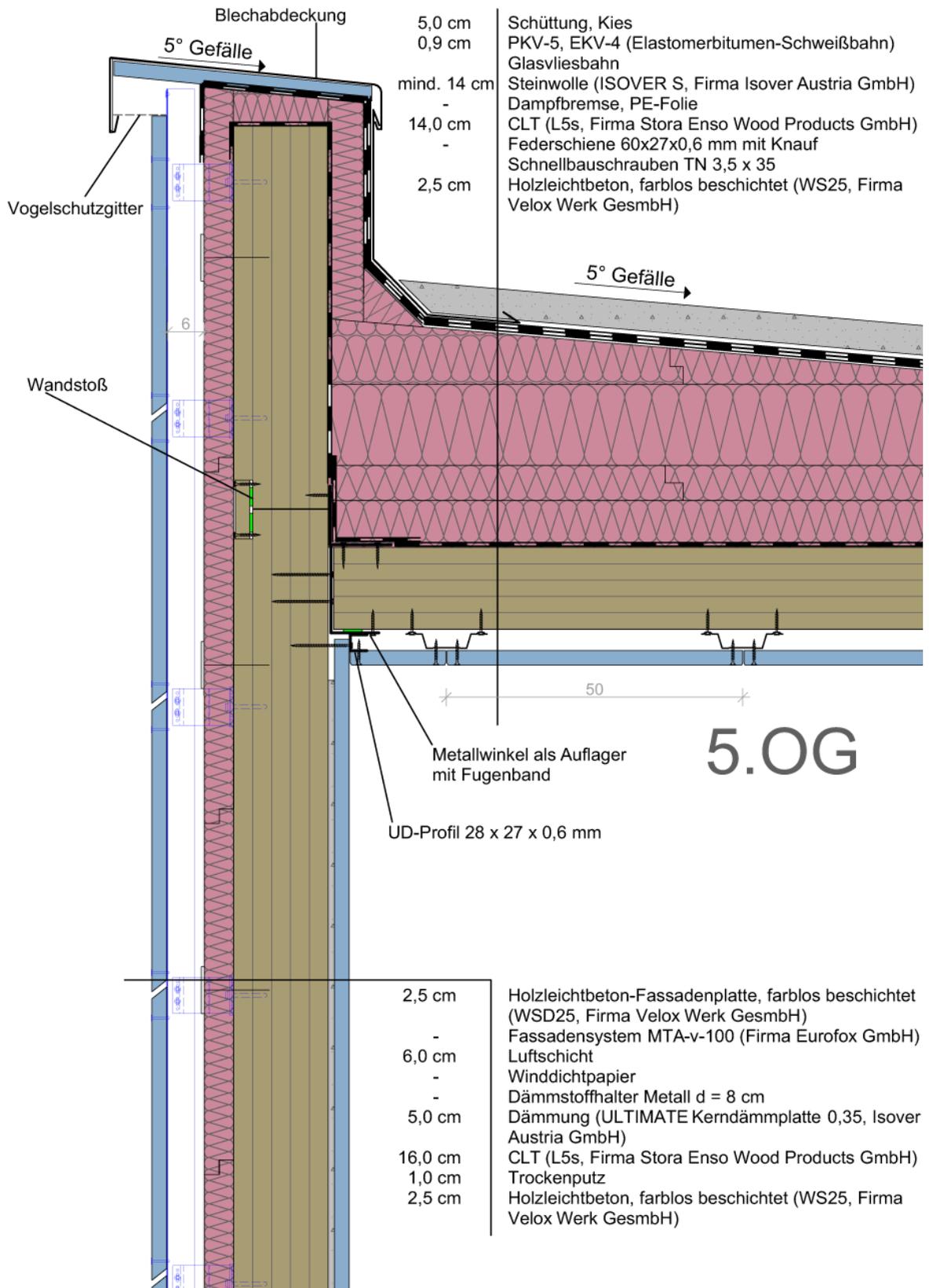


Abbildung 231: Detail 1:10 - Anschluss Außenwand-Dach

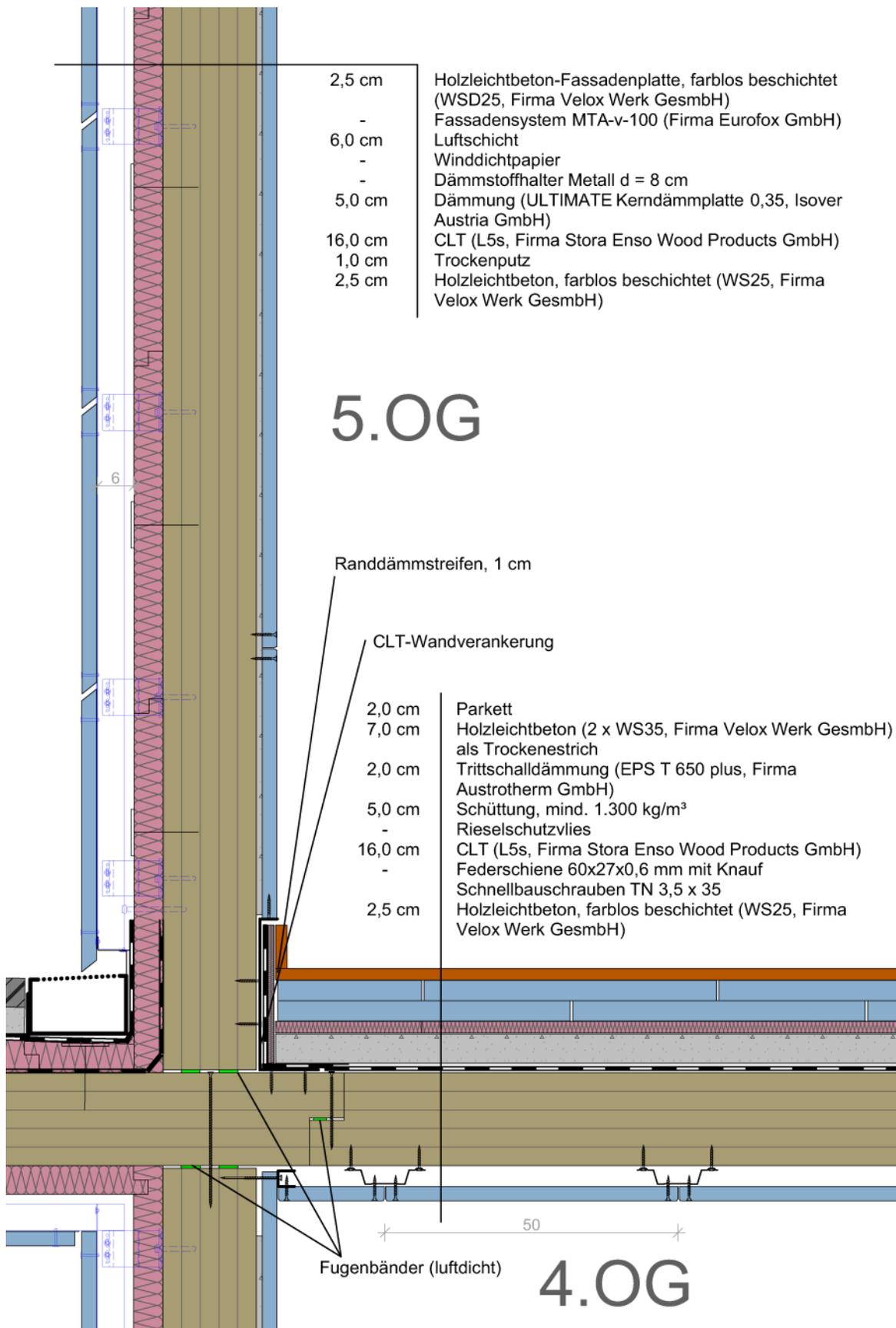


Abbildung 232: Detail 1:10 - Anschluss Außenwand-Geschoßdecke-Balkon

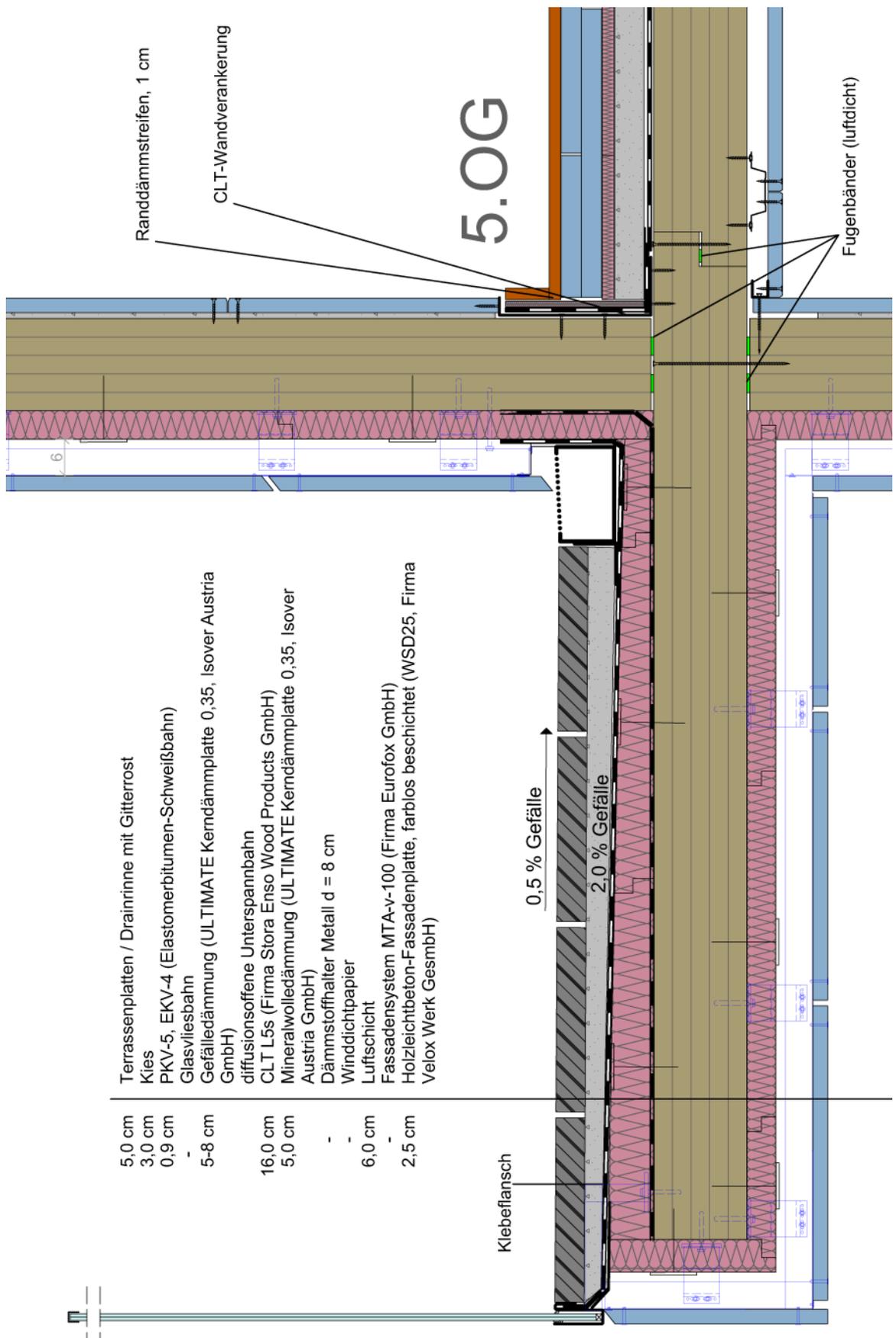


Abbildung 233: Detail 1:10 - Anschluss Außenwand- Geschoßdecke-Balkon

4. Ergebnisse

Die zwei Komponenten dieser Arbeit sind einerseits die tragende Struktur, welche aus einem der drei konventionellen Bausystemen Mauerwerk, Stahlbeton und Holz besteht und Holzleichtbeton, ein Plattenelement, dass als Schall-, Brand- und Wärmeschutz dient. Diese zwei Komponenten sollen sich positiv unterstützen. Ziel dieser Arbeit ist es, die Bausysteme (Mauerwerk, Stahlbeton, Holz) zu bewerten, durch Holzleichtbetonbestandteile zu sinnvoll verbessern und die Ergebnisse aufzuzeigen. Diese Aufgabe wird praxisbezogen mit Produkten, die derzeit auf dem Markt vorkommen, erledigt.

Zur Schaffung eines nachvollziehbaren Konglomerats aus Bausystem und Holzleichtbeton durchlaufen die Bausysteme zwei und Holzleichtbeton eine Bewertungsphase. Diese werden in den folgenden Seiten näher beschrieben. Das erste Bewertungssystem ist die interne Vorauswahl der Bausysteme gefolgt von der eigentlichen Bewertung der Bausysteme für die Wand und die Decke. Die dritte Phase beinhaltet die Bewertung der Holzleichtbetonbestandteile.

In den folgenden Seiten werden die Forschungsfragen und Hypothesen, die zu Beginn formuliert wurden, mithilfe der Ergebnisse der Arbeit beantwortet.

4.1 Vorauswahl der Bausysteme

Forschungsfrage: „Wie wurde die interne Vorauswahl der Bausysteme getroffen und zu welchem Ergebnis führen diese Entscheidungen?“

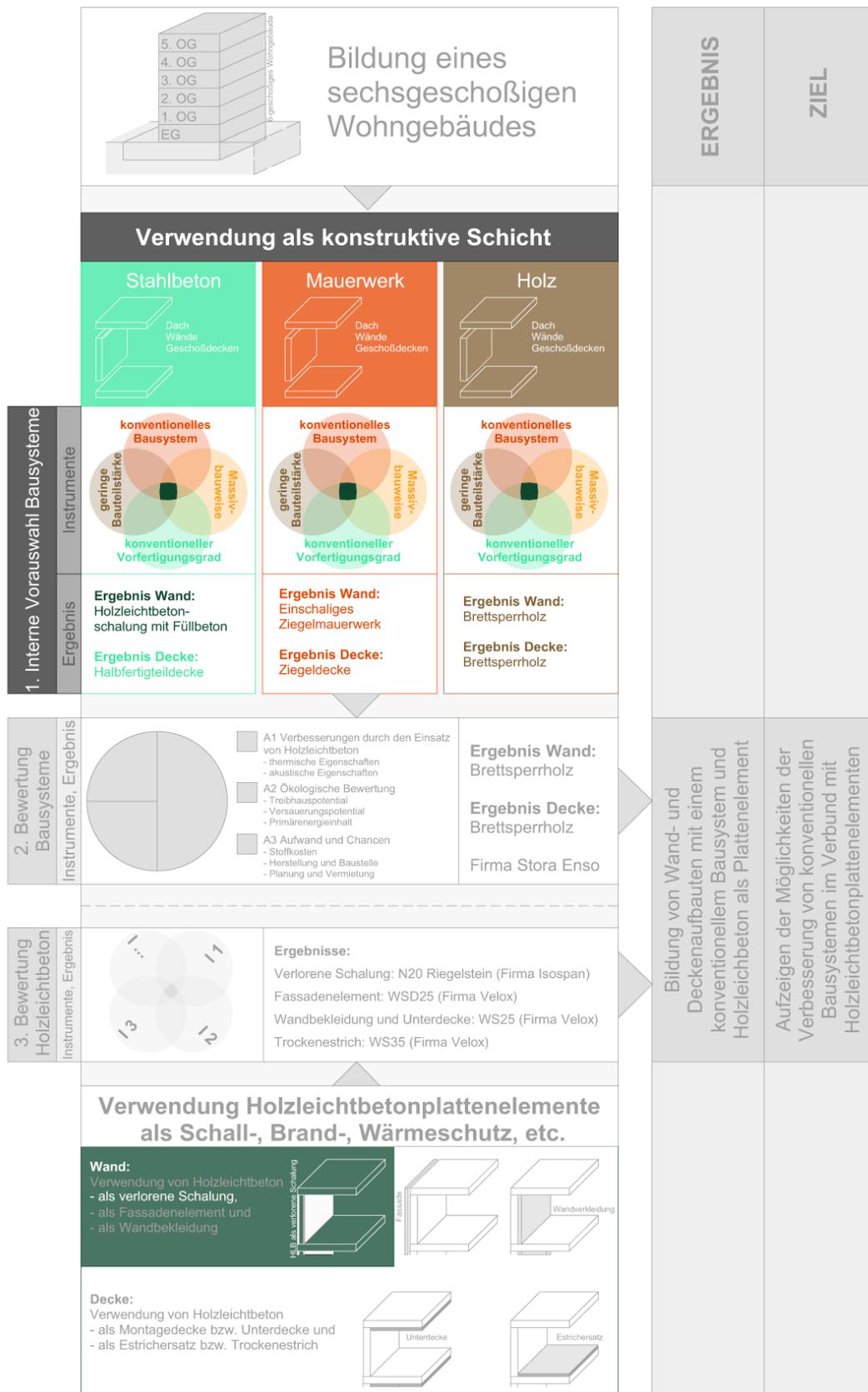


Abbildung 234: Übersicht interne Vorauswahl der Bausysteme

4.1.1 Bewertungssystem

Um die drei Bausysteme Mauerwerksbau, Stahlbetonbau und Holzbau nachvollziehbar vergleichen zu können, ist es wichtig, im Vorhinein eine bausysteminterne Auswahl zu treffen.

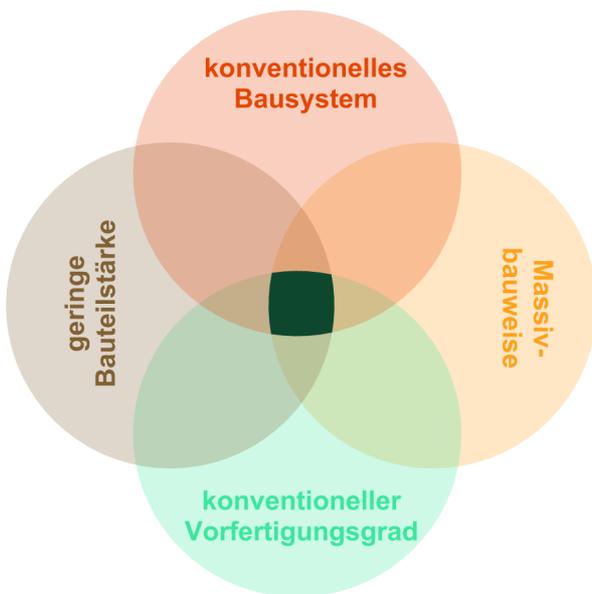


Abbildung 235: Entscheidungskriterien

Die interne Vorauswahl beinhaltet vier Entscheidungskriterien. Das intern ausgewählte Bausystem muss ein konventionelles System sein, da es der Zweck dieser Diplomarbeit ist, ein übliches, tragendes System mit Holzleichtbetonbestandteilen zu verbessern. Weiters muss das intern gewählte System eine Massivbauweise sein, um die Vergleichbarkeit von Mauerwerks- und Stahlbetonbau, die im Wohnbau üblicherweise als Massivbausysteme verwendet werden, sowie Holz zu gewährleisten. Wenn das Bausystem verschiedene Vorfertigungsgrade besitzt, muss auf den konventionellsten zurückgegriffen werden. Ein zusätzliches Kriterium ist, dass bei mehreren Varianten unbedingt jenes Tragsystem verwendet werden soll, das die geringste Bauteilstärke aufweist.

Die Ergebnisse dieser internen Vorauswahl werden in den folgenden Seiten erläutert.

4.1.2 Ergebnis – Wand

4.1.2.1 Mauerwerksbau

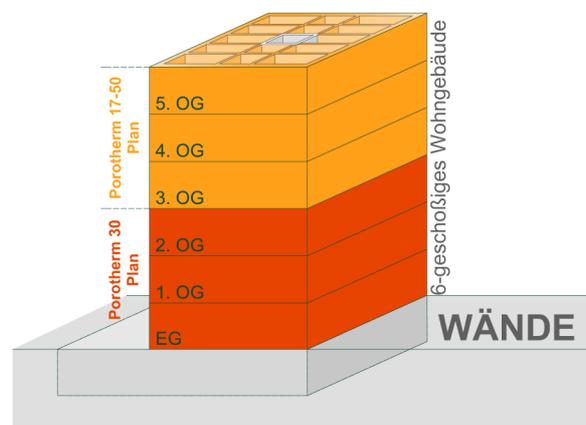
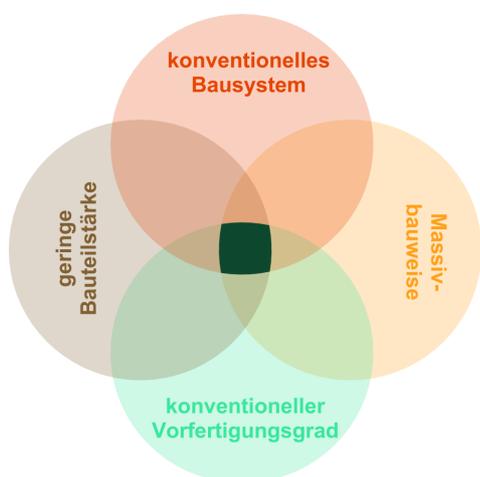


Abbildung 236: Außen- und Innenwände Mauerwerksbau

Beim Mauerwerksbau wurde ein konventionelles, einschaliges Ziegelmauerwerk, welches eine Massivbauweise ist, verwendet. Üblicherweise ist der Vorfertigungsgrad sehr gering. Es erfolgt eine Bauweise, die „Stein auf Stein“ erfolgt. Um die Ergebnisse praxisnah zu eruieren, wird auf die Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH zurückgegriffen, die einige Werke in Nähe von Wien besitzt. Gemäß Lastaufstellung und Vorbemessungstabelle der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH⁴⁷⁰ wurde in den oberen drei Geschossen auf den Porotherm 17-50 Plan mit 17 cm Bauteilstärke und in den unteren drei Geschossen auf den Porotherm 30 Plan mit 30 cm Bauteilstärke zurückgegriffen.

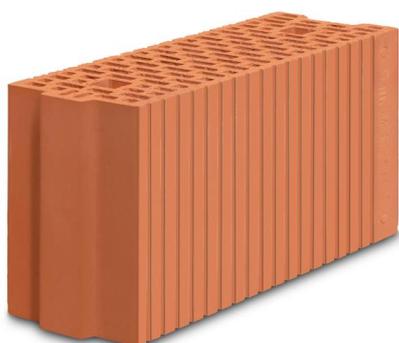


Abbildung 237: Porotherm 17-50 Plan



471 Abbildung 238: Porotherm 30 Plan

472

470 vgl. Grünkranz 2016, E-Mail: Bemessungsprogramme

471 Abb. 237: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Porotherm 17-50 Plan

472 Abb. 238: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2017, Produkte, Porotherm 30 Plan

4.1.2.2 Stahlbetonbau

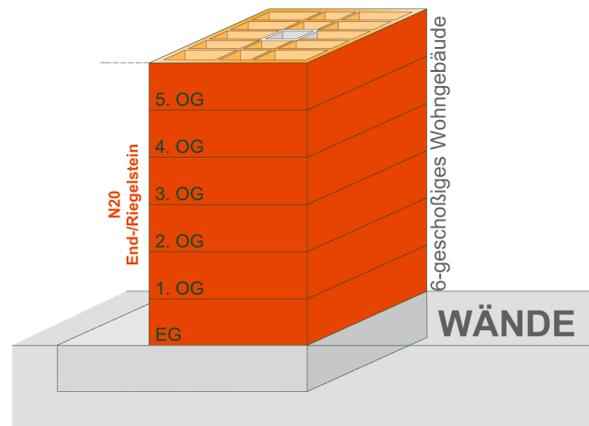
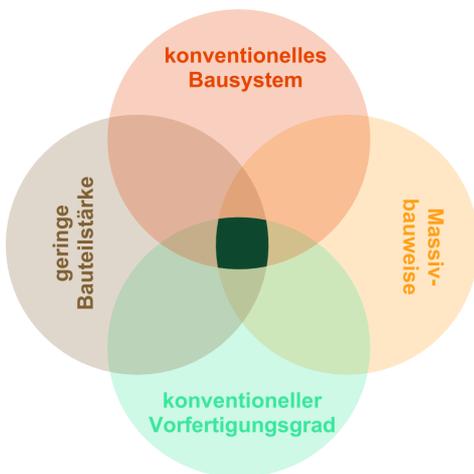


Abbildung 239: Außen- und Innenwände Stahlbetonbau

Beim Stahlbetonbau fällt die Wahl, einerseits aufgrund der vier Entscheidungskriterien und andererseits aufgrund des möglichen Einsatzes von Holzleichtbeton, auf eine Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton. Diese Bauweise ist eine Massivbauweise. Die Ausführung einer Schalung, welche mit Transportbeton befüllt wird, ist eine konventionelle Art der Stahlbetonwand. Die Holzleichtbeton-Wandelemente werden vorgefertigt auf die Baustelle geliefert und vor Ort mit Transportbeton befüllt. Es wurde auf eine geringe Bauteilstärke geachtet. Verwendung findet der Stein N20 der Firma isospan Baustoffwerk GmbH. Dieser wird vom Erdgeschoß bis ins 5. Obergeschoß ausgeführt.



473

Abbildung 240: Firma isospan Baustoffwerk GmbH (N20)

473 Abb. 240: Isospan Baustoffwerk GmbH 2017, Produkte, Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich

4.1.2.3 Holzbau

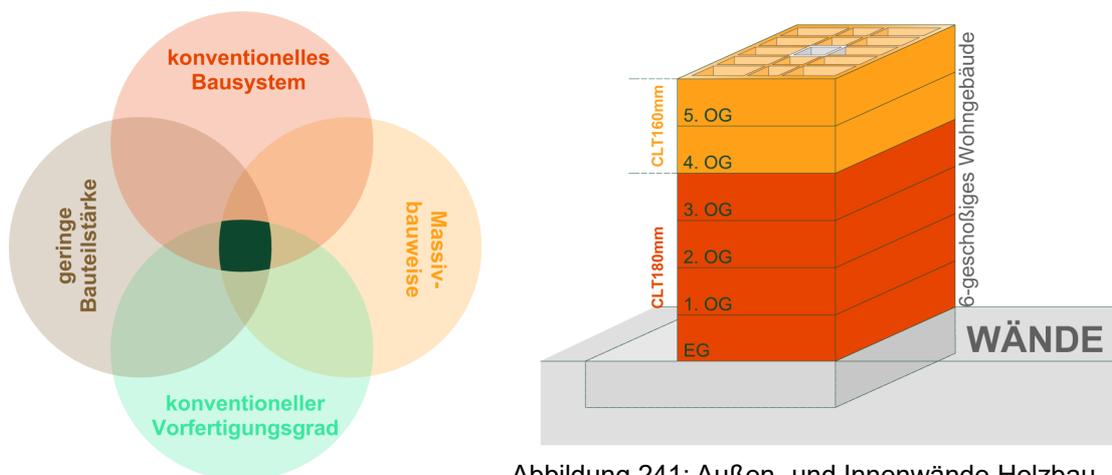


Abbildung 241: Außen- und Innenwände Holzbau

Beim Holzbau wurde auf Brettsperrholz zurückgegriffen. Aufgrund des wachsenden Einsatzes von scheibenförmigen Elementen und der besseren Vergleichbarkeit mit den beiden anderen Bausystemen, durch die einheitliche Verwendung von Massivbausystemen, wird Brettsperrholz gewählt. Der Vorfertigungsgrad beim Brettsperrholz ist üblicherweise sehr groß. Die Bauteilstärken werden vor allem durch den benötigten Brandschutz und nicht durch die statischen Erfordernisse bestimmt. Als Lieferant dient die Firma Stora Enso Wood Products GmbH, da sie die meisten Werke in Österreich, Ostösterreich, besitzt. Aufgrund des Vorbemessungsprogrammes der Firma Stora Enso Wood Products GmbH wird für die oberen zwei Geschosse eine Bauteilstärke von 16 cm (5-lagig) und für die unteren vier Geschosse eine Bauteilstärke von 18 cm (7-lagig) gewählt.



Abbildung 242: Brettsperrholz

474

4.1.3 Ergebnis – Decke

4.1.3.1 Mauerwerksbau

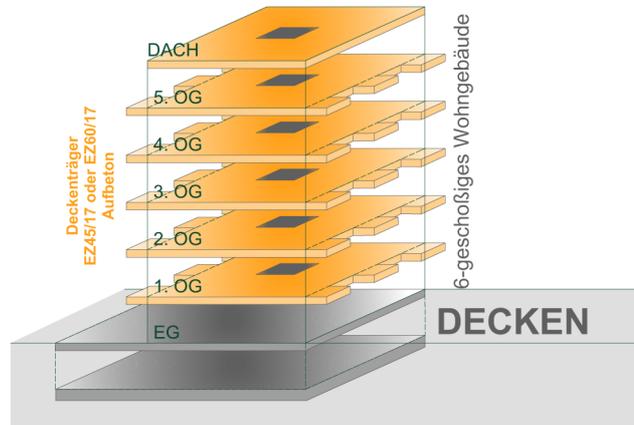
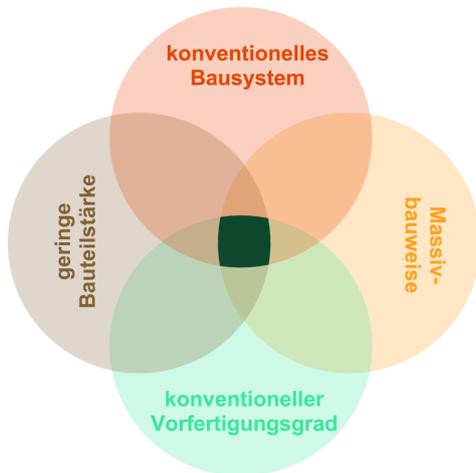


Abbildung 243: Ziegeldecke

Beim Mauerwerksbau wird bei der Decke auf eine Rippenziegeldecke (Massivbauweise), welche aus Deckenträger, Einlageziegel und Aufbeton besteht, zurückgegriffen. Die Rippendecke wird nicht vorgefertigt. Die einzelnen Elemente werden auf der Baustelle montiert. Die Bauteilstärke setzt den Maßstab für die Auswahl der Deckenträger und der Einlageziegel. Diese Auswahl erfolgte gemäß Lastenaufstellung und Vorbemessungstabelle.⁴⁷⁵ Der Ziegeldeckenlieferant ist die Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH, da sie die meisten Werke in Ostösterreich besitzt.⁴⁷⁶ Gewählt wurden Einfachträger, 5 cm Aufbeton und Einlageziegel 45/17 oder 60/17 für alle Geschoßdecken und das Dach.



Abbildung 244: Deckenträger, Einlageziegel 45/17

477

475 vgl. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2010, Service, Download Center, Porotherm Ziegeldecken – angenehmes Klima

476 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Verband, Ziegelwerke, Ost

477 Abb. 244: Wienerberger Ziegelindustrie GmbH 2016, Produkte, Deckenlösungen,

4.1.3.2 Stahlbetonbau

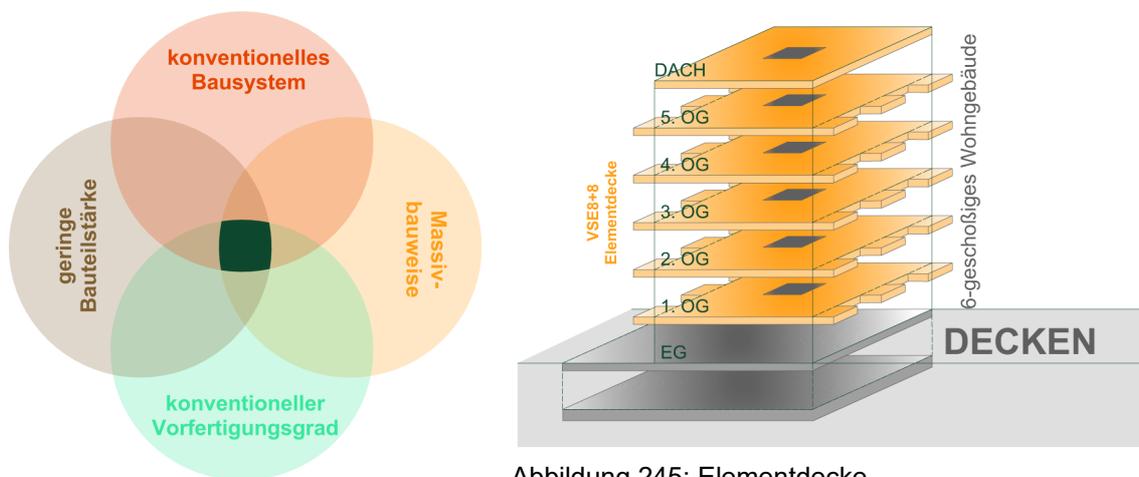


Abbildung 245: Elementdecke

Für die Schaffung einer Stahlbetondecke wird üblicherweise eine Elementdecke bzw. eine Halffertigteildecke verwendet. Diese Massivbauweise besteht aus Fertigteilen, die auf die Baustelle geliefert werden, und aus Aufbeton, welcher als Transportbeton vor Ort aufgebracht wird. Um die geringstmögliche Bauteilstärke zu erreichen, wird mit einer vorgespannten Elementdecke (VSE8+8) gearbeitet. Diese schafft eine Bauteilstärke von 16 cm lt. Vorbemessungstabelle der Firma Franz Oberndorfer GmbH & Co KG.⁴⁷⁸ Mit dieser Firma wird gearbeitet, da sie viele Werke in Österreich besitzt. Diese Firma gilt nur als Beispiel, da sie wie alle anderen Firmen auch nach dem Stand der Technik und aufgrund von Angebot und Nachfrage offeriert.



Abbildung 246: Elementdecke

479

Porotherm Einlageziegel 45/17

478 vgl. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke, Produktfolder

479 Abb. 246: Franz Oberndorfer GmbH & Co KG 2017, Produkte, Deckensysteme, VSE/VSP

4.1.3.3 Holzbau

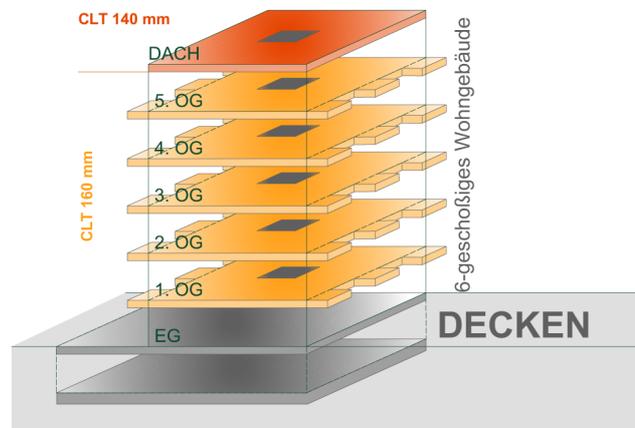
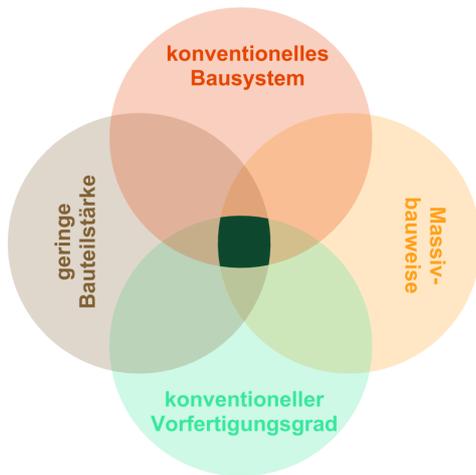


Abbildung 247: Brettsperrholz-Decke

Beim Holzbau wird auch für die Decke auf das massive Plattenelement Brettsperrholz zurückgegriffen. Brettsperrholz wird vorgefertigt von der Firma Stora Enso Wood Products GmbH auf die Baustelle geliefert. Ein hoher Vorfertigungsgrad ist für Brettsperrholz üblich. Die Bauteilstärken (Dach 14 cm, Geschoßdecken 16 cm) ergeben sich gemäß Auflast und Vorbemessungsprogramm der Firma Stora Enso Wood Products GmbH.⁴⁸⁰



Abbildung 248: Brettsperrholz

481

Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke

480 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2017, Media & Downloads, Bemessungssoftware
481 Abb. 248: Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, CLT – Das Massivholzsystem

4.2 Bewertung der tragenden Bausysteme – Wand

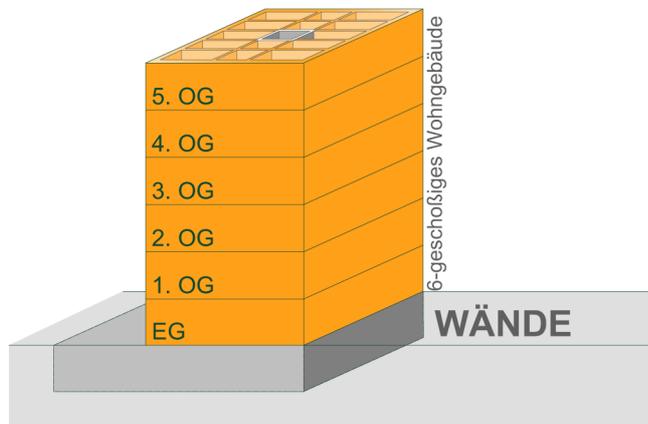
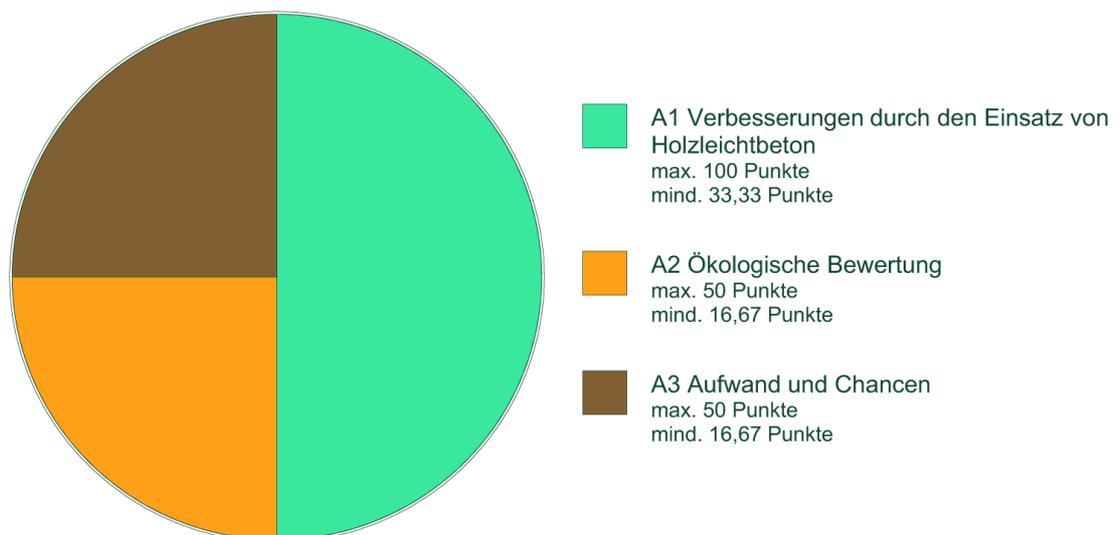


Abbildung 249: Außen- und Innenwände

4.2.1 Bewertungssystem

Nach der internen Vorentscheidung für die Hochlochziegelwand, die Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton und die Brettsperrholzwand, erfolgt die Bewertung dieser drei Massivtragsysteme aufgrund der folgenden Aspekte bzw. Instrumente.



4. Ergebnisse

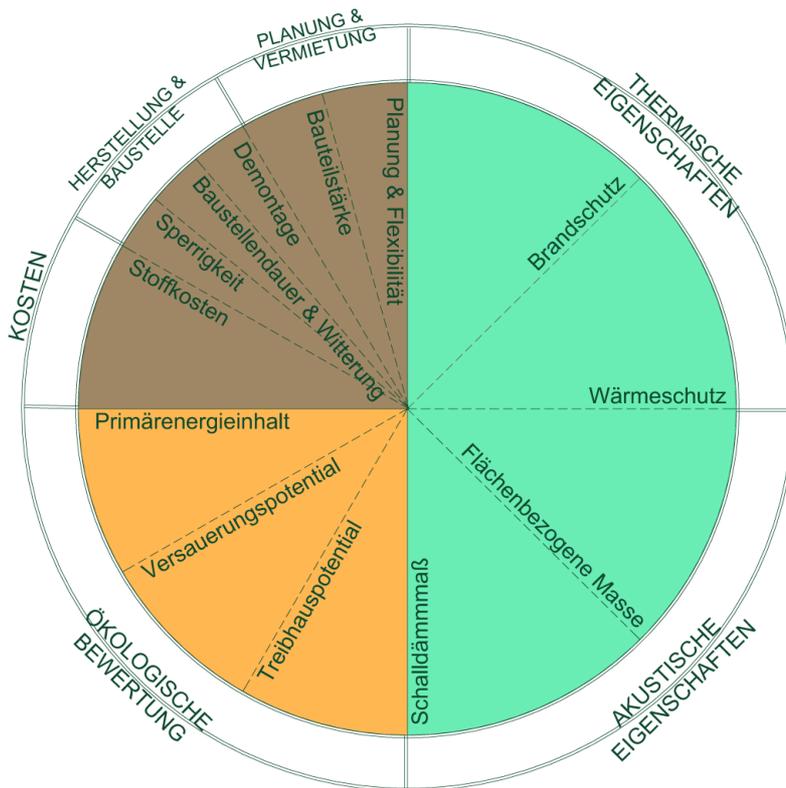


Abbildung 250: Instrumente und Gewichtung

Zur Bewertung gelangen drei Aspekte. Je mehr Punkte, desto besser. Der erste Aspekt: Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton ist der wichtigste und er wird daher mit max. 100 Punkten und mind. 33,3 Punkten gewichtet. Diese Wichtigkeit rührt daher, dass das Hauptaugenmerk dieser Arbeit darin besteht, das tragende System und Holzleichtbeton sinnvoll zu verbinden. Dieser Aspekt besteht aus den thermischen und akustischen Eigenschaften. Die Instrumente der thermischen Eigenschaften sind der Brandschutz und der Wärmeschutz während die Instrumente der akustischen Eigenschaften aus der flächenbezogene Masse und dem Schalldämmmaß bestehen.

Der zweite Aspekt: Ökologische Bewertung, erzielt max. 50 Punkte und besteht aus dem Treibhauspotential, dem Versauerungspotential und dem Primärenergieinhalt. Die Wichtigkeit umweltrelevanter Themen nimmt einen immer größer werdenden Platz in der heutigen Gesellschaft ein.

Die Bausysteme werden auch beim dritten Aspekt "Aufwand und Chancen" mit max. 50 Punkten gewichtet. Die drei Untergruppen Kosten, Herstellung und Baustelle sowie Planung und Vermietung bestehen aus den Instrumenten, die die Bausysteme gewichten und bewerten. Die Untergruppe Kosten besitzt nur ein Instrument, welches die Stoffkosten bzw. Listenpreise sind. Die Instrumente Sperrigkeit, Baustellendauer und Witterung sowie

Demontage gehören in die Gruppe Herstellung und Baustelle während die Instrumente Bauteilstärke sowie Planung und Flexibilität der Gruppe Planung und Vermietung zugeordnet sind.

4.2.2 Aspekt 1: Verbesserungen durch den Einsatz von HLB

Forschungsfrage: „Welches Bausystem kann durch Holzleichtbeton bestmöglich optimiert werden?“

A1 Verbesserungen durch Holzleichtbeton

mind. 33,3 Punkte (1/3), max. 100 Punkte

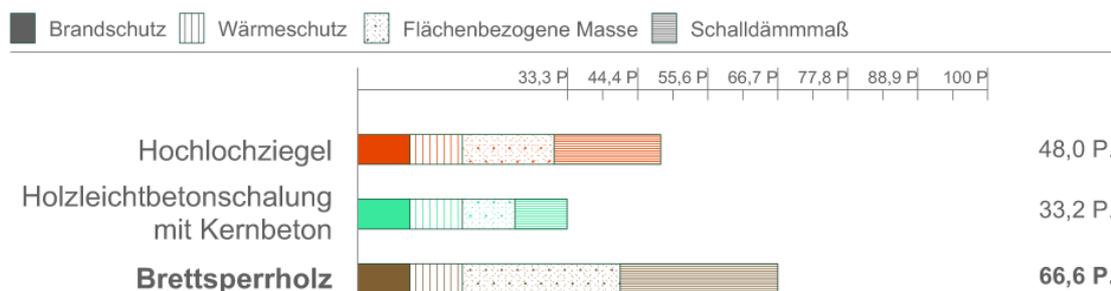


Abbildung 251: A1 Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton

Dieser Aspekt soll die sinnvollste Verbundmöglichkeit von tragender Struktur und Holzleichtbeton aufzeigen. Ein Konglomerat aus Brettsperrholz und Holzleichtbeton erwirkt die positivsten Auswirkungen für die Innen- und Außenwänden. Die Nachteile von Brettsperrholz können, verglichen mit der Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton und dem Hochlochziegel, im Brand-, Wärme- und Schallschutz durch die Vorteile von Holzleichtbeton kompensiert werden. Die Ausführung einer zusätzlichen Schicht Holzleichtbeton bei der Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton zeigt nur eine geringe Sinnhaftigkeit.

Die Dimensionierung der Rohbauelemente basiert auch auf der gesetzlich vorgeschriebenen Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 min. Auch der notwendige Wärmeschutz, Indikator ist der U-Wert, wird bereits mit zusätzlichen Mineralwollgedämmplatten erreicht. In diesen Bereich kann Holzleichtbeton den Brand- und Wärmeschutz noch zusätzlich verbessern, er ist aber bei allen drei Bausystemen

4. Ergebnisse

nicht notwendig. Holzleichtbeton wäre als alleiniges Wärmedämmmaterial unwirtschaftlich.

Die flächenbezogene Masse sollte ein Mindestmaß von 250 kg/m² besitzen, um einen ausreichenden Schallschutz zu gewährleisten.⁴⁸² Die Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton überschreitet diesen Wert und benötigt den zusätzlichen Schallschutz durch Holzleichtbeton grundsätzlich nicht. Die Ziegelwand bzw. der Hochlochziegel erreicht im Durchschnitt aller Geschoße die flächenbezogene Masse von 250 kg/m² nicht. Insbesondere in den oberen drei Geschoßen mit einer Bauteilstärke von nur 17 cm, ist der Einsatz von Holzleichtbeton als Schallschutz durchaus sinnvoll. Eine Erhöhung des Schallschutzes, gemäß der flächenbezogenen Masse, ist beim Brettsperrholz unbedingt von Nöten. Holzleichtbeton als Wandbekleidung kann hier unterstützen.

Das gesetzlich benötigte, bewertete Schalldämmmaß der Außenwand wird von der Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton sehr gut erfüllt und auch der Hochlochziegel liegt geringfügig über dem gesetzlichen Mindestwert von 43 dB.⁴⁸³ Brettsperrholz erreicht diesen Wert nicht, wodurch ein Verbund mit Holzleichtbeton als zusätzlicher Schallschutz sinnvoll ist.

482 vgl. Stora Enso Wood Products GmbH 2013, Produkt, Technische Daten, Schallschutz

483 vgl. OIB 2015, Richtlinie 5, S. 2-4

4.2.3 Aspekt 2: Ökologische Bewertung

Forschungsfrage: „Welches Bausystem erzielt aus Umweltschutzgründen die besten Ergebnisse?“

A2 Ökologische Bewertung

mind. 16,7 Punkte (1/3), max. 50 Punkte

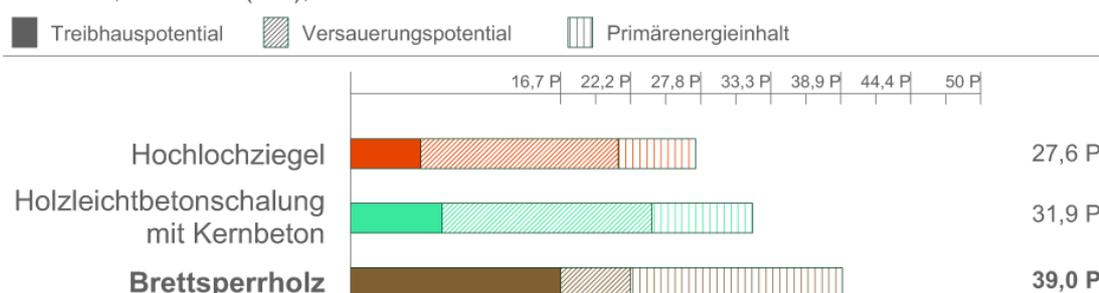


Abbildung 252: A2 Ökologische Bewertung

In dieser Arbeit wird der Umweltschutz mit den folgenden Ökokennzahlen deklariert.

Die ökologische Bewertung beinhaltet das Treibhauspotential, das Versauerungspotential und den Primärenergieinhalt, der sich in erneuerbar und nicht erneuerbar einteilen lässt.

Das Treibhauspotential wird in Relation zu CO₂ dargestellt. Je höher das Treibhauspotential eines Materials, desto höher die Reflexion der Infrarotstrahlung, die zur Erderwärmung führt.⁴⁸⁴ Betrachtet wird das Ganze mit CO₂-Speicherung, dies bedeutet, wenn Materialien nicht nur CO₂ verursachen, sondern auch aufnehmen, wird dies positiv miteingerechnet. Brettsperrholz besitzt ein sehr geringes Treibhauspotential im Gegensatz zum Hochlochziegel und zur Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton.

Das Versauerungspotential betrachtet das Säurebildungspotential im Vergleich zu SO₂.⁴⁸⁵ Es fällt beim Hochlochziegel und bei der Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton, zum Vorteil dieser Bausysteme, relativ gering aus. Brettsperrholz verursacht eine hohe Versauerungswirkung in Relation zu den anderen beiden Bausystemen.

⁴⁸⁴ vgl. Hegger 2007, S. 259

⁴⁸⁵ vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ökobilanz Grundlagen

4. Ergebnisse

Der Primärenergieinhalt ist der Gesamtbedarf an Ressourcen, die bei der Herstellung eines Materiales aufgewendet werden müssen. Er teilt sich in Energie aus nicht erneuerbaren Ressourcen, z.B. Erdöl, und in Energie aus erneuerbaren Ressourcen, z.B. Windkraft.⁴⁸⁶ Der nicht erneuerbare Anteil liefert dem Bausystem bei der Bewertung wenige Punkte während ein hoher Anteil an erneuerbarem Primärenergieinhalt viele Punkte erzielt. Der Hochlochziegel wie auch die Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton schneiden ungefähr gleich ab. Sie besitzen hohen Anteil an nicht erneuerbaren und einem niedrigen Anteil an erneuerbaren Ressourcen. Beim Brettsperrholz halten sich diese beiden Komponenten die Waage. Dadurch erhält Brettsperrholz die höchste Punkteanzahl.

4.2.4 Aspekt 3: Aufwand und Chancen

Forschungsfrage: „Welches der drei Bausysteme besitzt die am Standort Österreich, Wien, besten architektonisch relevanten Eigenschaften unter den gewählten Rahmenbedingungen?“

A3 Aufwand und Chancen

mind. 16,7 Punkte (1/3), max. 50 Punkte

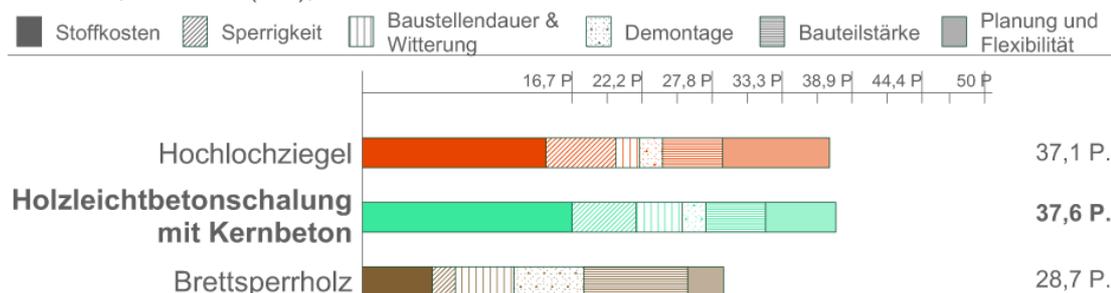


Abbildung 253: A3 Aufwand und Chancen

Die architektonisch relevanten Eigenschaften, die für diesen Kontext gewählt wurden, sind die Stoffkosten, die Sperrigkeit der Elemente, die Baustellendauer und die Witterungsabhängigkeit, die Demontagefähigkeit, die Bauteilstärke sowie die Planung und der Flexibilitätsgrad. Der dritte Aspekt besteht aus drei Instrumente, den Kosten, der Herstellung und Baustelle sowie der Planung und Vermietung. Werden die Gesamtpunkte betrachtet, ergibt dies für die Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton, gefolgt von der

486 vgl. Mötzl, Sutter 2015

Hochlochziegelwand, die meisten Punkte.

In dieser Arbeit werden die Materialkosten des Bausystems inkl. der jeweils benötigten Mineralwolle-Dämmung veranschaulicht. Das günstigste Bausystem ist die Holzleichtbetonschalung mit Transportbeton. Auch geringe Kosten verursacht die Hochlochziegelwand während die Brettsperrholzwand klar die höchsten Stoffkosten inkl. der benötigten Dämmung verursacht.

Das Instrument Herstellung und Baustelle besteht aus der Sperrigkeit der Elemente bei der Einbringung auf der Baustelle, der Baustellendauer und der Witterungsabhängigkeit sowie der Demontagemöglichkeit. Die Sperrigkeit wird dargestellt durch die maximale Länge und durch das schwerste Element. Durch die Kleinteiligkeit der Elemente erreicht die Hochlochziegelwand die meisten Punkte und somit die geringste Sperrigkeit. Die Brettsperrholzwand bringt sehr große Elemente hervor. Durch die hohe Vorfertigung haben die Brettsperrholzwand und die Holzleichtbetonschalung mit Kernbeton Vorteile in der Dauer der Baustelle während bei der Hochlochziegelwand viele kleine Elemente händisch versetzt werden müssen. Die Demontage ist durch die Verwendung von Verbindungsmittel nur bei der Brettsperrholzwand möglich. Meist werden die Brettsperrholz-Elemente nach dem Lebenszyklus nur energetisch verwertet.

Die Bauteilstärke sowie die Planung und die Flexibilität sind Teil des dritten Instrumentes. Die mittlere Bauteilstärke (Rohbauelement und Dämmung) ist beim Brettsperrholz am geringsten. Je höher der Vorfertigungsgrad, desto mehr Zeit muss in die Planung gesteckt werden. Daher ist die Hochlochziegelwand vom Planungsaufwand her am wenigsten komplex.

4.3 Bewertung der tragenden Bausysteme – Decke

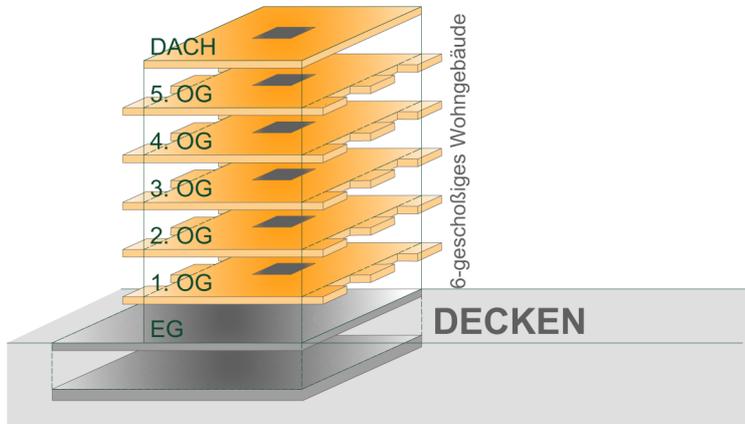
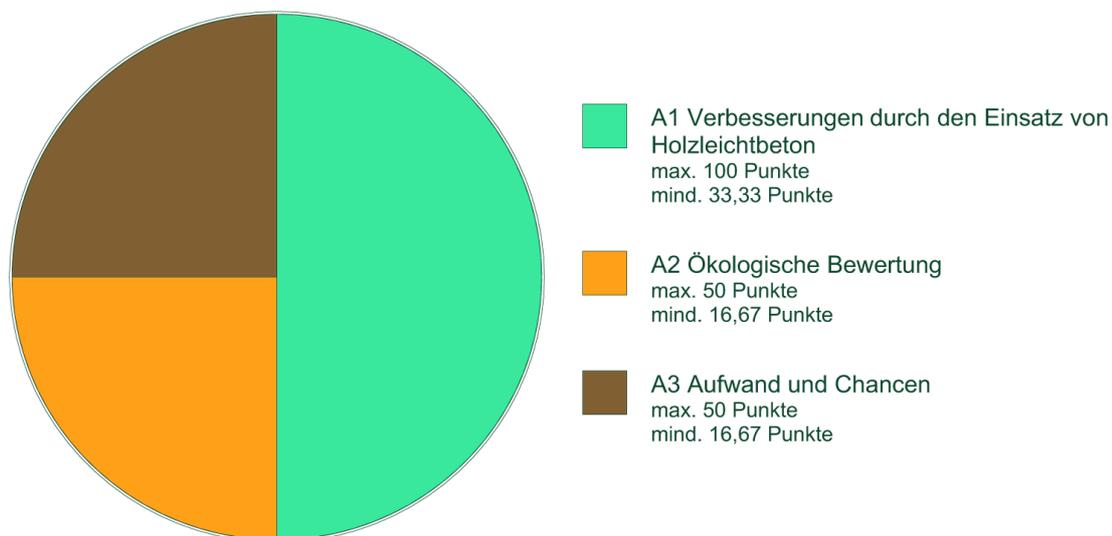


Abbildung 254: Geschößdecken und Dach

4.3.1 Bewertungssystem

Die interne Vorentscheidung fiel auf die Ziegeldecke, die Elementdecke (Stahlbeton) und das Brettsper Holz. Diese drei Tragsysteme werden aufgrund der drei Aspekte bewertet und gewichtet.



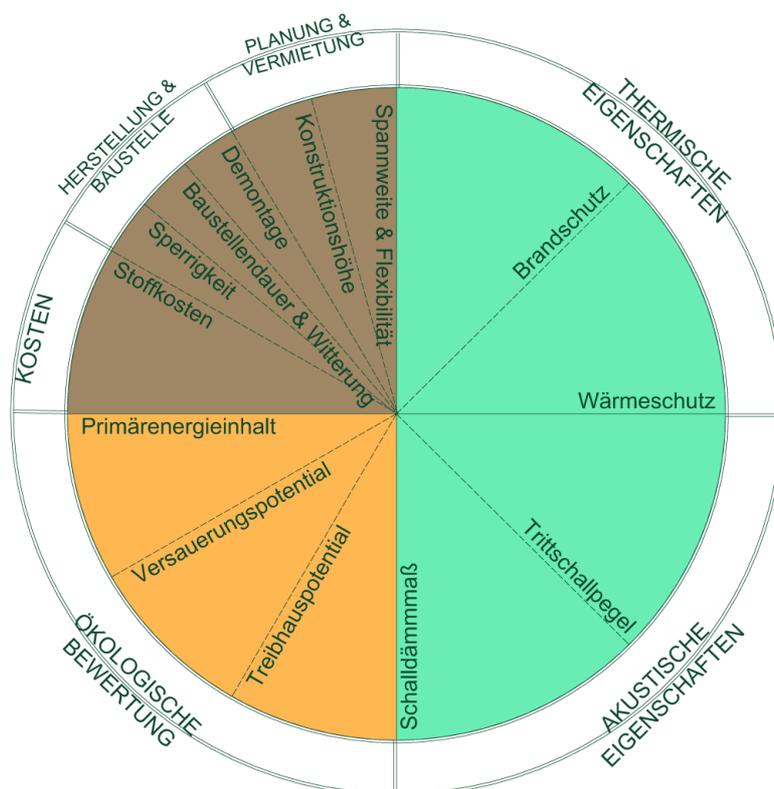


Abbildung 255: Instrumente und Gewichtung

Zur Bewertung der tragenden Schicht werden drei Aspekte herangezogen, wobei der erste Aspekt "Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton" die höchste Relevanz besitzt und daher auch doppelt gewichtet wird. Dieser Aspekt ist wichtig, da es ein Ziel dieser Arbeit ist die Probleme des Bausystems durch Holzleichtbeton zu lösen. Dieser Aspekt besteht aus zwei Untergruppen, d.s. die thermischen und akustischen Eigenschaften. Die thermischen Eigenschaften beinhalten die Instrumente Brandschutz und Wärmeschutz. Die Instrumente bewerteter Standard-Trittschallpegel und bewertetes Schalldämmmaß gehören zur Gruppe der akustischen Eigenschaften.

Momentan besteht ein Trend zu umweltbewusstem Verhalten, welcher auch die Bauindustrie einschließt. Der zweite Aspekt: Ökologische Bewertung besteht aus dem Treibhauspotential, dem Versauerungspotential und Primärenergieinhalt. Die Bausysteme werden anhand dieser Instrumente beurteilt.

Der dritte Aspekt heißt Aufwand und Chancen. Dieser besteht aus drei Untergruppen. Diese bezeichnen sich als Kosten, Herstellung und Baustelle sowie Planung und Vermietung. Während die Gruppe Kosten nur aus dem Instrument Stoffkosten – Listenpreise besteht, besitzen die restlichen zwei Untergruppen mehrere Instrumente, die die Bausysteme bewerten. Herstellung und Baustelle besteht aus den Instrumenten

4. Ergebnisse

Sperrigkeit, Baustellendauer und Witterung sowie Demontage. Die Instrumente Konstruktionsstärke sowie Spannweite und Flexibilität gehören zur Gruppe Planung und Vermietung.

4.3.2 Aspekt 1: Verbesserungen durch den Einsatz von HLB

Forschungsfrage: „Welches Bausystem kann durch Holzleichtbeton bestmöglich optimiert werden?“

A1 Verbesserungen durch Holzleichtbeton

mind. 33,3 Punkte (1/3), max. 100 Punkte

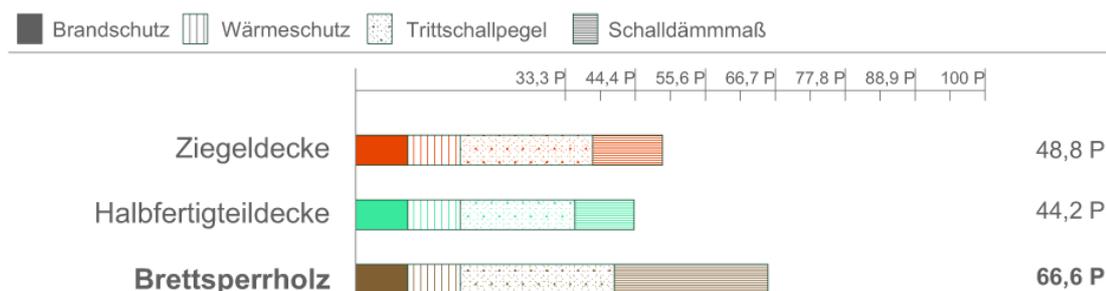


Abbildung 256: A1 Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton

Betrachtet man die Gesamtpunkteanzahl der drei Bausysteme für den ersten Aspekt, ist eine Symbiose von einer Brettsperrholzdecke und Holzleichtbetonplatten am vorteilhaftesten. Die positiven Eigenschaften von Holzleichtbeton können die negativen Merkmale von Brettsperrholz sehr gut kompensieren. Die Vorteile von Holzleichtbeton liegen im Wärme-, Brand- und Schallschutz.

Die Anforderungen an den Brand- wie auch den Wärmeschutz werden bereits von allen Bausystemen selbst erreicht. Der Einsatz von Holzleichtbeton ist gesetzlich nicht nötig, er unterstützt aber die brand- und wärmetechnischen Eigenschaften der Decke. Der Brandschutz wurde mithilfe der Feuerwiderstandsdauer und der Wärmeschutz mithilfe des U-Wertes aufgezeigt.

Der max. bewertete Standard-Trittschallpegel der Geschoßdecke wird allein durch das Rohbauelement von allen Bausystemen überschritten. Holzleichtbeton als Montagedecke und als Trockenestrich kann den Trittschallschutz erhöhen.

Beim bewerteten Schalldämmmaß des Daches benötigt insbesondere die Brettsperrholzdecke die Verbesserungsmöglichkeit von Holzleichtbeton. Die Ziegel- und die Halffertigteildecke erreichen hingegen die gesetzlichen Anforderungen.

4.3.3 Aspekt 2: Ökologische Bewertung

Forschungsfrage: „Welches Bausystem erzielt aus Umweltschutzgründen die besten Ergebnisse?“

A2 Ökologische Bewertung

mind. 16,7 Punkte (1/3), max. 50 Punkte

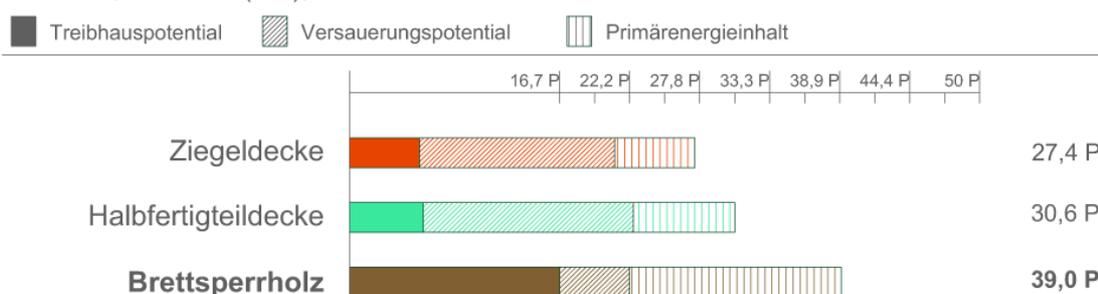


Abbildung 257: A2 Ökologische Bewertung

Die Kriterien der ökologischen Bewertung, die in dieser Arbeit betrachtet werden, sind das Treibhauspotential, das Versauerungspotential sowie der erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergieinhalt.

Um einer Erderwärmung entgegen zu wirken, sollte das Treibhauspotential, welches in Relation zu CO₂ dargestellt wird, eines Materials möglichst niedrig sein.⁴⁸⁷ Bei den zur Bewertung stehenden Bausystemen ist vorallem beim Brettsperrholz das Treibhauspotential sehr niedrig. Im Vergleich dazu ist es bei der Ziegeldecke und der Halffertigteildecke relativ hoch. Das Treibhauspotential wird mit der CO₂-Speicherung betrachtet. CO₂-Speicherung bedeutet, dass der Wert nicht nur inkl. der Abgabe sondern auch inkl. der Aufnahme von CO₂ betrachtet wird.

Das Versauerungspotential zeigt das Säurebildungspotential in Relation zu SO₂ auf.⁴⁸⁸ Die Ziegeldecke und die Halffertigteildecke erzielen sehr gute, niedrige Werte. Brettsperrholz

487 vgl. Hegger 2007, S. 259

488 vgl. Verband Österreichischer Ziegelwerke 2016, Information, Ökologie, Ökobilanz Ziegel, Ökobilanz Grundlagen

4. Ergebnisse

besitzt ein höheres Versauerungspotential.

Der Gesamtbedarf, der bei der Herstellung eines Materiales genutzt werden muss, nennt sich Primärenergieinhalt. Dieser teilt sich in Energie aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Ressourcen.⁴⁸⁹ Bei der Gewichtung erzielt eine hohe Energie aus nicht erneuerbaren Ressourcen wenige Punkte während eine hohe Energie aus erneuerbaren Ressourcen eine hohe Punkteanzahl erreicht. Brettsper Holz erreicht hierbei die meisten Punkte, da es einerseits die geringsten Ressourcen in nicht erneuerbarer Energie und andererseits die höchsten Ressourcen in erneuerbarer Energie erzielt.

4.3.4 Aspekt 3: Aufwand und Chancen

Forschungsfrage: „Welches der drei Bausysteme besitzt die am Standort Österreich, Wien, besten architektonisch relevanten Eigenschaften unter den gewählten Rahmenbedingungen?“

A3 Aufwand und Chancen

mind. 16,7 Punkte (1/3), max. 50 Punkte

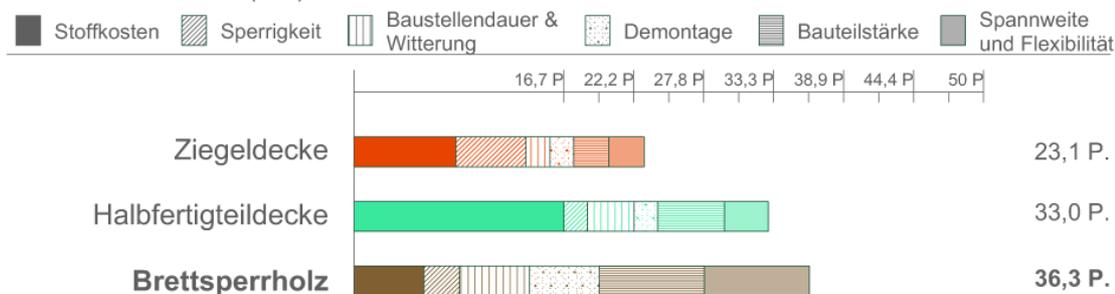


Abbildung 258: A3 Aufwand und Chancen

Architektonisch relevante Themen sind in dieser Arbeit die Stoffkosten, die Sperrigkeit der Elemente, die witterungsabhängige Baustellendauer, die Demontagemöglichkeit, die Bauteilstärke, die Spannweite und die Flexibilität. Die drei Instrumente des dritten Aspektes "Aufwand und Chancen", werden betitelt als Kosten, Herstellung und Baustelle sowie Planung und Vermietung. Am besten schneidet die Brettsper Holzdecke, dicht gefolgt von der Halbfertigteildecke, ab.

Die Betrachtung des ersten Instrumentes Kosten, welches die Materialkosten bzw.

489 vgl. Mötzl, Sutter 2015

Listenpreise inkl. der notwendigen Dämmelemente beinhaltet, zeigt klar die günstigste Variante, welche mit großem Vorsprung die Halffertigteildecke darstellt. Am kostenintensivsten ist die Brettsperrholzdecke, gefolgt von der Ziegeldecke.

Die Sperrigkeit der Elemente, die Baustellendauer, die Witterungsabhängigkeit und die Demontage sind Felder des Instrumentes Herstellung und Baustelle. Bei der Sperrigkeit werden die max. Länge und das höchste Gewicht eines Elementes betrachtet. Die größte Sperrigkeit liefert aufgrund des max. Gewichtes pro Element die Halffertigteildecke, während die maximale Länge eines Elementes bei der Brettsperrholzdecke vorkommt. Durch die höhere Rohdichte von Stahlbeton, ist das Gewicht natürlich auch höher. Die Ziegeldecke bietet eher kleinteilige Elemente. Dadurch ist die witterungsabhängige Baustellendauer bei der Ziegeldecke auch am höchsten. Der hohe Vorfertigungsgrad ermöglicht beim Brettsperrholz eine relativ kurze Montagedauer auf der Baustelle. Die Demontagefähigkeit lässt die Brettsperrholzdecke weitere Punkte erreichen. Meistens werden die demontierten Elemente jedoch zur Energiegewinnung herangezogen.

Beim Instrument Planung und Vermietung (Bauteilstärke, Spannweite und Flexibilität) liegt Brettsperrholz punktemäßig vorne. Die geringe Bauteilstärke, welche inkl. der notwendigen Dämmung dargestellt wird, ist ein klarer Vorteil von Brettsperrholz. Die benötigte Dämmung sollte insbesondere beim Dach nicht unterschätzt werden. Bei der Spannweite wird die theoretische Spannweite bzw. die max. Lieferlänge betrachtet. Auch hier geht Brettsperrholz als klarer Gewinner hervor. Die Flexibilität als zweiachsig gespannter Bauteil, im Gegensatz zur einachsigen Spannung bei den anderen Bausystemen, verhilft Brettsperrholz zu Punkten.

4.4 Bewertung der tragenden Bausysteme – Wand und Decke



Abbildung 259: Bewertung Bausysteme

Forschungsfrage: „Welche Instrumente sind schlussendlich ausschlaggebend für die Wahl eines Bausystems“

Sowohl bei der Bewertung der Wand wie auch bei der Decke, fiel die Wahl auf das Brettsperrholz. Bei der Betrachtung der Instrumente waren vor allem die Kriterien innerhalb der thermischen und akustischen Eigenschaften relevante Bereiche zur Sammlung von Punkten. Die Kompatibilität von den Bausystemen und Holzleichtbeton spielt dort eine wichtige Rolle. Genau hier zeigt sich eine gute Verbundmöglichkeit zwischen Brettsperrholz und Holzleichtbeton. Deshalb war der Aspekt 1: Verbesserungen durch Holzleichtbeton, die größte Möglichkeit die Punkteanzahl zu verbessern und somit der wichtigste Aspekt mit den relevantesten Instrumenten (Brand-, Wärmeschutz, flächenbezogene Masse, bewertetes Schalldämmmaß).

Punkte

mind. 66,7 Punkte (1/3), max. 200 Punkte

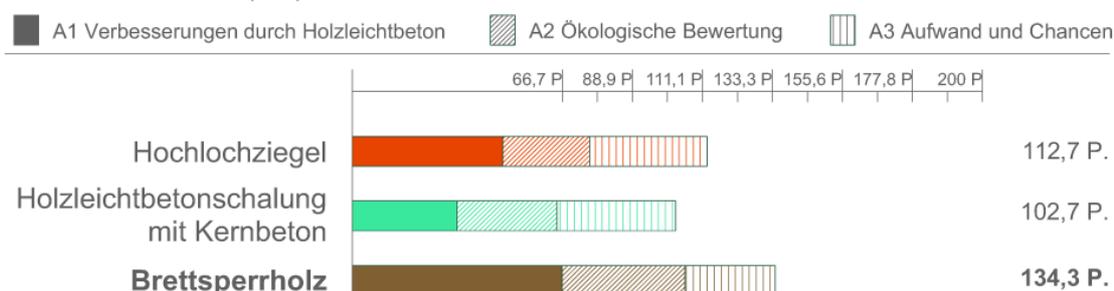


Abbildung 260: Gesamtpunkte Wand

Besonders viele Punkte konnte die Brettsperrholzwand bei den Schallschutzthemen (flächenbezogene Masse, bewertetes Schalldämmmaß) erreichen. Bei der ökologischen Bewertung waren das Treibhauspotential und der Primärenergieinhalt wichtige Instrumente zur Ansammlung von Punkten für das Brettsperrholz. Weniger ausschlaggebend, aber dennoch gut bewertet wurden die Möglichkeit der Demontage, die geringen Bauteilstärken, die aufgrund der hohen Vorfertigung kurzen Baustellentätigkeiten und die dadurch entstehende Witterungsunabhängigkeit beim Brettsperrholz.

Punkte

mind. 66,7 Punkte (1/3), max. 200 Punkte

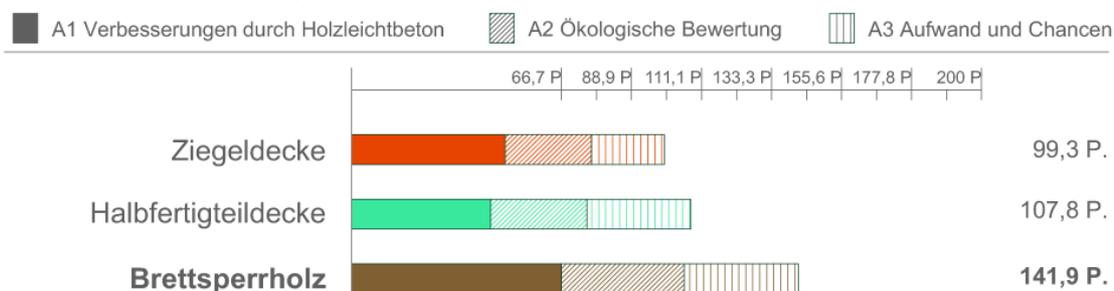


Abbildung 261: Gesamtpunkte Decke

Ein wichtiges, ausschlaggebendes Instrument zur Wahl der Brettsperrholzdecke war auch hier die gute Kompatibilität mit Holzeleichtbeton durch z.B. das opake bewertete Schalldämmmaß des Dachs. Der bewertete Standard-Trittschallpegel war hingegen nicht ausschlaggebend, da hier allen Bausystemen ein guter Verbund mit Holzeleichtbeton vorausgesagt wurde. Bei der ökologischen Bewertung liegt, wie auch bei der Bewertung der Wand, Brettsperrholz insbesondere beim Treibhauspotential und beim Primärenergieinhalt deutlich vorne. Weitere durchaus wichtige, aber punktemäßig nicht ausschlaggebende Instrumente sind die Fähigkeit der Demontage, die möglichen

4. Ergebnisse

geringen Bauteilstärken für die Geschoßdecken und das Dach und die durch die Vorfertigung ermöglichte kurze Baustellendauer und Witterungsunabhängigkeit von Brettsperholz.

4.5 Verwendung Holzleichtbeton



Abbildung 262: Übersicht Holzleichtbeton

4.5.1 Bewertungssystem

Holzleichtbeton wird in dieser Arbeit als verlorene Schalung, als Fassadenelement, als Wandbekleidung, als Trockenestrich und als Montagedecke verwendet. Bewertet wurden diese Anwendungsbereiche mit verwendungsspezifischen Instrumenten, z.B. die Feuchtigkeitsresistenz, die konstruktiven Anforderungen, etc. .

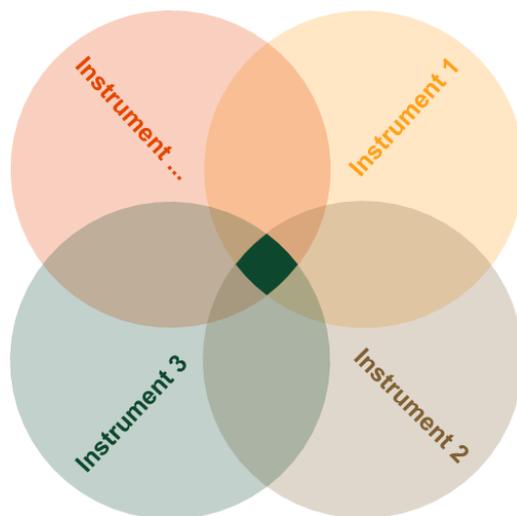


Abbildung 263: Bewertungskriterien

Das Plattenelement, welches schlussendlich die meisten Punkte erlangt, muss immer innerhalb einer Bandbreite von 35 % rangieren. Plattenelemente, die darüber oder darunter sind, werden nicht weiter in die Bewertung einfließen. Dies ermöglicht Systemen nicht den Sieg, die großteils schlechte Eigenschaften aufweisen und nur in ein bis zwei Bereichen eine sehr hohe Punktzahl erlangen. Alle Produkte die weiterkommen, haben die Anforderungen erreicht.



Forschungsfrage: „Welche Instrumente sind für die Wahl eines Holzleichtbetonbestandteiles von Bedeutung?“

4.5.2 Anwendungsbereich 1: Verlorene Schalung

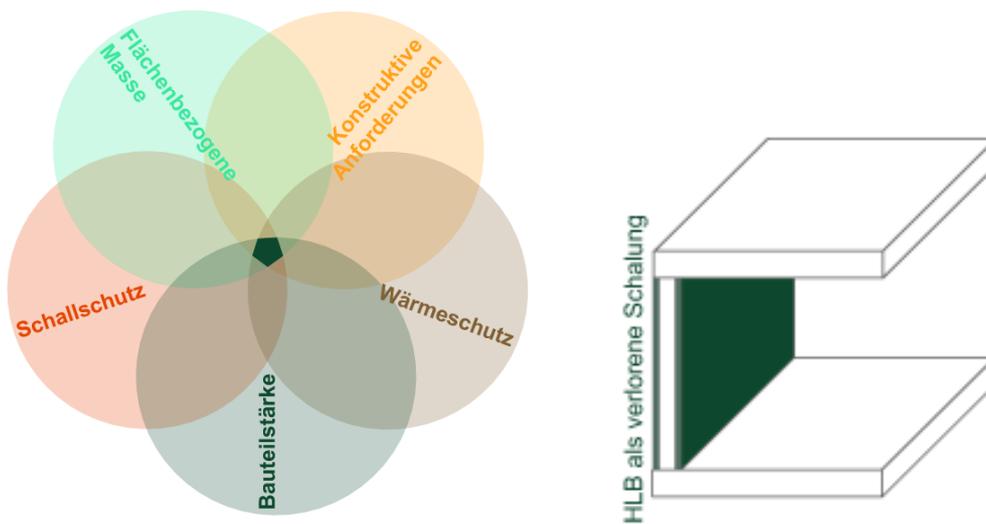


Abbildung 264: Entscheidungskriterien

Das erste Instrument heißt konstruktive Anforderungen. Diese müssen natürlich an ein tragendes System gestellt werden, um die Kräfte auch in den Untergrund einleiten zu können. Weiters ist die Erreichung eines gesetzlich benötigten Wärmeschutzes für ein Außenwandelement klar von Nöten. Ein weiteres Instrument ist die Bauteilstärke, da durch eine hohe Dicke Mietfläche verloren geht und unnötige Kräfte in den Untergrund eingeleitet werden. Der Schallschutz, welcher mithilfe des bewerteten Schalldämmmaß ermittelt wird, ist ein wichtiges Instrument zur Bewertung einer Außenwand. Nachdem der benötigte Schallschutz sichergestellt wurde, sollte die Wand aber eine so geringe wie mögliche flächenbezogene Masse besitzen, um wiederum die Lasten, die in den Untergrund eingeleitet werden, in Grenzen zu halten. Der Brandschutz wird nicht aufgeführt, da alle Holzleichtbetonwandschalungssysteme mit Füllbeton die erforderliche Feuerwiderstandsdauer erfüllen.

4.5.3 Anwendungsbereich 2: Fassadenelement

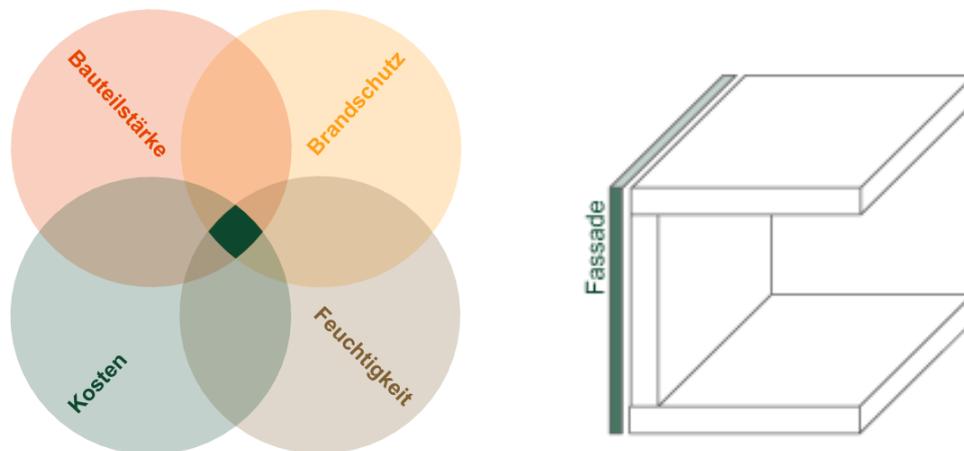


Abbildung 265: Entscheidungskriterien

Als erstes Instrument dient der Brandschutz. Außenschichten des Fassadensystems müssen ein gewisses Brandverhalten schaffen, um gemäß den gesetzlichen Erfordernissen überhaupt als Fassadenelement ausgeführt werden zu können. Die Feuchtigkeitsresistenz, ausgedrückt in einer hohen Rohdichte, ist ein Instrument zur Darstellung der Feuchtigkeitsaufnahme und der schnellen Wiederabgabe dieser. Die Kosten spielen immer einen wichtigen Faktor bei der Wahl von Materialien. Weiters führt eine hohe Plattenstärke zu einer unnötigen Überdimensionierung der Fassadenunterkonstruktion und sollte vermieden werden.

4.5.4 Anwendungsbereich 3: Wandbekleidung / Montagedecke

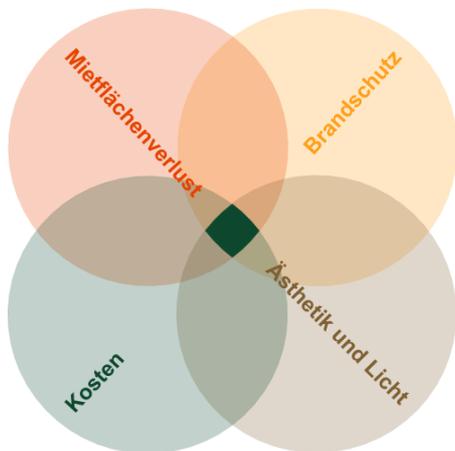
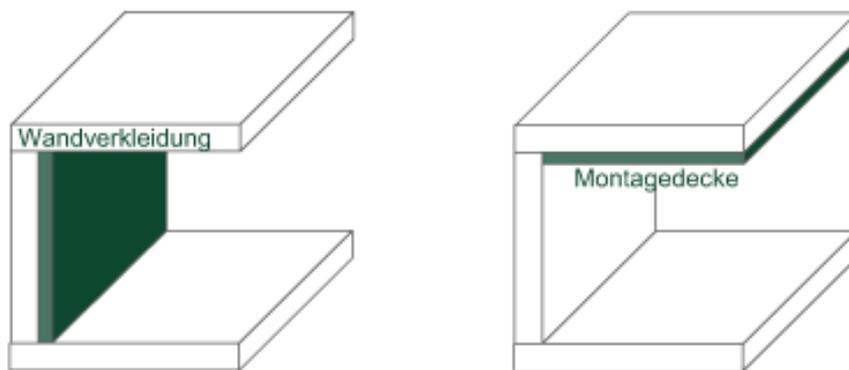


Abbildung 266: Entscheidungskriterien



Für die Wandbekleidung und die Montagedecke gelten dieselben Instrumente, da sie beide sichtbare Plattenelemente im Innenraum darstellen. Die Bewertung erfolgt mithilfe von vier Instrumenten. Wandbeläge und abgehängte Decken müssen unter den gesetzlichen Rahmenbedingungen ein Mindestmaß an Brandverhalten gewährleisten. Deshalb ist das Instrument Brandschutz sehr wichtig. Die Eigenfarbigkeit von Holzleichtbeton ruft eine Behaglichkeit hervor, wenn Holzleichtbeton eine geringe Rohdichte und einen hohen Anteil an Holz aufweist. Die Kosten spielen auch hier eine wesentliche Rolle. Als letztes Instrument dient der Mietflächenverlust bzw. die Plattenstärke.

4.5.5 Anwendungsbereich 4: Trockenestrich

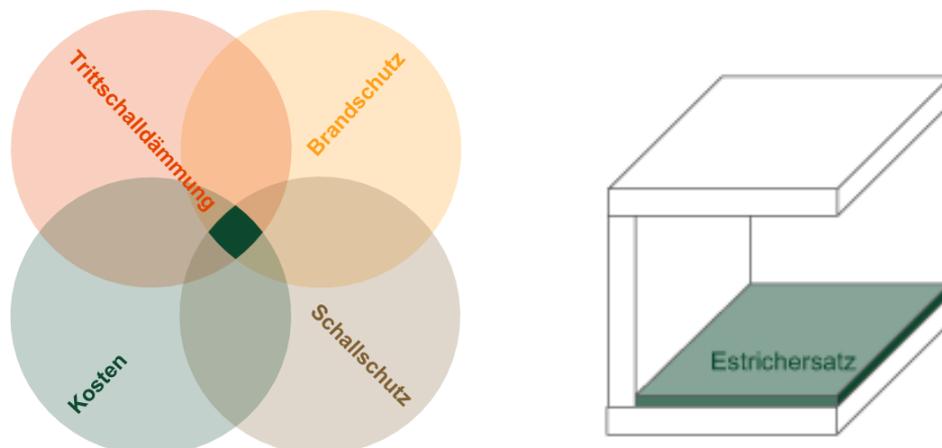


Abbildung 267: Entscheidungskriterien

Beim vierten Anwendungsbereich "Holzleichtbeton als Trockenestrich" ist natürlich wieder ein geeignetes Brandverhalten wichtig. Ein geeigneter (Tritt-)Schallschutz wird durch die Rohdichte bestimmt. Je höher diese ist, desto besser ist der Schallschutz. Weiters sind die Kosten ein wichtiges Instrument zur Erhaltung eines optimierten Ergebnisses. Das Plattenelement sollte einen guten Wärmeschutz aufweisen, welcher jedoch natürlich auch mit anderen Dämmungen erreicht werden kann, die vermutlich kostengünstiger sind. Die Bauteilstärke ist weniger von Belang, da die lichte Raumhöhe von mind. 2,50 Meter auf jeden Fall in diesem Kontext erreicht wird.

4.6 Bewertung Holzleichtbeton

Forschungsfrage: „Welche Instrumente sind schlussendlich ausschlaggebend für die Wahl eines Holzleichtbetonbestandteiles?“

4.6.1 Anwendungsbereich 1: Verlorene Schalung

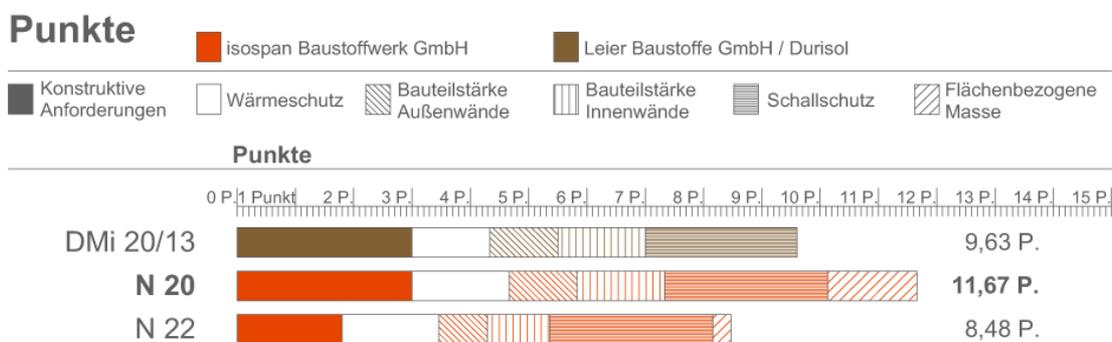


Abbildung 268: Punkteverteilung

Bei der Betrachtung der Mantelbetonsysteme, die bei allen Instrumenten innerhalb der Spannweite von 35 % liegen, zeigt sich das System N20 der Firma isospan Baustoffwerk GmbH als Gewinner und wird weiterverwendet als eines der drei Bausysteme. Es besitzt eine ausreichend konstruktive Bauteilstärke ohne überdimensioniert ausgeführt zu werden. Auch ein ausschlaggebendes Instrument war der Schallschutz, bei dem das System N20 sehr gut abschnitt. Bei den restlichen Elementen Wärmeschutz, Bauteilstärke und flächenbezogene Masse liefert dieses System auch gute Werte ab, die jedoch nicht ausschlaggebend für die Wahl waren.

4.6.2 Anwendungsbereich 2: Fassadenelement

Punkte

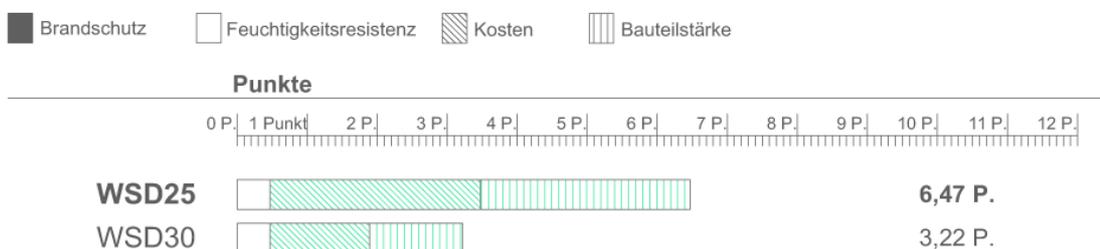


Abbildung 269: Holzleichtbeton als Fassadenelement: Punkte

Die wichtigsten Instrumente bei der ausgewählten Platte WSD25 der Firma Velox Werk GesmbH sind die Kosten und die Bauteilstärke. Bei der Feuchtigkeitsresistenz erreicht das Plattenelement eine geringe Rohdichte, die jedoch innerhalb der Spannweite von 35 % liegt und daher ausreichend ist. Beim Instrument Brandschutz, werden keine Punkte vergeben, da die Platte zwar die gesetzlich notwendigen Bestimmungen erfüllt, darüber aber nichts hinaus. Dies ist jedoch ausreichend.

4.6.3 Anwendungsbereich 3: Wandbekleidung / Montagedecke

Punkte

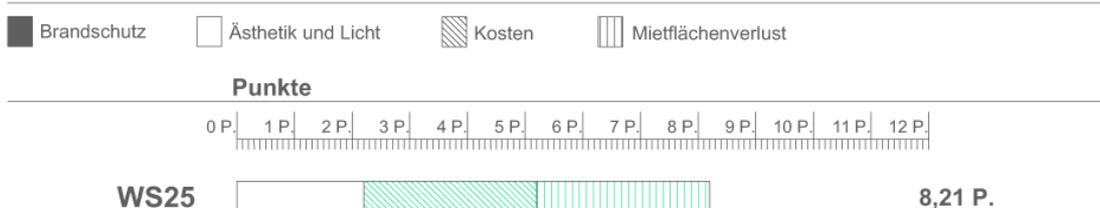


Abbildung 270: Holzleichtbeton als Wandverkleidung / als Montagedecke

Das Plattenelement WS25 der Firma Velox Werk GesmbH, das bei allen Instrumenten eine Bandbreite von 35 % einhält, zeigt bei drei Instrumenten sehr gute Ergebnisse. Die Vorteile liegen insbesondere bei den Kosten und dem geringsten Mietflächenverlust. Aber auch bei dem Instrument Ästhetik und Licht liefert das Element gute Eigenschaften ab. Beim Brandschutz erreicht die Platte nur das Mindestmaß und erzielt somit keine Punkte.

4.6.4 Anwendungsbereich 4: Trockenestrich

Punkte

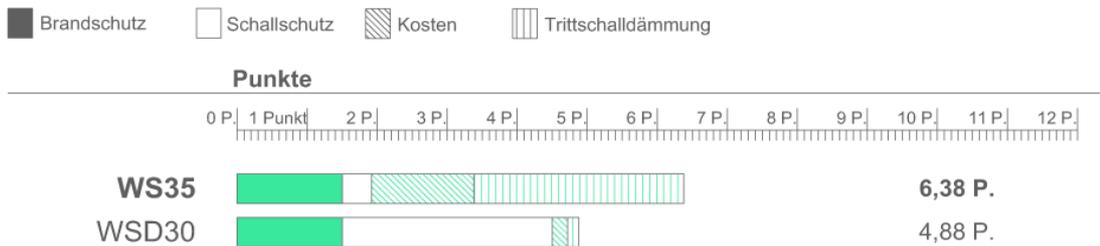


Abbildung 271: Holzleichtbeton als Estrichersatz

Die Auswahl fiel auf das Plattenelement WS35 der Firma Velox Werk GesmbH. Diese Platte konnte alle Instrumentenspannweiten erfüllen und schlussendlich die meisten Punkte erzielen. Ein ausschlaggebendes Instrument war vorallem die Trittschalldämmung bzw. der Wärmeschutz. Ebenso gut schneidet die Platte bei den Instrumenten Brandschutz und Kosten ab.

5. Diskussion der Ergebnisse

Hypothese: „Es zeigt sich, dass auch relativ neuartige Plattensysteme wie z.B. Holzleichtbeton, keine neuartigen tragenden Systeme brauchen, um sie einsetzen zu können. Stattdessen hilft Holzleichtbeton konventionellen Bausystemen deren Problemen zu minimieren.“

Stärken

Eine Stärke von Holzleichtbeton ist der nachgewiesene, starke Verbund von Holzleichtbeton mit konventionellen Bausystemen, insbesondere mit Brettsperrholz. Die Nachteile von Holz sind die Vorteile von Holzleichtbeton. Insbesondere bei schallschutzrelevanten Themen, d.s. das bewertete Schalldämmmaß, das bewertete Standard-Trittschalldämmmaß, die flächenbezogene Masse, ist Brettsperrholz im Vergleich zu den anderen beiden Bausystemen sowohl bei den Wänden als auch bei den Decken, klar im Nachteil. Grund hierfür ist vor allem die geringe Rohdichte von Holz. Holzleichtbeton kann den Schallschutz beim Brettsperrholz durch Entkopplung verbessern. Daher zeigt sich diese Hypothese als erwiesen. Auch die besondere Eigenfarbigkeit und Struktur der Plattenelemente bieten ein ästhetisch ansprechendes Verwendungspotential. Holzleichtbeton dient auch als Lärmschutzelement im Außenraum, was wiederum die positiven Eigenschaften dieses Materials im Schallschutz widerspiegelt.

Umweltrelevante Themen sind wichtige Entscheidungskriterien zur Auswahl von Materialien. Eine Stärke von Brettsperrholz ist es, diese Themen auch zu erfüllen. Brettsperrholz hält durch die Vorfertigung, die Großteiligkeit der Elemente und der dadurch entstehenden kurzen Witterungsabhängigkeit, die Montagedauer auf der Baustelle relativ kurz. Brettsperrholz kann demontiert werden, auch wenn das Material nach dem Lebenszyklus oft nur energetisch genutzt wird. Die benötigte Bauteilstärke ist relativ gering, da durch die geringe Rohdichte weniger Lasten in die unteren Geschoße eingeleitet werden müssen.

Schwächen

Eine Schwäche von Holzleichtbeton liegt im alleinigen Wärmeschutz. Holzleichtbeton sollte nicht als einziges Wärmedämmmaterial eingesetzt werden kann, da dies zu unwirtschaftlichen und hohen Bauteilstärke führt. In dieser Arbeit wurde im Außenwandbereich und bei den Decken auf herkömmliche Dämmungen zurückgegriffen. Holzleichtbeton kann die Dämmfähigkeit jedoch verbessern.

Eine weitere Schwäche von Holzleichtbeton rührt daher, dass auch Holzleichtbeton seine Grenzen in Bezug auf Schall- und Brandschutz aufweist. Ob die Verwendung von Holzleichtbeton alle schall- und brandschutztechnischen Nachteile von z.B. Brettsper Holz auch in vollem Masse erfüllt, ist mit dieser Arbeit nicht beantwortet. Als erwiesen gilt, dass Holzleichtbeton die Nachteile verringert.

Eine Schwäche des Brettsper Holzes liegt vor allem bei den Materialkosten. "Unnötige" Kosten spielen für den Bauherrn immer eine wesentliche Rolle, die es zu vermeiden gilt. Durch den hohen Vorfertigungsgrad von Brettsper Holz ist die Planung im Werk komplexer als bei anderen Bausystemen.

Chancen

Chancen bestehen dahingehend, dass weiter mit Holzleichtbeton geforscht und experimentiert wird und somit weitere Verwendungsmöglichkeiten gefunden werden können. Insbesondere weitere Verbundmöglichkeiten mit anderen Materialien können die Schwächen der einen, mit den Stärken der anderen ausgleichen. Die verschiedensten Kombinationen können einen neuen Markt erschließen. Holzleichtbeton bietet Gestaltungsmöglichkeit, die Abwechslung in die Plattenprodukte bringt. Insbesondere im Wohnbau, wo Holzleichtbeton sehr selten eingesetzt wird, bestehen gute Chancen für die Verwendung als ästhetisch ansprechendes Material. Eventuell muss noch der Bekanntheitsgrad bzw. das Bewusstsein das Holzleichtbeton im Brand-, Schall- und Wärmeschutz eine gute Alternative zu anderen Produkten, z.B. Gipskartonplatten, weiter forciert werden.

Risiken

Momentan besteht das Risiko, dass die Plattenelemente von Holzleichtbeton aufgrund der vielfältigen Konkurrenzprodukte, d.s OSB-Platten, Gipskartonplatten, etc., immer zweite Wahl bleiben werden. Die Befürchtung, dass insbesondere die Planer vermehrt auf konventionelle Produkte, z.B. Gipskartonplatten, zurückgreifen, um brand- und schallschutztechnische Problemstellungen in Gebäuden zu lösen. Dies geschieht eventuell aus dem ungeahnten Potential von Holzleichtbeton.

6. Zusammenfassung

6.1. Grundlagenermittlung

Im ersten Kapitel „Einleitung“ werden die grundlegenden Aspekte dieser Arbeit dargelegt. Das Thema dieser Diplomarbeit wurde gewählt, um das Material Holzleichtbeton (wieder) mehr in den Fokus zu stellen und dessen Vorteile, insbesondere mit einem Verbund eines konventionellen Bausystems, darzulegen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Bausysteme (Mauerwerk, Stahlbeton, Holz) durch Holzleichtbetonbestandteile zu verbessern und die Ergebnisse aufzuzeigen. Diese Aufgabe ist praxisbezogen mit Produkten, die derzeit auf dem Markt vorkommen, dargelegt.

Das zweite Kapitel zeigt die Eigenschaften von Holzleichtbeton. Die aktuelle Situation am Markt für Produkte, die Holz als Zuschlag und einem Bindemittel auf mineralischer Grundlage produzieren, bietet drei verschiedene Plattenarten. Diese sind die Holzwolle-Leichtbauplatte, die zementgebundene Spanplatte und die Holzspanbetonplatte. Grundsätzlich zählen alle Produkte bzw. Plattenelemente mit einer relativ geringen Rohdichte, die aus einem mineralischen Bindemittel und Holz als Zuschlag bestehen, als Holzleichtbeton. Der Begriff Holzleichtbeton kann jedoch auch differenzierter betrachtet werden. Beim Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 17, wird explizit Holzspanbeton als Holzbeton bezeichnet. Die Holzwolle-Leichtbauplatte unterscheidet sich durch ihr stoffliches Gefüge, ihre Oberflächenstruktur und durch ihre Anwendung von Holz(span)beton. Weiters stellt die Rohdichte zur Einteilung von Materialien eine Entscheidungshilfe dar.⁴⁹⁰ Im Bewusstsein, dass die Definition des Wortes "Holzleichtbeton" eine Auslegungssache ist, wurde in dieser Arbeit hauptsächlich Holzspanbeton als Holzleichtbeton bezeichnet.

⁴⁹⁰vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S. 4-7

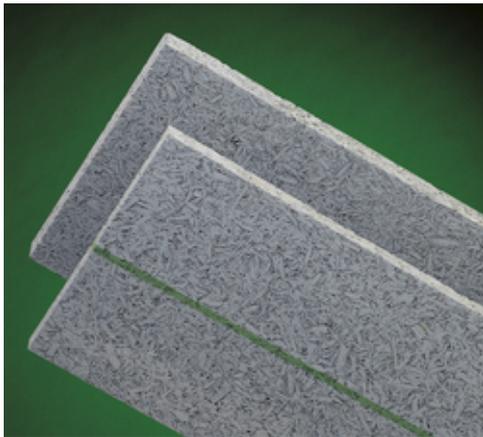
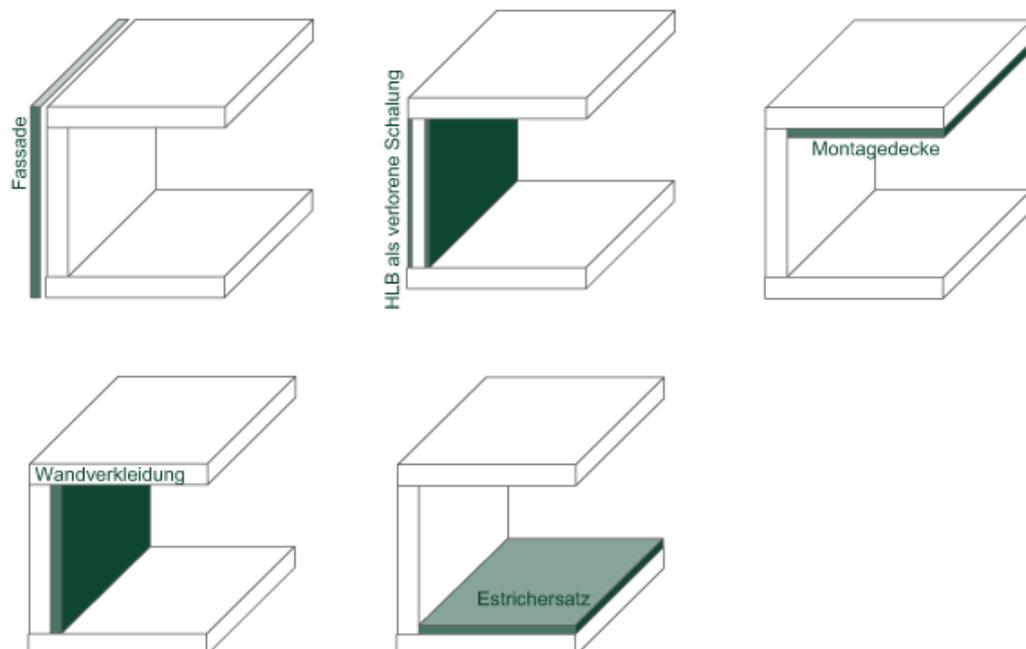


Abbildung 272: Holzleichtbeton, Firma Velox

491

Holzleichtbeton besteht aus einem Gemenge von Zement, Sägespänen bzw. -mehl, Wasser und Additiven und zählt aufgrund seiner geringen Rohdichte zu den Leichtbetonen.⁴⁹² Die in dieser Arbeit betrachteten Einsatzmöglichkeiten von Holzleichtbeton sind in der Gebäudehülle als Fassadenplatte, als Schalung mit konstruktiver Unterstützung des Füllbetons, im Innenraum als Montageplatte, als Wandverkleidung und als Estrichersatz.



491 Abb. 272: Velox Werk GesmbH 2017, Produkte Leistungen, Wohnbau / Hochbau, Mantelbetonprodukte

492 vgl. Krippner, Niebler, Issig 2009, S 1-4

6. Zusammenfassung

Um die Verbindungsmöglichkeiten von Holzleichtbeton und einem tragenden System praxisnah zu eruieren, mussten Rahmenbedingungen (Kapitel 3.1.) untersucht und ein Gebäude konstruiert werden. Dieses Gebäude ist ein Wohngebäude, welches in Österreich, Wien, stehen soll. Die Notwendigkeit der Gebäudeklasse 5 in der Bauklasse IV oder V⁴⁹³ ist bei sechs oberirdischen Stockwerken vorhanden.

Die Tragstruktur ergibt sich aus dem Untergeschoß bzw. den benötigten Parkplatzgrößen und wird in der Breite verkleinert bis ins 5. Obergeschoß weitergeführt.

Untergeschoß

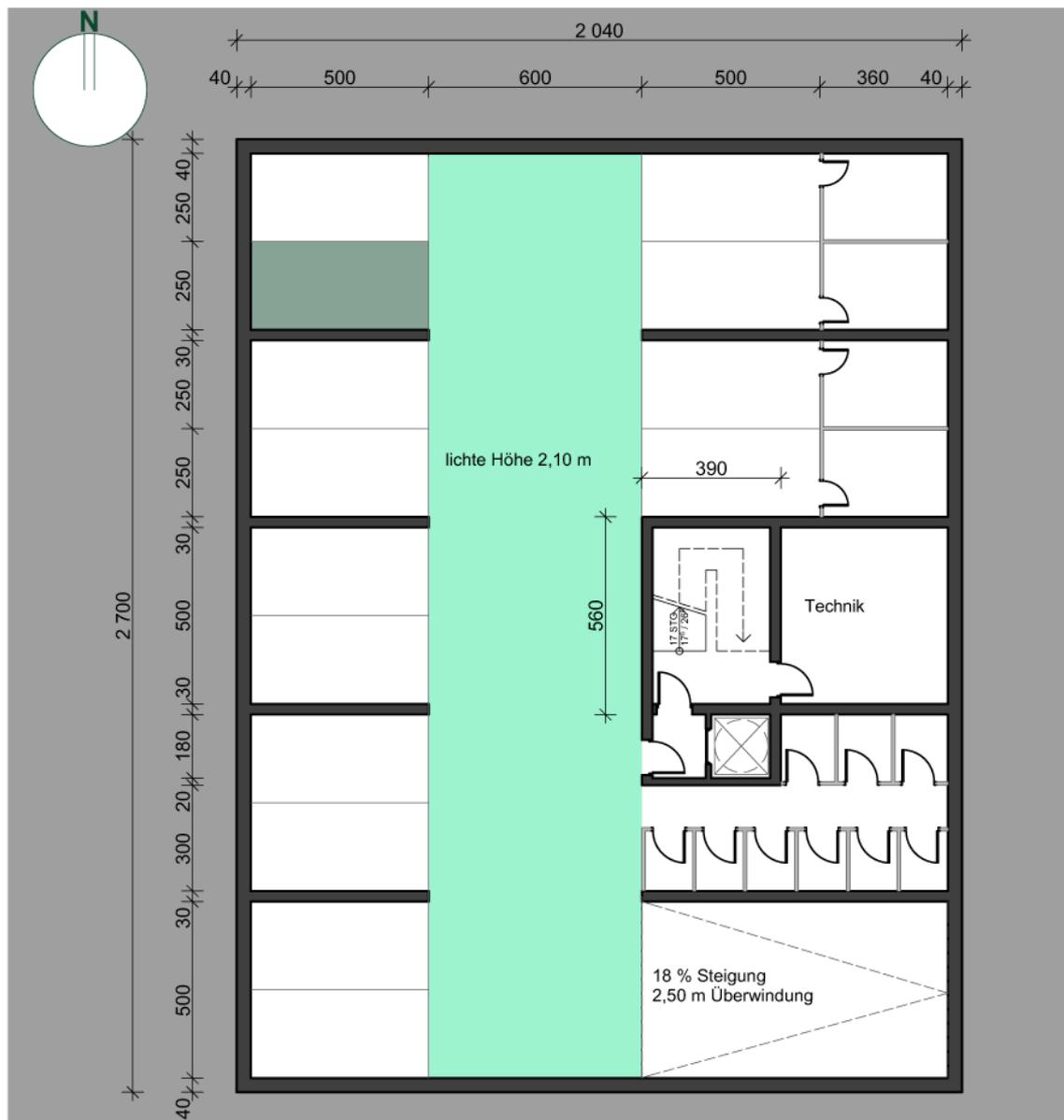


Abbildung 273: Untergeschoß, Parkplatzgrößen 1:200

493 vgl. Landesrecht Wien 2016, § 75 Abs. 2

Regelgeschoß

Tragstruktur



- Bausystem
- Stahlbeton
- Leitungsführung

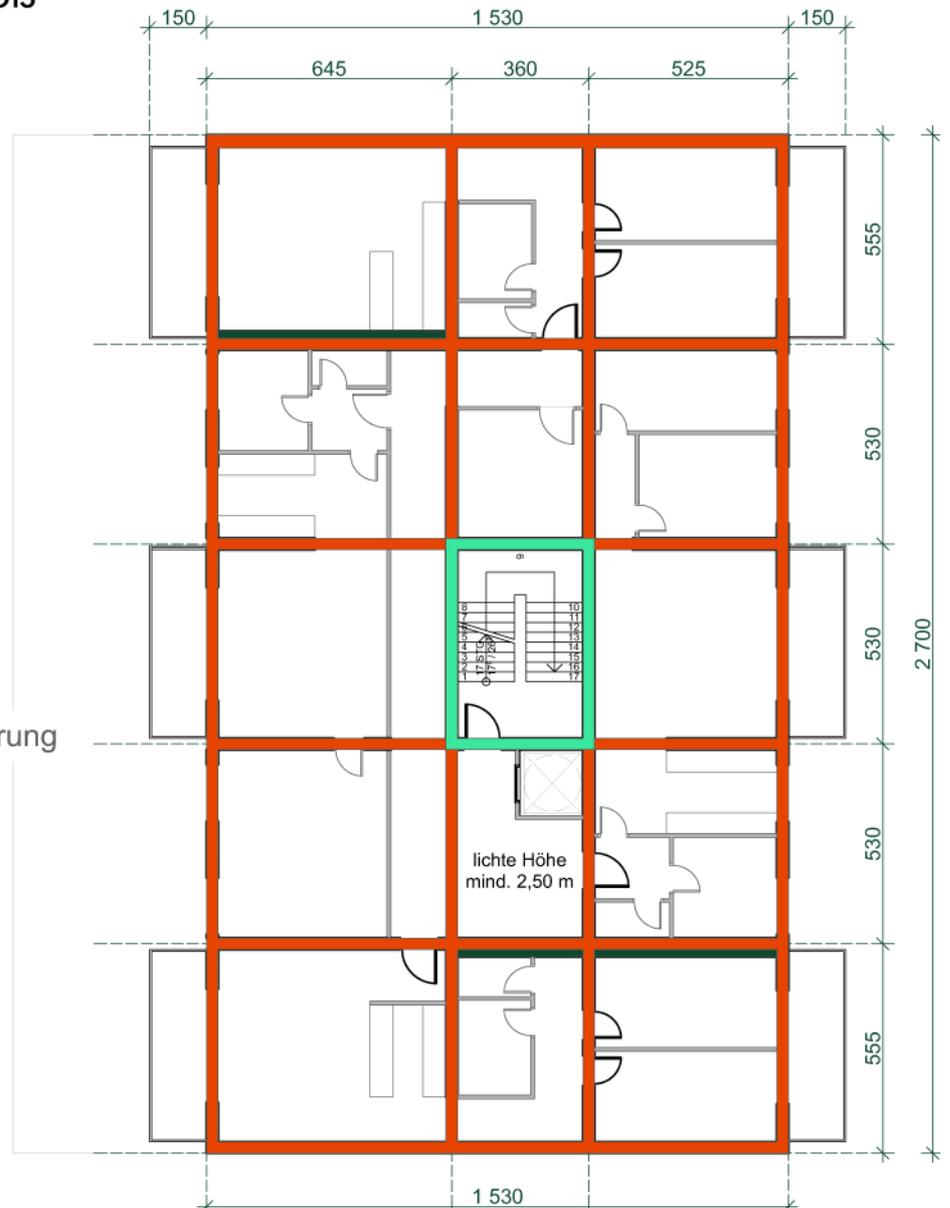


Abbildung 274: Tragstruktur 1:200

Der Stiegenhauskern wird aus Brandschutzgründen in Stahlbeton ausgeführt, um insbesondere Holz keine erheblichen Nachteile bei der Bewertung der Bausysteme anzulasten.

Schnitt

Tragstruktur

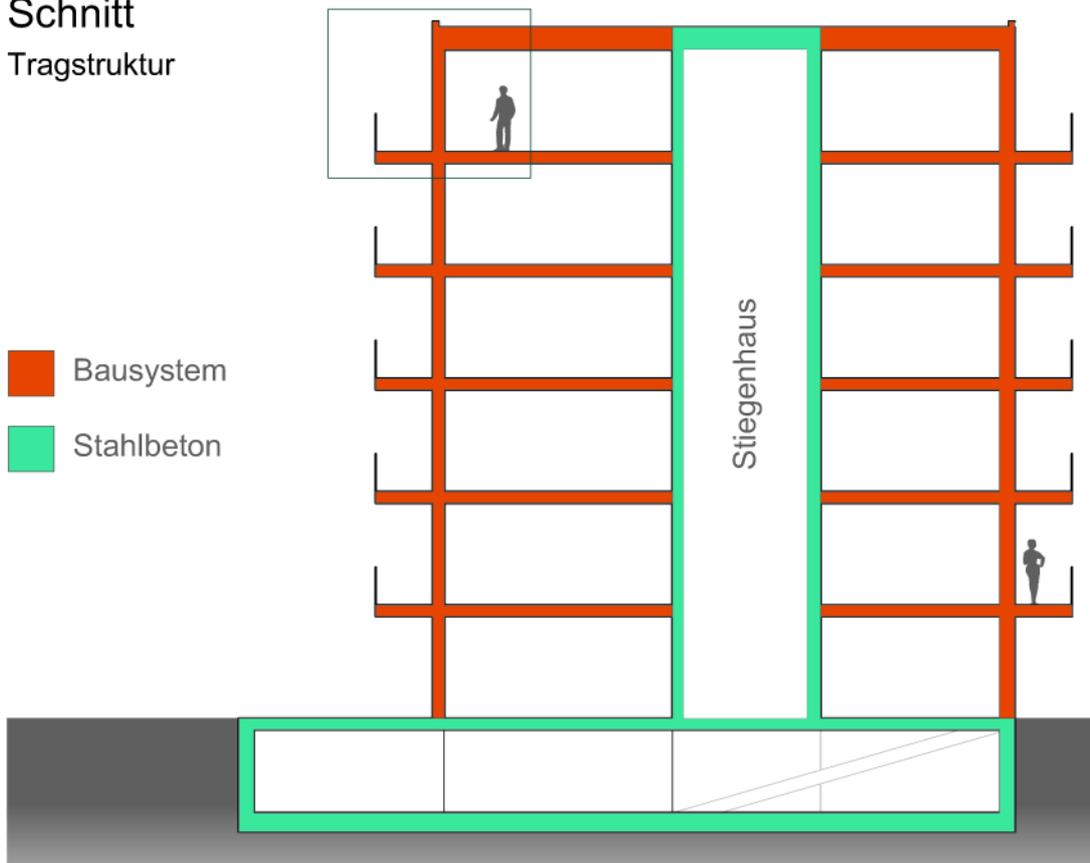


Abbildung 275: Tragstruktur Schnitt 1:200

In Bezug auf den Verbund von Holzleichtbeton und dem tragenden Bausystem wird ein Bauteilausschnitt im 5. Obergeschoß näher betrachtet. Die wichtigen Punkte für ein Gebäude, sind der Wärmeschutz, der Brandschutz, der Schallschutz und sonstige Vorschriften gemäß Belichtung und Raumhöhe lt. OIB-Richtlinie 2015.

Die Kapitel 3.2.1 bis 3.2.4. Konventionelle Bausysteme zeigen die Eigenschaften und möglichen Tragsysteme von Mauerwerksbau, Stahlbetonbau und Holzbau auf. Mit diesen Kapiteln wird die Grundlagenermittlung abgeschlossen.

6.2. Ergebnisse

Nach der Grundlagenermittlung werden die drei Bewertungsphasen durchgeführt. Diese sind die interne Vorauswahl der Bausysteme, die Bewertung der drei Bausysteme und die Bewertung von Holzleichtbeton als verlorene Schalung, als Fassadenelement, als Wandverkleidung, als Unterdecke und als Estrichersatz.

6.2.1 Vorauswahl der Bausysteme

Die erste Bewertungsphase ist die Vorauswahl der Bausysteme. Sie wurde durchgeführt, um das für diesen Kontext passende Tragsystem des Mauerwerksbaus, des Stahlbetonbaus und des Holzbaus zu finden.

Betrachtet werden die Außen- und Innenwände sowie die Geschößdecken und das Dach. Die Auswahl erfolgte bei der Wand wie auch bei der Decke durch vier Entscheidungskriterien. Das Tragsystem muss ein konventionelles Bausystem und eine Massivbauweise sein. Auch der Vorfertigungsgrad muss üblich sein. Es wird ein System gewählt, welches die geringste Bauteilstärke aufweist.

6.2.1.1 Wand

Kriterien	Mauerwerksbau	Stahlbetonbau	Holzbau
	Hochlochziegel Porotherm 17-50 Plan (3.-5. OG) Porotherm 30 Plan (EG-2. OG) Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	HLB-Schalung mit Füllbeton N20 (für alle Geschoße) Firma Isospan Baustoffwerk GmbH	Brettsperrholz CLT160mm (4.-5. OG) CLT180mm (3. OG-EG) Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 276: Instrumente und Ergebnisse – Vorauswahl Wand

Beim Mauerwerksbau wird aufgrund der genannten Entscheidungskriterien das

6. Zusammenfassung

einschalige Ziegelmauerwerk (Hochlochziegel) ausgewählt. Bei den oberen drei Geschossen wird der Porotherm 17-50 Plan verwendet. Die unteren drei Geschosse werden mit dem Porotherm 30 Plan ausgeführt. Die Ziegel werden von der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH bezogen.

Die interne Vorauswahl fiel beim Stahlbetonbau auf eine Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton für alle Geschosse. Diese Entscheidung fiel aufgrund des Verwendungspotentials von Holzleichtbeton als mithelfendes konstruktives Element und aufgrund der oben genannten Kriterien. Es wird das System N20 der Firma Isospan Baustoffwerk GmbH für alle Geschosse verwendet.

Beim Holzbau wird das Brettsperrholz verwendet. Für die oberen beiden Geschosse wird das Brettsperrholz mit einer Bauteilstärke von 16 cm genutzt während in den restlichen Geschossen eine Bauteilstärke von 18 cm notwendig ist. Als Lieferant dient die Firma Stora Enso Wood Products GmbH.

6.2.1.2 Decke

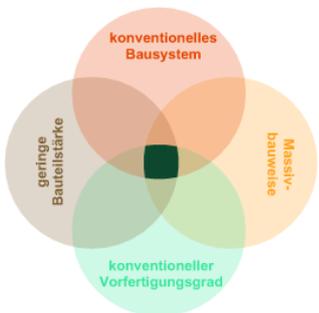
Kriterien	Mauerwerksbau	Stahlbetonbau	Holzbau
	Rippenziegeldecke Deckenträger, Einlageziegel, Aufbeton (für alle Geschosse) Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH	Halbfertigteildecke / Elementdecke VSE8+8 (für alle Geschosse) Firma Oberndorfer GmbH & Co KG	Brettsperrholz CLT140mm (Dach) CLT160mm (Geschossdecken) Firma Stora Enso Wood Products GmbH

Abbildung 277: Instrumente und Ergebnisse - Vorauswahl Decke

Beim Mauerwerksbau wird aufgrund der Entscheidungskriterien auf die Rippenziegeldecke zurückgegriffen. Sie besteht aus Deckenträger, aus Einlageziegel 45/17 oder 60/17 (je nach Spannweite) und 5 cm Aufbeton. Die Ziegeldecke wird von der Firma Wienerberger Ziegelindustrie GmbH bezogen.

Die Halbfertigteildecke bzw. die vorgespannte Elementdecke wird im Stahlbetonbau ausgewählt. Für alle Geschossdecken und das Dach wird das System VSE8+8 der Firma Oberndorfer GmbH & Co KG verwendet.

Beim Holzbau fiel die Auswahl auf das Brettsperrholz, welches von der Firma Stora Enso Wood Products GmbH geliefert wird. Für das Dach ist eine Bauteilstärke von 14 cm nötig während für die fünf Geschoßdecken eine Dicke von 16 cm verwendet wird.

6.2.2 Bewertung der tragenden Bausysteme

In der zweiten Bewertungsphase wird die getroffene Vorauswahl der ersten Phase mithilfe von Instrumenten bewertet und gewichtet.

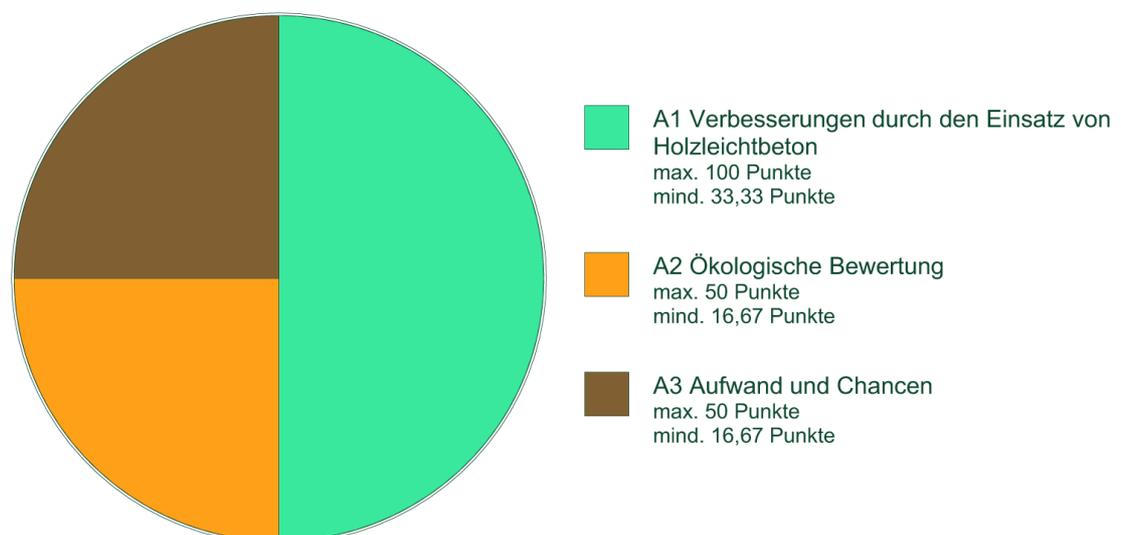


Abbildung 278: Aspekte und Gewichtung

Es gibt drei Aspekte, die aus Instrumenten bestehen.

Der erste Aspekt „Verbesserungen durch den Einsatz von Holzleichtbeton“ ist das wichtigste Kriterium und wird daher mit doppelten Punkten gewichtet. Je höher das Verbesserungspotential der Bausysteme durch die Verwendung von Holzleichtbeton, desto mehr Punkte können erreicht werden. Das bedeutet, dass z.B. ein Bausystem mit einem ungenügenden Schallschutz mehr Punkte erreicht als ein Bausystem mit einem guten Schallschutz, da Holzleichtbeton hier helfend eingreifen kann.

Der zweite Aspekt beinhaltet Instrumente zur Erfassung der ökologischen Einflussnahme bei der Verwendung der einzelnen Bausysteme.

In den dritten Aspekt „Aufwand und Chancen“ fallen die Kosten der Bausysteme, der Aufwand für die Zeit auf der Baustelle und die Vermietungs- bzw. Verkaufspotentiale der Wohnungen.

6.2.2.1 Wand

Kriterien (max. 200 Punkte)	Hochlochziegel	HLB-Schalung mit Füllbeton	Brettsper Holz
Thermische Eigenschaften max. 50 Punkte	16,6 P	16,6 P	16,6 P
Brandschutz max. 25 Punkte			
Wärmeschutz max. 50 Punkte			
Akustische Eigenschaften max. 50 Punkte	31,4 P	16,7 P	50,0 P
Flächenbezogene Masse max. 25 Punkte			
Schalldämmmaß max. 25 Punkte			
Ökologische Bewertung max. 50 Punkte	27,6 P	31,9 P	39,0 P
Treibhauspotential max. 16,7 Punkte			
Versauerungspotential max. 16,7 Punkte			
Primärenergieinhalt max. 16,7 Punkte			
Kosten max. 16,7 Punkte	14,7 P	16,7 P	5,6 P
Stoffkosten - Listenpreise max. 16,7 Punkte			
Herstellung und Baustelle max. 16,7 Punkte	9,4 P	10,6 P	12,1 P
Sperrigkeit der Elemente max. 5,6 Punkte			
Baustellendauer und Witterung max. 5,6 Punkte			
Demontage max. 5,6 Punkte			
Planung und Vermietung max. 16,7 Punkte	13,0 P	10,3 P	11,0 P
Bauteilstärke max. 8,3 Punkte			
Planung und Flexibilität max. 8,3 Punkte			
Gesamtpunkte max. 200 Punkte	112,7 P	102,7 P	134,3 P

Abbildung 279: Instrumente und Ergebnisse - Bewertung Wand

Die Auswahl für die tragende Wand fällt auf das Brettsper Holz. Der ausschlaggebende Punkte sind die „schlechteren“ akustischen Eigenschaften von Brettsper Holz im Vergleich zu den anderen beiden Bausystemen. Diesen Nachteil kann Holzleichtbeton verbessern, somit ist ein Verbund von Brettsper Holz und Holzleichtbeton zur Verbesserung von

schallschutzrelevanten Themen sehr sinnvoll. Auch bei der ökologischen Bewertung und bei der Herstellung und beim geringsten Baustellenaufwand schneidet Brettsperrholz sehr gut ab.

6.2.2.2 Decke

Kriterien (max. 200 Punkte)	Ziegeldecke	Elementdecke	Brettsper Holz
Thermische Eigenschaften max. 50 Punkte	16,6 P	16,6 P	16,6 P
Brandschutz max. 25 Punkte			
Wärmeschutz max. 50 Punkte			
Akustische Eigenschaften max. 50 Punkte	32,2 P	27,6 P	50,0 P
Trittschallpegel max. 25 Punkte			
Schalldämmmaß max. 25 Punkte			
Ökologische Bewertung max. 50 Punkte	27,4 P	30,6 P	39,0 P
Treibhauspotential max. 16,7 Punkte			
Versauerungspotential max. 16,7 Punkte			
Primärenergieinhalt max. 16,7 Punkte			
Kosten max. 16,7 Punkte	8,1 P	16,7 P	5,6 P
Stoffkosten - Listenpreise max. 16,7 Punkte			
Herstellung und Baustelle max. 16,7 Punkte	9,4 P	7,5 P	14,1 P
Sperrigkeit der Elemente max. 5,6 Punkte			
Baustellendauer und Witterung max. 5,6 Punkte			
Demontage max. 5,6 Punkte			
Planung und Vermietung max. 16,7 Punkte	5,6 P	8,8 P	16,7 P
Konstruktionsstärke max. 8,3 Punkte			
Spannweite und Flexibilität max. 8,3 Punkte			
Gesamtpunkte max. 200 Punkte	99,3 P	107,8 P	141,9 P

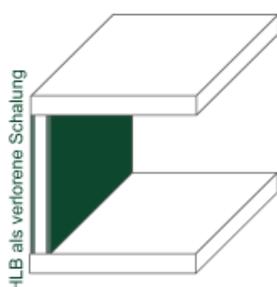
Abbildung 280: Instrumente und Ergebnisse - Bewertung Decke

Auch bei den Decken fällt die Wahl auf das Brettsper Holz. Insbesondere bei den akustischen Eigenschaften, die durch den Einsatz von Holzleichtbeton verbessert werden können, bei der ökologischen Bewertung, beim Herstellungs- und Baustellenaufwand sowie beim Vermietungspotential erzielt Brettsper Holz die meisten Punkte.

6.2.3 Verwendung von Holzleichtbeton

Holzleichtbeton kann in dieser Arbeit als verlorene Schalung, als Fassadenelement, als Wandverkleidung, als Unterdecke und als Estrichersatz verwendet werden. Die Bewertung erfolgt mit den jeweils wichtigen Instrumenten, wobei nur Platten innerhalb einer Spannweite von +35 % weiter in die Bewertungen einfließen.

6.2.3.1 Holzleichtbeton als verlorene Schalung



Kriterien (max. 15 Punkte)	HLB-Schalung mit Füllbeton N20 (Firma Isospan Baustoffwerk GmbH)
Konstruktive Anforderungen max. 3 Punkte	3,00 P
Wärmeschutz max. 3 Punkte	1,67 P
Bauteilstärke max. 3 Punkte Bauteilstärke Außenwände max. 1,5 Punkte Bauteilstärke Innenwände max. 1,5 Punkte	2,67 P
Schallschutz max. 3 Punkte	2,80 P
Flächenbezogene Masse max. 3 Punkte	1,53 P

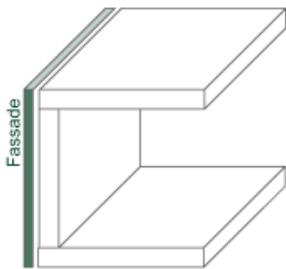
Abbildung 281: Instrumente und Ergebnisse - Holzleichtbeton als verlorene Schalung

Es wird das System N20 der Firma Isospan Baustoffwerk GmbH für alle Geschosse verwendet. Bei der Bewertung der Holzleichtbetonschalung mit Füllbeton stehen vor allem die optimale Erfüllung der konstruktiven Anforderungen, die geringe

6. Zusammenfassung

Bauteilstärke und der gute Schallschutz hervor. Auch die Anforderungen der anderen Instrumente werden durch das System N20 innerhalb einer Bandbreite von 35 % erfüllt.

6.2.3.2 Holzleichtbeton als Fassadenelement



Kriterien (max. 12 Punkte)	HLB als Fassadenelement WSD25 (Firma Velox Werk GesmbH)
Brandschutz max. 3 Punkte	0,00 P
Feuchtigkeitsresistenz max. 3 Punkte	0,47 P
Kosten max. 3 Punkte	3,00 P
Bauteilstärke max. 3 Punkte	3,00 P

Abbildung 282: Instrumente und Ergebnisse - Holzleichtbeton als Fassadenelement

Als Fassadenplatte wird das Produkt WSD25 der Firma Velox Werk GesmbH verwendet. Die zwei großen Vorteile dieser Platte liegen bei den Kosten und der geringen Bauteilstärke. Das Brandverhalten und die Feuchtigkeitsresistenz ist für die Anwendung als Fassadenplatte ausreichend.

6.2.3.3 Holzleichtbeton als Wandbekleidung

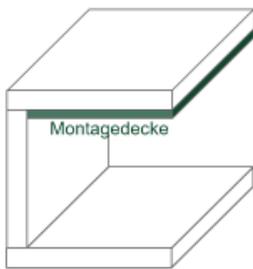


Kriterien (max. 12 Punkte)	HLB als Wandbekleidung WS25 (Firma Velox Werk GesmbH)
Brandschutz max. 3 Punkte	0,00 P
Ästhetik und Licht max. 3 Punkte	2,21 P
Kosten max. 3 Punkte	3,00 P
Mietflächenverlust max. 3 Punkte	3,00 P

Abbildung 283: Instrumente und Ergebnisse - Holzleichtbeton als Wandbekleidung

Die Platte WS25 wird vor allem aufgrund der geringen Kosten und der Dicke von nur 2,5 cm, welche den Mietflächenverlust gering hält, als Platte für die Wandbekleidung ausgewählt. Geliefert wird sie von der Firma Velox Werk GesmbH. Der Brandschutz ist ausreichend und durch die geringe Rohdichte ist die Platte WS25 ein ästhetisch wertvolles Produkt für den Innenraum.

6.2.3.4 Holzleichtbeton als Montagedecke

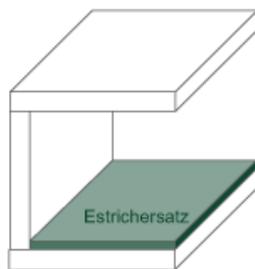


Kriterien (max. 12 Punkte)	HLB als Montagedecke WS25 (Firma Velox Werk GesmbH)
Brandschutz max. 3 Punkte	0,00 P
Ästhetik und Licht max. 3 Punkte	2,21 P
Kosten max. 3 Punkte	3,00 P
Mietflächenverlust max. 3 Punkte	3,00 P

Abbildung 284: Instrumente und Ergebnisse - Holzleichtbeton als Montagedecke

Auch bei der Montagedecke kommt die Platte WS25 zum Einsatz. Dies wiederum vor allem durch die niedrigen Kosten und den geringen Mietflächenverlust bzw. die geringe Dicke von 2,5 cm. Das ästhetisch ansprechende Erscheinungsbild im Innenraum wird durch die geringe Rohdichte bzw. den hohen Holzanteil ermöglicht. Das Brandverhalten ist ausreichend.

6.2.3.5 Holzleichtbeton als Trockenestrich



Kriterien (max. 12 Punkte)	HLB als Trockenestrich WS35 (Firma Velox Werk GesmbH)
Brandschutz max. 3 Punkte	1,50 P
Schallschutz max. 3 Punkte	0,42 P
Kosten max. 3 Punkte	1,56 P
Trittschalldämmung max. 3 Punkte	3,00 P

Abbildung 285: Instrumente und Ergebnisse - Holzleichtbeton als Trockenestrich

Die Platte WS35 der Firma Velox Werk GesmbH wird als Estrichersatz verwendet. Um den Schallschutz bzw. die Masse zu erhöhen, wird die Platte zweilagig verlegt. Zusätzlich zu der EPS-Trittschalldämmung, hilft auch die Platte WS35 mit, die Dämmfähigkeit des Deckenaufbaus zu verbessern. Die Kosten und das Brandverhalten befinden sich im Mittelfeld.

7. Ausblick

Hypothese: „Holzleichtbeton kann in diesem Kontext an verschiedensten Positionen im Bauwerk eine positive Wirkung erzielen und ist somit nicht explizit nur für den Innenraum oder als Fassade, für Wand oder Decke, etc. geeignet.“

Die momentan am Markt üblichen Anbringungsorte wurden in dieser Diplomarbeit behandelt. Diese sind Holzleichtbeton als verlorene Schalung, als Wand- und Deckenelement und als Fassadenplatte. Trotz der ursprünglichsten Anwendung, welche bereits in den 1920er Jahren durchgeführt wurde, ist es heutzutage nicht üblich Holzleichtbeton als Trockenestrichplatte zu verwenden. Dieser Anwendungsbereich wurde zusätzlich zu den konventionellen in die Diplomarbeit aufgenommen. Auch als Bodenbelag wäre Holzleichtbeton denkbar. Das wurde jedoch in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

Die positiven Eigenschaften von Holzleichtbeton im Wärme-, Brand- und Schallschutzbereich sowie auch als ästhetisches Plattenelement lassen auf viele Anwendungsbereiche hindeuten. Ein Ansatz wäre, dass Holzleichtbeton auch als Ersatz für die üblicheren Plattenelemente Gipskarton und OSB-Platten immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Auch die gute Verbundmöglichkeit von Holz und (Holz-)leichtbeton kann in naher Zukunft auch weitere Bereiche als konstruktives Element eröffnen. Dasselbe gilt generell für Mischkonstruktionen, z.B. mit Beton. Diese Ausführungen sind auch heutzutage schon verfügbar und werden in Zukunft noch weiter erforscht werden. Unwirtschaftlich ist Holzleichtbeton als homogene tragende Schicht für mehrere Geschoße, da dadurch die wärmetechnischen und ästhetisch ansprechenden, positiven Eigenschaften von Holzleichtbeton durch die Erhöhung der Rohdichte zur Schaffung der konstruktiven Anforderungen nicht mehr vorhanden wären. Weitere mögliche Mischkonstruktionen bilden hier größere Optionen. Es sind auch Verbundkonstruktionen aus verschiedenen Holzleichtbeton-Elementen möglich, so dass mehrere verschiedenartige Plattenelemente, die jeweils andere Aufgaben erfüllen, z.B. eine tragende Schicht, eine wärmedämmende Schicht, etc., gemeinsam eine nicht homogene, aber nur aus Holzleichtbeton bestehende

Wand ermöglichen. Aber ein Verbund von Holzleichtbeton mit Materialien, die ihre Aufgabe besser erfüllen als Holzleichtbeton, wäre zu bevorzugen. Durch die Kompatibilität von Holz und Holzleichtbeton bzw. die Kompatibilität von Holz und Beton werden viele neue Verwendungsmöglichkeiten im Wand- und Deckenbereich geschaffen.

Auch die Ummantelung von brandschutztechnisch notwendigen Elementen, z.B. Stahlsäule, wäre denkbar, was Holzleichtbeton natürlich wieder in die Sparte des Ersatzes von Gipskartonplatten hineindrängt.

Der Einsatz von Holzleichtbeton im Wohnbau hat sich bei weitem noch nicht durchgesetzt. Neben den bereits erwähnten positiven Eigenschaften betreffend Schall-, Wärme- und Brandschutz bietet Holzleichtbeton ein großes, architektonisches Gestaltungspotential, welches in ausgewählten Räumen als Gestaltungsmerkmal eine Auffälligkeit bietet und Behaglichkeit ausstrahlt. Welches insbesondere der Individualität der Bewohner der Wohnungen viel Spielraum für sichtbare Anwendungsbereiche bietet. Bei dieser Arbeit ging es jedoch weniger um das architektonische Erscheinungsbild, sondern vielmehr um sinnvolle, zum Teil bereits verwendete Einsatzmöglichkeiten von Holzleichtbeton auch in Verbund mit tragenden Elementen. In der Analyse der Gestaltungsmöglichkeiten wird ein großes Potential für weiterführende Arbeiten dargelegt.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der in diesem Kapitel noch diskutiert werden sollte, ist die mögliche Veränderung der Verwendung der Bausysteme. Die Tendenz zu scheibenförmigen Elementen im Vergleich zu stabförmigen Elementen wurde bereits angeführt. Auch durch diese Tendenz werden Bauweisen mit hohem Vorfertigungsgrad ihre Bevorzugung erhöhen. Auch die umweltrelevanten Faktoren spielen heutzutage schon eine Rolle, die meines Erachtens in den nächsten Jahren noch an Relevanz gewinnt. Daher bieten Massivbauweisen in Holz, wie z.B. das Brettsperrholz, welches in dieser Arbeit behandelt und verwendet wurde, ein gutes Potential in den kommenden Jahren vermehrt zum Einsatz zu kommen.

8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

AMROC BAUSTOFFE GMBH (2017): Produkte. AMROC-Panel B1. In: www.amroc.de. URL: <http://www.amroc.de/de/amroc-panel-b1/produktbeschreibung.html>. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

AUSTROTHERM GMBH (2017): Downloads. Preisliste 2017. In: www.austrotherm.at. Stand: 01.03.2017. URL: www.austrotherm.at/downloads/preisliste/. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

DIERKS, K.; WORMUTH, R. (2012): Baukonstruktion. 7. Auflage. Verlag: Werner Verlag. ISBN 978-3-8041-5057-7.

EIGNER, P.; MATIS, H.; RESCH, A. (1999): Sozialer Wohnbau in Wien. Eine historische Bestandsaufnahme. In: Jahrbuch des Vereins für die Geschichte der Stadt Wien 1999. Wien: Verein für Geschichte der Stadt Wien (Hg.). www.demokratiezentrum.org.

EUROFOX GMBH (2017): Download. Zeichenserie. MTA-v-100. In: www.eurofox.at. URL: http://www.eurofox.at/dnld/zeichenserie_neu/MTA%20-v%20-%20100.pdf. (letzter Aufruf am 06.04.2017).

FRANZ OBERNDORFER GMBH & CO KG (2017): Download. Preislisten. In: www.oberndorfer.at. URL: www.oberndorfer.at/download/preislisten/. (letzter Aufruf am 28.04.2017).

FRANZ OBERNDORFER GMBH & CO KG (2017): Produkte. Deckensysteme. VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke. In: www.oberndorfer.at. URL: www.oberndorfer.at/produkte/deckensysteme/vsevsp-vorgespannte-elementdecke-und-plattendecke/. (letzter Aufruf am 15.01.2017).

FRANZ OBERNDORFER GMBH & CO KG (2017): Produkte. Deckensysteme. VSE/VSP Vorgespannte Elementdecke und Plattendecke. Produktfolder. In: www.oberndorfer.at. URL: www.oberndorfer.at/fileadmin/user_upload/documents/Download/Produktinformationen/AT_DS_VER_0001-06_Produktkatalog.pdf. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

GRÜNKRANZ, G. (2016): E-Mail: Bemessungsprogramm. Mitarbeiter Produkttechnik Österreich der Firma Wienerberger Ziegelwerke GmbH. 21.03.2016.

GRÜNKRANZ, G. (2016): E-Mail: Produktinformation Einlageziegel 45/17 und Einlageziegel 60/17. Mitarbeiter Produkttechnik Österreich der Firma Wienerberger Ziegelwerke GmbH. 06.06.2016.

GRÜNKRANZ, G. (2017): E-Mail: Produktinformation Porotherm 30 Plan. Mitarbeiter Produkttechnik Österreich der Firma Wienerberger Ziegelwerke GmbH. 21.03.2017.

HEGGER, M.; u.a. (2007): Energie Atlas. 1. Auflage. München: Institut für internationale Architektur – Dokumentation GmbH & Co. KG (Hg.).

HEINZ, D.; URBONAS, L. (2008): Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 16. Holzbeton. München: Lehrstuhl für Baustoffkunde und Baukonstruktionen, TU München.

HOLLINSKY, K. u.a. (2015): Bausysteme Holzbau. Vortrag: mehrgeschoßiger Wohnbau. Wien: Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien.

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (2013): Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Massivbaustoffe. In: www.ibo.at. URL: <http://www.ibo.at/documents/Massivbaustoffe2013.pdf>. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (2013): Ökokennzahlen / OI3 Leitfaden. Holzbaustoffe. In: www.ibo.at. URL: <http://www.ibo.at/documents/Massivbaustoffe2013.pdf>. (letzter Aufruf am 10.01.2017).

IBU – INSTITUT BAUEN UND UMWELT E.V. (2013): Umwelt – Produktdeklaration. Beton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30. Berlin.

ISOSPAN BAUSTOFFWERK GMBH (2013): Download. Fertigwandmodule. Isospan Wohnbeton Doppelwand. In: www.isospan.eu. URL: www.isospan.eu/de/download.html. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

ISOSPAN BAUSTOFFWERK GMBH (2017): Produkte. Technische Daten & Lieferprogramm für Österreich. In: www.isospan.eu. URL: http://www.isospan.eu/cms/upload/xmllist/sammelordner/supl_655dce86b2.pdf. (letzter Aufruf am 22.01.2017).

ISOSPAN BAUSTOFFWERK GMBH (2016): Download. Fertigwandmodule. Montageanleitung Wohnbeton Doppelwand. In: www.isospan.eu. URL: www.isospan.eu/de/download.html. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

JOHANN WEISS GMBH (2016): Dienstleistungen. Cargo. Abmessungen. In:

8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

www.johannweiss.at. URL: www.johannweiss.at/108.html. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

KIND-BARKAUSKAS, F. u.a. (2002): Beton Atlas. Entwerfen mit Stahlbeton im Hochbau. 2. Auflage. Verlag: Birkhäuser – Verlag für Architektur. ISBN 3-7643-6685-0. Köln: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (Hg.).

KNAUF GIPS KG (2007): D15 Knauf Holzbalkendecken – Systeme für Neubau und Altbau. www.knauf.de.

KOLLEGER, J. (Hg.) u.a. (2010): Bausysteme – Beton und Mauerwerk nach EC 1992-1-1. 2. Auflage. Wien: Institut für Tragkonstruktionen, TU Wien.

KRIPPNER, R.; NIEBLER, D. und ISSIG, H. (2009): Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 17. Holzleichtbeton im Hochbau. München: Lehrstuhl für Baustoffkunde und Baukonstruktionen, TU München.

KUMER, N. (2016): E-Mail: Produktinformation CLT 160mm und CLT 180mm. R&D Manager der Firma Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH. 01.08.2016.

KUMER, N. (2017): E-Mail: Produktinformation CLT 140mm. R&D Manager der Firma Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH. 27.03.2017.

LANDESRECHT WIEN (2016): Bauordnung für Wien. 8. Teil. Bauliche Ausnützbarkeit der Bauplätze. Bauklasseneinteilung, zulässige Gebäudehöhe. In: www.ris.bka.gv.at. Stand: 26.08.2016. URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006>. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

LEIER BAUSTOFFE GMBH & CO KG (2017): Produkte. Durisol. Mantelsteine. In: www.leier.at. URL: http://www.leier.at/?Produkte__Durisol__Mantelsteine. (letzter Aufruf am 22.01.2017).

LEITL BETON GMBH & CO KG (2015): Produkte. Deckensysteme. Elementdecke. Datenblatt. In: www.leitl.at. URL: www.leitl.at/produkte/deckensysteme/elementdecke/. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

MÖTZL, H.; SUTTER, C. (2015): baubook GmbH: PENRT Nicht erneuerbare Primärenergie, total. In: www.baubook.at. URL: www.baubook.at/BTR/PHP/Win_Fragezeichen.php?SAT-89&SW=2 (letzter Aufruf am 11.09.2015).

NIEROBIS, L. (2003): Wärmedämmstoffe. In: www.waermedaemmstoffe.com.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_1_26.03.15.pdf. (letzter Aufruf am 04.01.2016).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 2. Brandschutz. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_26.03.15.pdf. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_3_26.03.15_0.pdf. (letzter Aufruf am 04.01.2016).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 4. Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_4_26.03.15_0.pdf. (letzter Aufruf am 27.10.2016).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 5. Schallschutz. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_5_26.03.15.pdf. (letzter Aufruf am 04.01.2016).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf. (letzter Aufruf am 04.01.2016).

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015): OIB-Richtlinien. Begriffsbestimmungen. In: www.oib.or.at. Stand: 26.03.2015. URL: http://www.oib.or.at/sites/default/files/begriffsbestimmungen_26.03.15.pdf (letzter Aufruf am 04.01.2016).

PASCHA, S. u.a. (2015): Bausysteme Holzbau. Vortrag: Architektur der Hülle – Systeme im Holzbau. Wien: Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien.

PECK, M. u.a. (2008): Baustoff Beton. Planung. Ausführung. Beispiele. 1. Auflage. ISBN:

3-920034-13-9. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co KG.

PFEIFER, G.; u.a. (2001): MauerwerkAtlas. 6. Auflage. Verlag: Birkhäuser – Verlag für Architektur. ISBN 3-7643-6478-5 München: Institut für internationale Architektur – Dokumentation GmbH & Co. KG (Hg.); Bonn: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V. Bonn (Hg.).

PORR TECHNICS & SERVICES GMBH & CO KG (2016): Hochbau. Decken, Stiegen. Außen Frost, lotrecht oder annähernd waagrecht (min. 5 % geneigt). In: www.betonfibel.at. URL: www.betonfibel.at/content.asp?1k=1&sk=32&3k=23&bt=217. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

PORR TECHNICS & SERVICES GMBH & CO KG (2016): Hochbau. Decken, Stiegen. Innen Ortbeton oder Fertigteile. ohne Frost, bewehrt. In: www.betonfibel.at. URL: www.betonfibel.at/content.asp?1k=1&sk=32&3k=24&bt=219. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

PORR TECHNICS & SERVICES GMBH & CO KG (2016): Hochbau. Wände, Säulen, Pfeiler, Balken, sonstige Bauteile. Außen: Ortbeton oder Fertigteile. Mantelbeton und Betonschalsteine – Füllbeton. In: www.betonfibel.at. URL: www.betonfibel.at/content.asp?1k=1&sk=31&3k=21&bt=275. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

PROHOLZ AUSTRIA (2008): Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft. Brettsper Holz. Produktübersicht. In: www.proholz.at. URL: www.proholz.at/zuschnitt/31/brettsperholz/. (letzter Aufruf am 04.11.2016).

PROHOLZ AUSTRIA (2011): Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft. Historische Entwicklung der Holzwand. In: www.proholz.at. URL: www.proholz.at/zuschnitt/43/historische-entwicklung-der-holzwand/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

RAU, G.; STRÖBEL, R. (2004): Die Metalle. Werkstoffkunde mit ihren chemischen und physikalischen Grundlagen. 19. Auflage. Verlag: Neuer Merkur GmbH. ISBN: 3-929360-44-6. München.

ROHRDORFER BAUSTOFFE AUSTRIA GMBH (2017): Beton & Estrich. Preislisten & Folder. Preisliste 2017 – Wien, Niederösterreich (NÖ-Nord, NÖ-Süd), Burgenland. In: www.rohrdorfer.at. URL: www.rohrdorfer.at/924_DE-Beton%26Estrich-Preislisten

%26Folder.htm. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

ROHRDORFER BAUSTOFFE AUSTRIA GMBH (2016): Logistik. Fahrzeuge. In: www.rohrdorfer.at. URL: www.rohrdorfer.at/828_DE-Logistik-Fahrzeuge.htm. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

RUDOLF, S. (2017): E-Mail: Produktinformation CLT 140 mm, CLT 160mm und CLT 180mm. Sales Manager der Firma Stora Enso Wood Products GmbH. 21.03.2017.

SAINT-GOBAIN ISOVER AUSTRIA GMBH (2017): Technik & Service. Downloads. Preisliste. In: www.isover.at. URL: www.isover.at/technik-service/downloads/preisliste. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

SCHILCHER, H. (2016): E-Mail: Produktinformation zu N20 End-/Riegelstein. Geschäftsführer der Firma Isospan Baustoffwerk GmbH. 30.08.2016.

SCHNEIDER, U. (Hg.); u.a. (2008): Wiener Baustofflehre Blätter. Keramik, Steine und Glas. 17. Auflage. Wien: Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien.

SCHNEIDER, U. (Hg.); BRUCKNER, H. (2008): Wiener Baustofflehre Blätter. Mörtel. 15. Auflage. Wien: Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien.

SCHNEIDER, U. (Hg.); BRUCKNER, H. und KIRCHBERGER, H. (2008): Wiener Baustofflehre Blätter. Festbeton. 16. Auflage. Wien: Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien.

SCHNEIDER, U. (Hg.); BRUCKNER, H. und KIRCHBERGER, H. (2008): Wiener Baustofflehre Blätter. Frischbeton. 16. Auflage. Wien: Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien.

SENF, S.; u.a. (2010): Eigenschaften. Spezifische Wärmekapazität. In: www.baunetzwissen.de. URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Daemmstoffe-Waermespeicherkapazitaet_1139521.html. (letzter Aufruf am 10.09.2016).

STAHL, A. (2011): Cement-bonded wood composite as structural element in internal walls. Diplomarbeit, Lulea University of Technology.

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2016): Media & Downloads. Bemessungssoftware. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/media-downloads/calculatis-bemessungssoftware/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2016): Media & Downloads. Broschüren. Technische Broschüre CLT. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/media-downloads/broschueren/broschueren/. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/. (letzter Aufruf am 27.08.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. CLT – Das Massivholzsystem. In: www.clt.info. URL: <http://www.clt.info/produkt/clt-das-massivholz/>. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. CLT – Das Massivholzsystem. Nachhaltigkeit. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/clt-das-massivholz/nachhaltigkeit/. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Häufige Fragen. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/haeufige-fragen/. (letzter Aufruf am 27.08.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. CLT Standardaufbauten. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/technische-daten/clt-standardaufbauten/. (letzter Aufruf am 27.08.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Konstruktion. Details. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/details/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2012): Produkt. Technische Daten. Konstruktion. Rohbaukonstruktion. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/Rohbaukonstruktion-DE.pdf. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Konstruktion. Schichtaufbauten. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/layer-structure/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Oberflächenqualitäten. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/technische-daten/oberflaechenqualitaeten/. (letzter Aufruf am 27.08.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Schallschutz. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/technische-daten/schallschutz/.

(letzter Aufruf am 07.02.2017).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Statik. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/technische-daten/statik/. (letzter Aufruf am 27.08.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2013): Produkt. Technische Daten. Thermische Trägheit. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/produkt/technische-daten/thermische-traegheit/. (letzter Aufruf am 10.09.2016).

STORA ENSO WOOD PRODUCTS GMBH (2012): Produkt. Technische Daten. Wärmeschutz. U-Wert Vergleichsbeispiele. In: www.clt.info. URL: www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/U-Wert-Vergleichsbeispiele-DE.pdf. (letzter Aufruf am 10.09.2016).

STUDIENGEMEINSCHAFT HOLZLEIMBAU E.V. (Hg.); u.a. (2010): Bauen mit Brettsper Holz. Tragende Massivholzelemente für Wand, Decke und Dach.

TEIBINGER, M.; MATZINGER, I. (2013): Bauen mit Brettsper Holz im Geschoßbau. Fokus Bauphysik. Planungsbroschüre. ISBN: 978-3-9503367-3-3. Band 40 der HFA Schriftenreihe. Wien: Holzforschung Austria (Hg.).

THERMO-SPAN BAUSTOFFWERK HARML-QUEHENBERGER GMBH (2017): Produkte. In: www.thermo-span.com. URL: www.thermo-span.com/61/Produkte/. (letzter Aufruf am 22.01.2017).

THERMO-SPAN BAUSTOFFWERK HARML-QUEHENBERGER GMBH (2017): Produkte. Innenwandsteine. In: www.thermo-span.com. URL: www.thermo-span.com/61/Produkte/innenwandsteine. (letzter Aufruf am 08.04.2017).

UHLMANN, K. (2003): Angewandte Physik. Schwingungen. München: Fachhochschulstudiengang Maschinenbau, Universität der Bundeswehr München.

VALLANT, G. (2016): E-Mail: Produktinformation Plattenelemente. Verkaufsleitung der Firma Velox Werk GesmbH. 01.09.2016

VAN ELTEN, E.J. (2010): International Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference. New developments in the field of Wood Cement Products, applications and production technologies. Aarlborg: Eltomation B.V..

Velox WERK GESMBH (2017): Produkte Leistungen. In: www.velox.at. URL:

8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

www.velox.at/de/produkteleistungen/. (letzter Aufruf am 22.01.2017).

Velox WERK GESMBH (2017): Produkte Leistungen. Lärmschutz. In: www.velox.at. URL: www.velox.at/de/produkteleistungen/laermschutz/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

Velox WERK GESMBH (2017): Produkte Leistungen. Wohnbau / Hochbau. Dämmprodukte. In: www.velox.at. URL: www.velox.at/de/produkteleistungen/wohnbauhochbau/daemmprodukte/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

Velox WERK GESMBH (2017): Produkte Leistungen. Wohnbau / Hochbau. Mantelbetonprodukte. In: www.velox.at. URL: www.velox.at/de/produkteleistungen/wohnbauhochbau/mantelbetonprodukte/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

Velox WERK GESMBH (2017): Produkte Leistungen. Wohnbau / Hochbau. Wandsysteme. In: www.velox.at. URL: www.velox.at/de/produkteleistungen/wohnbauhochbau/wandsysteme/. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER BETON- UND FERTIGTEILWERKE (2016): Arbeitskreis "Holzbeton". Hersteller. In: www.holzbeton.at. URL: www.holzbeton.at/de/hersteller.html. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Information. Ökologie. Ökobilanz Ziegel. Ergebnisse Ökologie. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: http://www.ziegel.at/de/oekobilanz-ziegel-ergebnisse_oekologie. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Information. Ökologie. Ökobilanz Ziegel. Ökobilanz Grundlagen. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/oekobilanz-ziegel-grundlagen. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Information. Ökologie. Weitere Aspekte. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/weitere-aspekte. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Brandschutz. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/brandschutz. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Planungsrichtlinien. Planungsraster. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/planungsraster. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Planungsrichtlinien. Schlütze und Durchbrüche. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/schlütze-und-durchbrueche. (letzter Aufruf am 10.09.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2017): Technik. Planungsrichtlinien. Ziegelmauerwerk. Ziegelverbände. In: www.ziegel.at. Stand: 11.01.2017. URL: www.ziegel.at/de/ziegelmauerwerk_ziegelverbaende. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Produktprogramm. Decke. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/decke. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Produktprogramm. Ergänzungsprodukte. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/ergaenzungsprodukte. (letzter Aufruf am 10.09.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2017): Technik. Produktprogramm. Wand. Hochlochziegel. In: www.ziegel.at. Stand: 11.01.2017. URL: www.ziegel.at/de/hochlochziegel. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2017): Technik. Produktprogramm. Wand. Mauerziegel. In: www.ziegel.at. Stand: 11.01.2017. URL: www.ziegel.at/de/mauerziegel. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2017): Technik. Produktprogramm. Wand. Schallschutzziegel. In: www.ziegel.at. Stand: 11.01.2017. URL: www.ziegel.at/de/schallschutzziegel. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Statik. Baustoffe. Ziegel. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/baustoffe_ziegel. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Statik. Konstruktive Anforderungen. Mindestabmessungen. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/konst_mindestabmessungen. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Statik. Konstruktive Anforderungen. Schlitz- und Aussparungen. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/konst_schlitz-und-aussparungen. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Statik. Konstruktive Anforderungen. Wändurchbrüche. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/konst_waenddurchbrueche. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Verarbeitungsrichtlinien. Winterbau-Maßnahmen. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/winterbau-massnahmen. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Technik. Verarbeitungsrichtlinien. Ziegelmauerwerk. Ziegelvermauerung. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: http://www.ziegel.at/de/verab_ziegelvermauerung. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2017): Technik. Wandsysteme. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/wandsysteme. (letzter Aufruf am 12.01.2017).

VERBAND ÖSTERREICHISCHER ZIEGELWERKE (2016): Verband. Ziegelwerke Ost. In: www.ziegel.at. Stand: 08.07.2016. URL: www.ziegel.at/de/ost. (letzter Aufruf am 26.08.2016).

VEREINIGUNG DER ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTINDUSTRIE (2011): Der Baustoff. Beton. Betonherstellung. In: www.zement.at. URL: <http://www.zement.at/zement/beton/betonherstellung>. (letzter Aufruf am 27.10.2016).

WIENERBERGER AG (2017): Produkt. Flachdach + Dämmung. In: www.zzwancor.ch. URL: www.zzwancor.ch/produkt?wb_condition=ProductType:1366273461221. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2016): Bauen mit Ziegel. Ziegellösungen. Deckenlösungen. Porotherm Ziegeldecken. Verlegeanleitung. In: www.wienerberger.at. URL: <http://wienerberger.at/bauen-mit-ziegel/porotherm-ziegeldecken-1366195705580>. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2016): Produkte. Deckenlösungen. Porotherm Deckenträger. In: www.wienerberger.at. URL:

www.wienerberger.at/produkte/porotherm-deckentraeger#collapse-collapse1366198590246. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Deckenlösungen. Porotherm Einlageziegel 45/17. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/produkte/porotherm-einlageziegel-45/17. (letzter Aufruf am 12.03.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2016): Produkte. Deckenlösungen. Porotherm Einlageziegel 45/17. Leistungserklärung Deckenziegel. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/produkte/porotherm-einlageziegel-45/17. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Deckenlösungen. Porotherm Einlageziegel 60/17. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/produkte/porotherm-einlageziegel-60/17. (letzter Aufruf am 12.03.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Wandlösungen. Porotherm 17-50 Plan. In: www.wienerberger.at. URL: <http://www.wienerberger.at/produkte/porotherm-17-50-plan>. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Wandlösungen. Porotherm 17-50 Plan. Datenblatt. In: www.wienerberger.at. URL: <http://www.wienerberger.at/produkte/porotherm-17-50-plan>. (letzter Aufruf am 02.02.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Wandlösungen. Porotherm 30 Plan. In: www.wienerberger.at. URL: <http://www.wienerberger.at/produkte/porotherm-30-plan>. (letzter Aufruf am 07.04.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Produkte. Wandlösungen. Porotherm 30 Plan. Datenblatt. In: www.wienerberger.at. URL: <http://www.wienerberger.at/produkte/porotherm-30-plan>. (letzter Aufruf am 02.02.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2016): Service. Download Center. Deckenlösungen Broschüre. Porotherm Ziegeldecken. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/service/download-center. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2010): Service. Download Center. Porotherm Ziegeldecken – angenehmes Klima. In: www.wienerberger.at. URL:

8. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

www.wienerberger.at/service/download-center. (letzter Aufruf am 09.12.2016).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Service. Download Center. Preisliste. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/service/download-center. (letzter Aufruf am 26.03.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2017): Service. Download Center. Technische Produktdaten. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/service/download-center. (letzter Aufruf am 08.02.2017).

WIENERBERGER ZIEGELINDUSTRIE GMBH (2016): Service. Download Center. Verarbeitungshinweise Porotherm Ziegelbausystem. In: www.wienerberger.at. URL: www.wienerberger.at/service/download-center. (letzter Aufruf am 09.09.2016).

WINTER, W. (2015): Bausysteme Holzbau. Vortrag: Entwicklung des Holzbaus in Mitteleuropa. Wien: Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien.

WINTER, W. (2015): Bausysteme Holzbau. Vortrag: Tragsysteme. Wien: Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien.

WINTER, W. (2015): Bausysteme Holzbau. Vortrag: Vom Baum zum Werkstoff. Wien: Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU Wien.

9. Abkürzungsverzeichnis

AP	Versauerungspotential
bzw.	beziehungsweise
CLT	cross laminated timber, Brettsperrholz
CO ₂	Kohlendioxid
d.h.	das heißt
d.s.	das sind
etc.	et cetera
ev.	eventuell
GWP	Treibhauspotential
h	Stunden
HWL-Platte	Holzwolleleichtbauplatten
H/Z	Holz / Zement-Wert
inkl.	inklusive
K	Kelvin
lt.	laut
max.	Maximal
min	Minuten
mind.	mindestens
OSB-Platte	oriented strand board
P	Punkte
PEI _{ne} , PEI _e	Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer energetischer Ressourcen
R _w	bewertetes Schalldämmmaß
Stk.	Stück
SO ₂	Schwefeldioxid
u.a.	unter anderem
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
W	Watt

9. Abkürzungsverzeichnis

W/Z	Wasser / Zement-Wert
z.B.	zum Beispiel
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
m, m ²	Meter, Quadratmeter
km	Kilometer
kg	Kilogramm
%	Prozent
Vol.-%	Volumsprozent
LxBxH / LxBxT	Länge x Breite x Höhe / Länge x Breite x Tiefe