



ENERGIE DER ZUKUNFT

PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

HOLZMASSIV - PASSIVHAUS

Modularer und standardisierter
Holzmassivbau für Passivhäuser

Inhaltsverzeichnis:

1. EINLEITUNG	5
1.1. Aufgabenstellung	5
1.2. Schwerpunkte des Projektes	5
1.3. Einordnung in das Programm	5
1.4. Verwendete Methoden	7
1.4.1. Ökologische Bewertung	7
1.4.2. Methoden der architektonischen, statischen und softwaretechnischen Recherche	9
1.5. Aufbau der Arbeit	10
2. INHALTLICHE DARSTELLUNG	11
2.1. Allgemeine Einführung in die Thematik – Ausgangssituation	11
2.2. Ziele des Projektes	11
2.3. Begriffsdefinitionen:	11
2.3.1. Modular aufgebautes Konstruktionssystem	11
2.3.2. Vorfertigung	12
Vorfertigung – Raster – Fugen	12
Vorteile und Nachteile der Vorfertigung im Holzbau	12
Der Vorfertigungsgrad	12
Planung und Ausführung	13
2.4. Ausgangslage, Ziele und Innovationsgehalt des Projektes	14
2.4.1. Innovationsgehalt	14
2.4.2. Relevanz des Vorhabens im Verhältnis zu vergleichbaren, bestehenden Lösungen	14
2.4.3. Einsatzmöglichkeit und Nutzen der Projektergebnisse	14
2.5. Grundlagenstudium und Recherche	15
2.5.1. Brettsperrholz	16
2.5.2. Charakteristika des Konstruierens mit Brettsperrholz	17
Allgemeine Anforderungen zum bauakustischen Verhalten von Holzmassivbauten	23
2.5.3. Das Passivhaus	25
Das Passivhaus nach Dr. Wolfgang Feist/Passivhausinstitut Darmstadt	25
Die wichtigsten Maßnahmen für den Passivhausstandard sind:	25
Passivhaus – Energiekennzahlen	26
Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär und Elektro im Passivhaus	26

2.6.	Ausgewählte Hersteller von Massivholzplatten – Firmenauflistung	28
2.7.	Mechanische Daten von Massivholzbauerelementen	30
2.8.	Brettsperrholzprodukte ausgewählter Hersteller	31
2.9.	Vergleich der BSP-Produkte	36
2.10.	Berechnungsmethoden auf analytischer Basis (DIN, ÖNORM, EUROCODE) und Berechnungsangaben aus nationalen und internationalen Zulassungen	39
2.11.	Statische Bemessung von Brettsperrholzplatten	48
2.11.1.	Im Zuge des Forschungsprojekts angewandtes Bemessungsverfahren	49
2.11.2.	Bemessungstool - statische Grundlagen und Eingangsdaten	59
2.11.3.	Erste Ergebnisse der standardisierten Vorbemessung	60
2.12.	Bauphysikalische und ökologische Kennwerte von Massivholzplatten	69
2.13.	Softwareauswahl	74
2.13.1.	Methode zur Softwareauswahl	74
2.13.2.	Ist-Analyse	74
2.13.3.	Soll-Konzept	75
2.13.4.	KO-Kriterien	78
2.13.5.	Funktionale Kriterien	78
2.13.6.	Marktanalyse Softwaretechnologien (short-list, nach KO-Kriterien)	79
2.14.	Grundlagenforschung und -entwicklung der standardisierten modularen Holzmassivbauweise für Passivhäuser	81
2.14.1.	Beispiele für Grundrisstypologien – Projektdokumentation Wohnbau	81
2.14.2.	Analyse der Spannweiten und Raummaße	101
2.14.3.	Neu entwickelte modular anwendbare Grundrisstypologien	104
2.15.	Bauteile – Aufbauten	112
2.15.1.	Wände	112
2.15.2.	Decken	118
2.15.3.	Dächer	123
2.16.	Ökologische Bewertung der Aufbauten	127
2.17.	Energetische Gesamtbewertung	129
2.18.	Ökologische Gesamtbewertung	132
2.19.	Anschlüsse	134
2.20.	Softwareentwicklung	136
2.20.1.	Navigationsstruktur	136
2.20.2.	Datenfluss für das Modul der Vordimensionierung	141
2.20.3.	Softwarearchitektur	142
2.20.4.	Usability	144

2.21. Konsolidierung	145
2.21.1. Überprüfung auf die Praxistauglichkeit	145
2.21.2. Überprüfung der Berechnungsmethode	147
2.21.3. Evaluierung der Softwarelösung	147
3. ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	148
3.1. Softwaretechnische Schlussfolgerungen	148
3.2. Planerisch-gestalterische Schlussfolgerungen	148
3.3. Schlussfolgerungen die Konstruktion betreffend	150
3.4. Bauphysikalische und bauökologische Schlussfolgerungen	150
3.4. Marktvision und Ausblick	151
4. VERZEICHNISSE	152
4.1. Literaturverzeichnis	152
4.2. Adressverzeichnis	155
4.3. Abbildungsverzeichnis	156
5. ANHANG	158
5.1. Bauphysikalische und -ökologische Daten der Massivholzplattenhersteller	
5.2. Aufbauten	
5.3. Anschlüsse	
5.4. Beispielablauf der Software	
5.5. Evaluierungsprotokolle	
5.6. Handbuch der Homepage	
6. UNTERSCHRIFT	159

1. EINLEITUNG

1.1. Aufgabenstellung

Für ressourcenorientiertes nachhaltiges Bauen ist die Passivhaustechnologie unabdingbar und notwendig. Die Vielzahl an unterschiedlichen Systemen ermöglichte bis dato aber keine Standardisierung und gesicherte Qualität der Planung und Ausführung.

Im Zuge dieses Forschungsberichtes wird ein praxisgerechtes, ökologisch und ökonomisch vorteilhaftes, modulares System für Wohn- und Bürobauten in Passivbauweise erarbeitet. Die ausgewählte Holzmassivbauweise ermöglicht nicht nur eine ökologische Bauweise (natürlicher Baustoff, Beitrag zum Klimaschutz durch CO₂ Bindung), sondern auch eine klare Trennung der tragenden Strukturen von den nicht tragenden Dämmschichten und vorgesetzten Installationsebenen. Dadurch kann der bisher geringe Marktdurchdringung und dem hohen Preisniveau entgegen gearbeitet werden.

Dieses System wird in einem digitalen softwarebasierten Lösungskatalog etabliert.

Praxisorientierte Grundrisstypologien und eine breite Basis an Aufbauten und Detaillösungen gibt den Herstellern und Anwendern die gewünschte Flexibilität. Die Vielzahl an Informationen (bauphysikalische Daten, baurechtliche Zulassung, ökologische Daten, Dimensionierungsvorgaben, Detaillösungen) werden zusammengeführt, aufbereitet und werden den Planern und Ausführenden als Werkzeug zur Verfügung gestellt.

1.2. Schwerpunkte des Projektes

Das Projekt enthält vier Schwerpunktbereiche die sich gegenseitig bedingen:

- Grundrisstypologien, Aufbauten und Detaillösungen
- Statische Vordimensionierung der Elemente
- Ökologische Bewertung der Aufbauten und bauphysikalische Berechnung einer Gesamteinheit
- Digitaler, softwarebasierter Lösungskatalog

Der digitale softwarebasierte Lösungskatalog wird für die Nutzer online und somit jederzeit kostenlos zur Verfügung gestellt. Er beinhaltet die im Zuge der Forschung erarbeiteten Grundrisstypologien mit einer Auswahl an Aufbauten und Detaillösungen. Diese werden analog der gewählten Spannrichtung, Spannweiten und Aufbauten statisch vordimensioniert. Eine ökologische und bauphysikalische Bewertung ist ebenfalls in die Software integriert.

1.3. Einordnung in das Programm

Effizienter Energieeinsatz

Durch die vermehrte Anwendung der Passivhaustechnologie ist prinzipiell ein effizienter Energieeinsatz gegeben. Das vorliegende Projekt zielt zudem auf eine Minimierung des Energieeinsatzes in der Produktion ab. Der Marktanteil von Passivhäusern soll durch Kostenminimierung in der Herstellung und Bereitstellung entsprechender digital aufbereiteter Hilfsmittel für die ausführenden Betriebe im Massivholzbereich - vor allem Klein- und Mittelbetriebe - deutlich erhöht werden. Ein modular aufgebautes Planungswerkzeug, soll den Energie- sowie Materialeinsatz bei der Herstellung optimieren.

Die gute Trennbarkeit der Bauteilschichten und damit hohe Flexibilität für Instandhaltungsarbeiten oder Nutzungsänderungen können einen weiteren Beitrag zur

Materialreduktion und damit verbundenen effizienten Energieeinsatz liefern. Das Ziel ist eine Minimierung von Energieeinsatz in jedem Bereich, von der grauen Energie im Material über Produktion und Herstellung in den Betrieben bis zur Nutzung der Gebäude als Passivhaus.

Erneuerbare Energien

Die Fokussierung auf die Massivholzbauweise unterstreicht den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, einheimisch produziertes Holz ist der Hauptbestandteil der angebotenen Aufbauten. Die einzelnen Schichten werden unter ökologischen Gesichtspunkten gewählt und deren Anzahl minimiert.

Intelligente Energiesysteme

Das vorrangige Ziel des vorliegenden Projekts ist es den Einsatz nicht nachhaltiger Energiesysteme zu minimieren, indem ein wichtiger Meilenstein für die Weiterentwicklung von Passivhäusern aus erneuerbaren Rohstoffen gesetzt wird. Die Themen „Intelligente oder nachhaltige Energiesysteme“ werden daher im Rahmen des vorliegenden Projektes ausgeklammert.

Sicherung des Wirtschaftsstandortes

Österreich spielt bereits jetzt eine wichtige Rolle im Passivhausbau. Durch die Stärkung der Klein und Mittelbetriebe im holzverarbeiteten Gewerbe soll die Wettbewerbsfähigkeit im Passivhausbereich noch verbessert werden. Derzeit ist es für KMU kaum möglich neben der Produktion noch Entwicklungsarbeit zu leisten. Durch die Entwicklung eines geeigneten Planungs- und Berechnungswerkzeuges für den Bau von Massivholz-Passivhäusern soll der Zugang für diese Technologie erleichtert und damit die Verbreitung von energetisch optimierten Gebäuden gefördert werden.

Erhöhung der F&E-Qualität

Das Projekt liefert ein offenes Systemlösungspaket mit einem modularen Baukasten, deren Komponenten vielseitig kombinierbar, digital erweiterbar und für weiterführende Projekte anknüpfbar (digital) sind. Das Online-Software-Tool unterstützt nicht nur Zimmereibetriebe und Planer sondern auch Hersteller von Massivholzplatten bei der Weiterentwicklung ihrer Produkte.

Durch die verstärkte Nachfrage an Passivhäusern werden Arbeitsplätze der Zulieferbetriebe gesichert und neu geschaffen. Dadurch stehen auch mehr Ressourcen für innerbetriebliche F&E-Projekte zur Verfügung.

Nachhaltiges Energiesystem

Das vorrangige Ziel des vorliegenden Projekts ist es den Einsatz nicht nachhaltiger Energiesysteme zu minimieren, indem ein wichtiger Meilenstein für die Weiterentwicklung von Passivhäusern aus erneuerbaren Rohstoffen gesetzt wird. Die Themen „Intelligente oder nachhaltige Energiesysteme“ werden daher im Rahmen des vorliegenden Projektes ausgeklammert.

Reduktion der Klimawirkungen

Das Projekt trägt in mehrfacher Hinsicht zur Reduktion schädlicher Klimawirkungen bei:

- Der Betrieb von Gebäuden benötigt einen relevanten Teil der konsumierten Endenergie, einen Großteil davon für Gebäudebeheizung. Passivhäuser reduzieren die für die Gebäudeheizung notwendige Energie und die daraus resultierende schädliche Klimawirkung auf ein Minimum.
- Während seines Wachstums speichert Massivholz Kohlendioxid (sogar ca. 1,8 kg CO₂ pro kg Holz). Während bei einem natürlichen, sich selbst überlassenen Wald die Kohlenstoffbilanz infolge von natürlichen Zerfallvorgängen ausgeglichen ist, wird einem bewirtschafteten Wald Kohlenstoff entzogen, das durch Photosynthese wieder nachgebildet wird. Wird das entnommene Holz und damit der enthaltene Kohlenstoff in Gebäuden gebunden, ergibt sich während der Nutzungsdauer eine negative Kohlenstoffbilanz. Nach Ablauf der Nutzungsdauer kann das Altholz verbrannt und dabei als erneuerbare (kohlendioxidneutrale) Energiequelle genutzt werden.
- Das Treibhauspotential wird als Leitindikator für die ökologische Optimierung der Aufbauten und Gebäude herangezogen.

1.4. Verwendete Methoden

1.4.1. Ökologische Bewertung

Nach der ökonomischen, bauphysikalischen und bautechnischen Optimierung der Grundrisse und der Aufbauten erfolgt eine ökologische Bewertung der Aufbauten. Die Bewertung erfolgt über den gesamten Lebenszyklus. Die Herstellung wird quantitativ mit den in ISO 21930 „Building Construction – Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products“ angeführten Indikatoren Primärenergieinhalt, Treibhauspotenzial, Versäuerungspotenzial, Photooxidantien-Bildungspotenzial, Überdüngungspotenzial und Ozonabbaupotenzial bewertet. Alle weiteren Lebensabschnitte (Transporte, Errichtung und Nutzung, Entsorgung) werden qualitativ bewertet. Die Ergebnisse werden analysiert und die Information für die Umsetzung in der Software verdichtet, damit der Anwender noch den Überblick behält. Jedenfalls wird das Treibhauspotential als Leitsubstanz hervorgehoben und eine zusammenfassende Bewertung durch das Autorenteam gegeben.

Zur Bewertung der Umweltbelastungen während des Herstellungsprozesses werden folgende Indikatoren herangezogen:

- Treibhauspotential
- Versäuerungspotenzial
- Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen
- Ökoindex OI3

Treibhauspotential

Das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) ist ein Maß für die relative Klimawirksamkeit eines Gases. Bezugsgröße ist das wichtigste Treibhausgas Kohlendioxid, dessen GWP-Wert mit 1 festgelegt ist. Die GWP-Werte hängen von der Wärmeabsorptionseigenschaft der Gase und ihrer Verweildauer in der Atmosphäre ab. Das Treibhauspotential kann für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) bestimmt werden. Der kürzere Integrationszeitraum von 20 Jahren ist entscheidend für Voraussagen bezüglich kurzfristiger Veränderungen aufgrund des erhöhten Treibhauseffekts, wie sie für das Festland zu erwarten sind. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 100 und 500 Jahren demgegenüber ist angebracht für die Evaluation des langfristigen Anstiegs des

Wasserspiegels der Weltmeere und dient beispielsweise dazu, die Treibhausgase unter der Begrenzung des totalen, anthropogen verursachten Temperaturanstiegs auf z.B. 2 °C zu gewichten.

Versäuerungspotential

Versauerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Durch eine Reihe von Reaktionen wie die Vereinigung mit dem Hydroxyl-Radikal können sich diese Gase innerhalb weniger Tage in Salpetersäure und Schwefelsäure umwandeln - beides Stoffe, die sich sofort in Wasser lösen. Die angesäuerten Tropfen gehen dann als saurer Regen nieder. Die Versauerung ist im Gegensatz zum Treibhauseffekt kein globales, sondern ein regionales Phänomen. Schwefel- und Salpetersäure können sich auch trocken ablagern, etwa als Gase selbst oder als Bestandteile mikroskopisch kleiner Partikel. Es gibt immer mehr Hinweise, dass die trockene Deposition gleiche Umweltprobleme verursacht wie die nasse. Die Auswirkungen der Versauerung sind noch immer nur bruchstückhaft bekannt. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versauerung von Seen und Gewässern, die zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Die Versauerung kann in der Folge Schwermetalle mobilisieren, welche damit für Pflanzen und Tiere verfügbar werden. Darüber hinaus dürfte die saure Deposition an den beobachteten Waldschäden zumindest beteiligt sein. Durch die Übersäuerung des Bodens kann die Löslichkeit und somit die Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Spurenelementen beeinflusst werden. Die Korrosion an Gebäuden und Kunstwerken im Freien zählt ebenfalls zu den Folgen der Versauerung.

Das Maß für die Tendenz einer Komponente, säurewirksam zu werden, ist das Versäuerungspotential AP (Acidification Potential). Es wird relativ zu Schwefeldioxid angegeben und für jede säurewirksame Substanz eine Äquivalenzmenge Schwefeldioxid in Kilogramm umgerechnet. Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotential.

Primärenergieinhalt

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI, „Bedarf an erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern“ wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtverbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der Primärenergieinhalt beinhaltet also z.B. auch die Energieaufwendungen für die Rohstoffgewinnung oder Energieverluste durch Abwärme. Er wird aufgeschlüsselt nach nicht erneuerbaren Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle, Atomkraft) und Energieträgern aus erneuerbaren Ressourcen (Biomasse, Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie). Für die vorliegende Studie wird der obere Heizwert aller eingesetzten nicht-erneuerbaren Ressourcen herangezogen.

Ökoindex für Baukonstruktionen

Der Ökoindex für Baukonstruktionen $OI3_{kon}$ wird aus den drei Ökokennzahlen PEI n. e. (Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern), GWP (Treibhauspotenzial) und AP (Versauerungspotenzial) berechnet. Der Wertebereich des $OI3_{kon}$ beträgt für übliche Konstruktionen ca. -30 bis 120 Punkte. Je höher der $OI3_{kon}$, umso ökologisch aufwendiger ist die Baukonstruktion. Negative Punkte sind nur durch ökologisch besonders optimierte Konstruktionen zu erreichen.

Datengrundlagen und Datenqualität

Die zur Bewertung der Aufbauten herangezogenen Baustoffe außer den Massivholzelementen stammen aus der IBO-Referenzdatenbank 2008. Die Basisdaten für Energie- und Transportsysteme stammen aus [ecoinvent 2004]. Die Daten stellen Durchschnittswerte für Baumaterialien, Transporte oder Energiesysteme dar. Die im vorliegenden Bericht und mit

dem Tool berechneten Indikatoren können daher nur als allgemeine Richtwerte dienen. Die tatsächlichen Werte eines Gebäudes können je nach Gegebenheiten auch sehr stark von den Referenzwerten abweichen.

Systemgrenzen

Folgende Systemgrenzen wurden bei der Bilanzierung der Massivholzelemente angesetzt.

- Die Produkte werden stufenkumuliert von der Rohstoffgewinnung bis zum Werktor, sprich Auslieferung des verkauffertigen Produkts, bilanziert.
- Konstruktionen werden als die Summe der verarbeiteten Baustoffe einschließlich aller Hilfsmaterialien (Kleber, Mörtel, Dübel etc.) bilanziert. Abschnitte oder sonstige Materialverluste werden nicht berücksichtigt.
- Die Lebenszyklusanalyse erlaubt keine Systemabgrenzung nach geografischen Kriterien. Die vorgelagerten Prozessketten für die Bereitstellung von Endenergien, von Hilfsgütern oder Dienstleistungen werden deshalb ohne Rücksicht auf geografische Grenzen zurückverfolgt. Alle Importprodukte werden mit Energie und Emissionen belastet, wie sie für eine Herstellung unter österreichischen Bedingungen typisch wären. Das Gebiet des Endverbrauchs ist auf Österreich beschränkt.
- Chemische und physikalische Prozesse, die bei manchen Produkten noch während der Nutzungsphase ablaufen, wie zum Beispiel das Ausdiffundieren von HFKW aus XPS-Platten, werden dem Produktionsprozess zugeordnet und daher bilanziert.
- Alle Inhaltsstoffe werden mit allen vorgelagerten Prozessen bilanziert.
- Alle Hilfsstoffe wie Schalöl, Katalysatoren etc., die direkt zur Erzeugung des Produkts notwendig sind, werden bilanziert.
- Betriebsmittel (Hydrauliköl, Reinigungsmittel etc.) werden nicht bilanziert.
- Für Verpackungsmaterialien werden alle vorgelagerten Prozesse und die Entsorgung von der Baustelle gemäß ARA-Statistik bilanziert.
- Die Prozessenergie wird mit allen vorgelagerten Prozessen bilanziert.
- Der Energiebedarf für Heizung und Verwaltungsgebäude im Werk befindet sich außerhalb der Systemgrenzen.
- Der innerbetriebliche Verkehr im Herstellerwerk wird nur dann bilanziert, wenn er von Relevanz ist.
- Diffuse Staubemissionen (z.B. Staubaufwirbelungen durch Erdbewegungen oder Transporte) können im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt werden.
- Zu entsorgende Abfälle werden gemäß [Ökoinventare 2004] bilanziert, verwertete Abfälle werden nicht bilanziert.
- Unfälle und Störfälle werden nicht berücksichtigt.
- Für Strom wird ein europäischer Strommix angenommen.
- Die verwendeten Daten stammen aus dem Zeitraum 1999 – 2008. Es werden die jeweils aktuellsten Daten verwendet.

Weitere Details zu Bilanzgrenzen der IBO-Referenzbaustoffe siehe IBO (2009).

1.4.2. Methoden der architektonischen, statischen und softwaretechnischen Recherche

- Auflistung von Massivholzplattenherstellern und ihren Produkten mit den spezifischen Kennwerten in den Bereichen Statik, Bauphysik und Bauökologie
- Analyse von Holzbauprojekten die zum großen Teil als Passivhäuser ausgeführt wurden
- Erarbeitung von Grundrisstypologien anhand der Analyse der üblichen Spannweiten, der Raumgrößen, der Erschließung und der Sanitärbereiche der Beispielprojekte
- Erstellung eines Aufbauten- und Detailkataloges mit einem Bewertungssystem der bauökologischen und bauphysikalischen Eigenschaften
- Allgemeine Recherche zu Massivholzelementen mit dem Fokus auf Brettsperrholz (Internet-, Literaturrecherche)

- Sammeln und Analyse von Bemessungsmethoden und –programmen von Brettsperrholz (Literaturstudie, Anfragen bei Massivholzplatten-Herstellern sowie Fachplanern)
- Vereinfachung und Standardisierung der Vorbemessung von Brettsperrholzplatten
- Erarbeitung einer Berechnungsmethode zur statischen Vordimensionierung und Einbeziehung derselben in die Software
- Implizierung aller erarbeiteten Teilbereiche in den softwarebasierten Lösungskatalog
- Evaluierung der Berechnungsmethode mittels Vergleich mit anderen Bemessungsprogrammen

1.5. Aufbau der Arbeit

Nach einem einleitenden Kapitel zur Einführung in die Thematik und der allgemeinen Zielsetzung des Forschungsprojektes folgen Begriffsdefinitionen zum modular aufgebauten System und zur Vorfertigung. Anschließend werden im Punkt Ausgangslage, Ziele und Innovationsgehalt die Relevanz und die Einsatzmöglichkeiten des Projektes dargelegt.

Im Kapitel Grundlagenstudium und Recherche wird Grundlegendes zur Massivholzplatte und zum Passivhaus erläutert. Darauf folgt eine Auflistung der mechanischen, bauphysikalischen und bauökologischen Daten von ausgewählten Massivholzbauerelementen.

Eine Ist-Analyse der digitalen Informationssysteme im ökologischen Bauwesen und ein auf die Zielgruppe zugeschnittenes Soll-Konzept wurden erstellt. Nach der Miteinbeziehung von zusätzlichen KO-Kriterien ergibt sich daraus eine short-list möglicher Softwaretechnologien.

Das darauf folgende Kapitel beinhaltet die Grundlagenforschung und -entwicklung der standardisierten modularen Holzmassivbauweise. Zum Großteil als Passivhaus ausgeführte Holz- oder Holz-mischbauten im Bereich Wohn- und Bürobau werden dokumentiert und mit schematischen Grundrissen unterlegt. Nach einer Analyse der Spannweiten und Raummaße dieser Beispielprojekte werden die typenhaften Grundrisse des modularen Systems entwickelt. Es folgt eine Aufstellung nach der Erschließungsart mit einer Auflistung der Vor- und Nachteile des jeweiligen Systems.

Nach der Analyse gängiger Berechnungsmethoden, wird die für die Software entwickelte Berechnungsmethode in einzelnen Schritten angeführt.

Anschließend werden die ausgearbeiteten Aufbauten und Anschlüsse mit einer Beurteilung zur Praxistauglichkeit angeführt. Zu jedem Aufbau erfolgt eine bauphysikalische Berechnung. Es folgt eine vergleichende ökologische Bewertung eines beispielhaften Wohnbautyps.

Die Nutzerfreundlichkeit wurde in einem Testverfahren evaluiert. Die wichtigsten Erfahrungen sind im Text angeführt, die vollständigen Protokolle sind im Anhang zu finden.

Das Kapitel zur gewählten Software beinhaltet Informationen zum Aufbau derselben mit einer Aufschlüsselung der Gliederung und beispielhaften Darstellungen.

Abschließend werden die Ergebnisse und Schlussfolgerungen in den Bereichen der Planung und Gestaltung, der Bauphysik und Bauökologie und die Software betreffend aufgezeigt.

2. INHALTLICHE DARSTELLUNG

2.1. Allgemeine Einführung in die Thematik – Ausgangssituation

Das positive Image des Passivhauses muss in der Bevölkerung verankert werden. Dafür müssen ein hoher Qualitätsstandard eingehalten und negative Erfahrungen vermieden werden.

2.2. Ziele des Projektes

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es aus der Vielzahl der Bauweisen und Bauelemente ein praxismgerechtes, ökologisch und ökonomisch vorteilhaftes System zu entwickeln und in einem digitalen softwarebasierten Lösungskatalog zu etablieren.

Die Verbesserung zu bestehenden Wand, Decken und Dachsystemen einzelner Massivholzhersteller liegt in der Entwicklung eines speziell modular aufgebauten Konstruktionssystems, welches für die verschiedenen Spannweiten und Geschossanzahlen gleich die Vordimensionierung der tragenden Elemente mit zugehörigen Knotenpunkten bzw. Details mitliefert. Durch die bauphysikalisch berechneten und optimierten Aufbauten mit den richtigen Stärken der tragenden Teile wird das Fehlerrisiko minimiert.

Gleichzeitig werden prinzipielle Kosten sparende Grundrisslösungen für die verschiedenen Wohnformen und Bürolösungen angeboten.

Nach der ökonomischen Optimierung der Grundrisse und der Aufbauten erfolgt eine ökologische Bewertung der Aufbauten. Die Bewertung erfolgt umfassend über den gesamten Lebenszyklus.

Die geplante Software dient den Holzverarbeitenden Betrieben aber auch Planern als wichtiges Werkzeug für die Planung von Holzmassiv-Passivhäusern. Das Software-Tool wird gratis Online zur Verfügung stehen. Durch die Entwicklung eines geeigneten Planungs- und Berechnungswerkzeuges für den Bau von Massivholz-Passivhäusern wird die Hemmschwelle solche Projekte auszuführen gesenkt und damit die Verbreitung von mit nachwachsenden Rohstoffen gebauten und energetisch minimierten Häusern gefördert.

2.3. Begriffsdefinitionen:

2.3.1. Modular aufgebautes Konstruktionssystem

Je Grundrisstyp gibt es eine minimale Grundeinheit, entwickelt aus den minimalen Raumanforderungen der jeweiligen Nutzung.

Die ursprünglich in Schritten zu 25 cm geplante Erweiterbarkeit in Spannrichtung (basierend auf dem Ausbauraster von 125cm) wurde auf eine Erweiterbarkeit in kleineren Schritten zu je 1cm ausgedehnt. Die statische Berechnung folgt ebenfalls diesem System.

Die Aufbauten und ausgewählte Anschlüsse können einem *Baukastenprinzip* gleich zusammengestellt werden.

2.3.2. Vorfertigung

Vorfertigung – Raster – Fugen

Die Vorfertigung ist der Übergang vom traditionellen Handwerk zur industriellen Produktion. Sie entwickelte sich während der Industrialisierung im 19. Jahrhundert aus den neuen Produktionsmöglichkeiten, welche die rasche Herstellung standardisierter Bauelemente erlaubten. Die kleinen Elemente wurden in der weiteren Entwicklung im Werk zu größeren Einheiten zusammengebaut und innerhalb kurzer Zeit auf der Baustelle zu einem Gebäude zusammengefügt.

Vorteile und Nachteile der Vorfertigung im Holzbau

Vorteile

- Verkürzung der Bauzeit durch Vorfertigung im Werk (bis 60 – 80 %)
- Qualitätsverbesserung durch präzisere Arbeitsabläufe im Werk
- Schutz der Holzkonstruktion durch witterungsunabhängige Fertigung im Werk
- Entfall der Lagerung der Baumaterialien auf der Baustelle
- Reduzierung der Lärmemissionen vor Ort
- Schnittstellenminimierung durch den Einbau von Ausbauteilen (z.B. Fenster und Türen) und Installationen ab Werk möglich
- Reduktion der Herstellungskosten durch Zeitersparnis auf der Baustelle
- Reduktion der Finanzierungskosten durch Verkürzung der Vorfinanzierungszeit

Nachteile

- Erhöhter Planungsaufwand (ist unter anderem in der österreichischen Honorarordnung für Architekten nicht berücksichtigt)
- Bauwerksfugen durch Elementstöße (Fugenabdichtung und Toleranzmaße müssen je nach Gebäudegröße und –nutzung in der Planung berücksichtigt werden)
- Beschränkung der Elementgrößen durch die Transportmöglichkeiten
- Zugänglichkeit der Baustelle muss für Kräne möglich sein (je nach Größe der vorgefertigten Elemente)

Der Vorfertigungsgrad

Heute kommen bei fast allen neuen Holzbauten vorgefertigte Elemente zum Einsatz. Zusätzlich werden vermehrt standardisierte Halbfabrikate wie z.B. I-Träger und Brettsperrholz verwendet. Von Vorfertigung spricht man meist dann, wenn im Werk einige Elemente zu einem größeren verbunden werden (z.B. Tafelbau).

In der ÖNORM B 2310 wird der Fertighausbau durch die werkseitige, witterungsunabhängige Vorfertigung von geschoßhohen Großtafeln, Raumzellen oder Decken- und Dachelemente definiert, welche auf einem vorbereiteten Untergrund zu einem Bauwerk zusammengefügt werden.

Geringer Vorfertigungsgrad

Von einer Konstruktion mit geringem Vorfertigungsgrad spricht man, wenn nur punktuell vorgefertigte Elemente zum Einsatz kommen. Es kann sich zum Beispiel um Aufzugsschächte, Stiegenläufe und ähnliches handeln. Einen geringen Vorfertigungsgrad weisen auch vorgefertigte, stabförmige Holzbausysteme auf, deren Bestandteile bereits im Werk fertig abgelängt und mit Knotenanschlüssen versehen wurden (z.B. Skelettbau). Ein vorgefertigtes Skelettsystem kann bei mehrgeschossigen Bauten mit Klein- oder Großtafeln ergänzt werden, wodurch sich der Grad der Vorfertigung des gesamten Gebäudes erheblich steigern lässt.

Mittlerer Vorfertigungsgrad

Einen mittleren Vorfertigungsgrad weist z.B. der Kleintafelbau auf. Auch kleinere Decken- und Wandelemente von Systemanbietern fallen in diese Kategorie. Charakteristisch für diesen Grad der Vorfertigung ist die Anfertigung der Elemente im Rastermodul. Dafür kann zum Beispiel der Fensterraster oder das Plattenformat der Beplankungen herangezogen werden (z.B. 62,5 cm und Vielfaches: 125, 250 cm).

Hoher Vorfertigungsgrad

Ein hoher Grad an Vorfertigung kann mit dem Großtafelbau erzielt werden. Die Tafeln haben Formate, die es ermöglichen, ganze Raumwände bzw. sogar Hauswände aus einem Stück herzustellen. Üblich sind liegende, hauslange, geschoßhohe Elemente und maximal 2,8 m (3,2 m) breite und 2- bis 3-geschoßhohe Elemente. Die Fertighausproduzenten verwenden üblicherweise liegende Großtafeln.

Sehr hoher Vorfertigungsgrad

Der Raumzellenbau ermöglicht den höchsten Grad an Vorfertigung. Das Gebäude entsteht dabei durch das Aufeinanderstapeln und Fixieren ganzer Raumeinheiten. Die Größe der vorgefertigten Raumstrukturen wird durch das Gewicht und die Transportmaße bestimmt.

Wahl des Vorfertigungsgrads

Folgende Faktoren haben Einfluss auf die Größe und Art der vorgefertigten Elemente:

- Entwurfsgestaltung
- Anzahl der Geschosse
- Raum- und Fenstergrößen bzw. Raum- und Fensteraufteilung
- Wirtschaftliche Spannweiten, Knotenpunkte, Raster des sekundären Tragsystems
- Handelsübliche Formate von Platten und Verkleidungsmaterialien, Fenster- und Türelementen
- Transportmöglichkeiten
- Verfügbare Hebewerkzeuge für die Montage vor Ort
- Serienfertigung oder Einzelanfertigung
- Produktionskapazität bzw. Infrastruktur des ausführenden Betriebs

Planung und Ausführung

Vorweg lässt sich sagen, dass die Beteiligung der Fachleute, vor allem des Holzbauunternehmens, bereits in der Planungsphase angestrebt werden sollte. Dies ermöglicht eine effizientere Planung und eine bessere Abstimmung der Montageabläufe durch das Einbeziehen der Spezialplaner und deren firmenspezifischen Möglichkeiten.

Fugenausbildung im vorgefertigten Bauen

Im vorgefertigten Bauen spielt die Anordnung der Elementfugen eine bedeutende Rolle. Diese sollte sich an einem gängigen Rastersystem bzw. an den Formaten des bevorzugten Dämmmaterials orientieren, um den Fertigungsprozess zu vereinfachen und den Materialverschnitt gering zu halten. Um bei der Dämmung die Verluste durch das Zuschneiden zu minimieren, können einblasbare Materialien (z.B. Zellulose) eingesetzt werden. Gängige Achsraster sind:

62,5 cm und ein Vielfaches: 125, 250, 500 cm

100 cm und ein Vielfaches: 200, 400 cm

Die meisten Holzwerkstoffplatten sind in diesen beiden Maßsprüngen erhältlich. Das Angebot variiert je nach Hersteller.

Sonderformate: Fassadenverkleidungen, Platten in „Übergrößen“

Kleinformat: viele Produkte sind in handlichen „Ein-Mann-Platten“ und noch kleineren „Kofferraum-Platten“ erhältlich.

(Ambrozy 2005: S.124)

2.4. Ausgangslage, Ziele und Innovationsgehalt des Projektes

2.4.1. Innovationsgehalt

Österreichweit haben die Landesregierungen durch Förderungen für den Passivhausbau die Weichen für eine großflächige Verbreitung des Passivhauses gestellt. Um den Bau von Passivhäusern nachhaltig zu forcieren, muss das positive Image des Passivhauses in der Bevölkerung verankert werden.

Es gibt derzeit kein Planungswerkzeug für die Errichtung von Massivholzpassivhäusern welches sich auf die verschiedenen funktionellen Lösungen für Wohn- aber auch Bürobau und einer statischen Vordimensionierung mit entsprechenden Detaillösungen bezieht.

Die Verbesserung zu bestehenden Wand, Decken und Dachsystemen einzelner Massivholzhersteller liegt in der Entwicklung (=Hauptziel) eines speziell modular aufgebauten Konstruktionssystems, welches für die verschiedenen Spannweiten und Geschossanzahlen gleich die Dimensionierung der tragenden Elemente mit zugehörigen Knotenpunkten bzw. Details mitliefert. Durch die bauphysikalisch berechneten und optimierten Aufbauten mit den richtigen Stärken der tragenden Teile wird das Fehlerrisiko minimiert.

Wie bereits in mehreren Studien nachgewiesen wurde, kann das angestrebte System (Massivholz + Passivhäuser) einen doppelten Beitrag zum Klimaschutz liefern (CO₂-Bindung in Holz + Minimierung des Energiebedarfs für die Gebäudebeheizung). Durch die zielgenaue modulare Systembauweise sind weitere ökologische Benefits wie Optimierung des Ressourceneinsatzes, Minimierung des Produktionsabfalls oder der Transportwege zu erwarten. Weitere ökologische Ziele sind eine weitgehende Trennbarkeit der einzelnen Aufbauschichten und damit wieder in den Stoffkreislauf rückführbare Materialien zu erreichen. Die Aufbauten sind daher in der zukünftigen Nutzung vergleichsweise einfach adaptierbar.

2.4.2. Relevanz des Vorhabens im Verhältnis zu vergleichbaren, bestehenden Lösungen

In Österreich ist die Struktur der Holzverarbeitenden Betriebe aber auch bei Planern durch Klein- und Mittelbetriebe geprägt. Derzeit ist es für eingangs erwähnte Betriebe nicht möglich, neben dem Tagesgeschäft noch zusätzlich Entwicklungsarbeit zu leisten. Weiters sind die meisten Zimmereibetriebe nicht in der Lage mehrgeschossige statisch komplexe Holzbauten rasch und damit kosteneffizient zu berechnen. Durch die Entwicklung eines geeigneten Planungs- und Berechnungswerkzeuges für den Bau von Massivholz-Passivhäusern wird die Hemmschwelle solche Projekte auszuführen gesenkt und damit die Verbreitung von mit nachwachsenden Rohstoffen gebauten und energetisch minimierten Häusern gefördert.

2.4.3. Einsatzmöglichkeit und Nutzen der Projektergebnisse

Die geplante Software dient den Holzverarbeitenden Betrieben aber auch Planern als wichtiges Werkzeug für die Planung von Holzmassiv-Passivhäusern. Das Software-Tool wird gratis Online zur Verfügung stehen. Durch die Entwicklung eines geeigneten Planungs- und Berechnungswerkzeuges mit statischer Vordimensionierung für den Bau von Massivholz-Passivhäusern wird die Hemmschwelle solche Projekte auszuführen gesenkt und damit die Verbreitung von mit nachwachsenden Rohstoffen gebauten und energetisch minimierten Häusern gefördert.

2.5. Grundlagenstudium und Recherche

Der heute angewandte Massivholzbau ist im historischen Blockbau begründet, welcher eine der ältesten Methoden des Holzbaus ist. Er zeichnet sich durch eine flächige Anwendung von massiven Holzelementen aus und wird hauptsächlich im Einfamilienhausbau – und immer mehr im Geschosswohnbau - eingesetzt. Die Funktionen des Dämmens und des Tragens sind beim Massivholzbau meistens getrennt. Dadurch erhöht sich zwar die Wandstärke im Vergleich zu anderen Holzbausystemen, es ermöglicht aber eine beinahe wärmebrückenfreie Konstruktion. Durch den hohen Materialverbrauch ist der Massivholzbau gegenüber anderen Holzbausystemen etwas teurer, schafft aber auf Grund der feuchtigkeitsregulierenden Fähigkeit des nicht versiegelten und raumseitig sichtbaren Massivholzes ein sehr behagliches Wohnklima. Die Aussteifung der Gebäude erfolgt durch die Scheibenwirkung der Wand- und Deckenflächen, bei nicht verleimten Elementen oft in Kombination mit Zusatzmaßnahmen wie Holzwerkstoffplatten oder Diagonalen bzw. mit aussteifenden Kernen in Stahlbeton.

Brettschichtholzbau

Brettschichtholz (abgekürzt auch BS-Holz oder BSH) besteht aus mindestens drei faserparallel miteinander verklebten getrockneten Brettern oder Brettlamellen aus Nadelholz.; zumeist werden Fichte, Kiefer und Lärche verwendet. Infolge der Festigkeitssortierung des Ausgangsmaterials und der Homogenisierung durch schichtweisen Aufbau ergibt sich sowohl eine Vergütung des Werkstoffes Holz als auch eine bis zu 80% höhere Tragfähigkeiten gegenüber üblichem Bauholz (Vollholz). Man unterscheidet homogenes (alle Einzellamellen aus derselben Sortierklasse) und kombiniertes Brettschichtholz (innere und äußere Lamellen eines Querschnitts aus unterschiedlichen Sortierklassen).

Neben einfachen, geraden Bauteilen sind Formen mit variablem Querschnitt und/oder einfacher Krümmung üblich. Auch doppelt gekrümmte und tordierte Bauteile sind möglich. Brettschichtholz eignet sich besonders für hochbelastete und weit gespannte Bauteile mit hohen Ansprüchen an Formstabilität und Optik.

([http://www.dataholz.com/cgi-in/WebObjects/dataholz.woa/wa/baustoff?baustoff=-Brettschichtholz &language=de](http://www.dataholz.com/cgi-in/WebObjects/dataholz.woa/wa/baustoff?baustoff=-Brettschichtholz&language=de), Zugriff am 16.11.2009)

Brettstapelbau

Der Brettstapelbau stammt ursprünglich aus Nordamerika und Neuseeland. Ein Element besteht aus vertikalen Seitenwarenbrettern, stumpf gestoßen oder keilgezinkt, welche



nebeneinander gestapelt werden und untereinander mit Hartholzdübeln (z.B. Buche, stärker getrocknet als Bretter) oder durch Nägel versetzt verbunden bzw. auch verleimt werden.

Dadurch entstehen Elemente, welche schließlich miteinander zu einem Tragwerk verbunden werden. Durch die senkrechte Anordnung der einzelnen Bretter im Brettstapel werden die senkrechten Schwind- und Quellverformungen der Wände gegenüber dem herkömmlichen Blockbau stark reduziert. In Querrichtung verteilt sich das Schwinden und Quellen bei nicht verleimten Elementen auf sehr viele Fugen auf. Die Oberflächen können in Sichtqualität ausgeführt werden.

Abbildung 1 Brettstapeldeckenelemente mit Nut- und Federverbindung

Brettsperrholzbau



Abbildung 2 Brettsperrholzelemente, noch unbesäumt

Der Brettsperrholzbau stellt gegenüber dem Brettstapelbau eine weitere Verbesserung der Holzmassivbautechnik dar. Durch die kreuzweise Anordnung und Verleimung der Bretter werden die Schwind- und Quellverformungen nochmals reduziert. Die Decklagen werden bei einigen Herstellern aus Einschichtplatten gefertigt und haben daher Sichtqualität. Für statische und brandschutztechnische Erfordernisse können die Decklagen stärker ausgeführt werden.

(Ambrozy 2005: S.118)

Die oben angeführten Vorteile des Brettsperrholzes begründen die Entscheidung, ein Hauptaugenmerk des Forschungsprojektes auf diesen – im Vergleich zu anderen Bauweisen - „neuen“ Baustoff zu legen. In diesem Kontext ist auch anzuführen, dass der etablierte, auf Holzbau spezialisierte Architekt DI Hubert Rieß die Aussichten für den Brettsperrholzbau gut eingeschätzt, weil er schnell, trocken, leicht, sehr genau und schlanker als andere Konstruktionsweisen ist. (vgl. <http://www.proholz.at/zuschnitt/31/brettsperrholz-planer.htm>, Zugriff am 19.01.2009)

2.5.1. Brettsperrholz

Allgemeines

Brettsperrholz (BSP) wird in der Literatur als „mehrschichtig verklebtes flächenhaftes Holzprodukt“ definiert, wobei die Faserrichtung der aus Brettern bestehenden Einzelschichten rechtwinklig zueinander angeordnet ist. Der Querschnittsaufbau (d.h. Orientierung, Dicke und Festigkeitsklasse der Einzelschichten) ist zur Mittelebene symmetrisch. (vgl. enBR:2007, 2007)

Im Allgemeinen werden 3-, 5-, 7- und mehrschichtige Aufbauten hergestellt. Die Dicken der einzelnen Lagen können unterschiedlich sein. Die Deck- und Mittellagen sind aus Bretter aus Nadelholz, bevorzugt Fichte gefertigt. Primär kommt die Festigkeitsklasse C24 gemäß EN 338 zur Anwendung. Um der Rollschubbeanspruchung entgegenzuwirken kann für die Querlagen auch C16 oder C18 verwendet werden – da diese bezüglich Schub tendenziell höhere Festigkeiten erreichen.

Das Tragverhalten wird durch die Nenndicke und den Plattenaufbau bestimmt. Die primäre Tragrichtung entspricht der Orientierung der Decklagen. Durch die kreuzweise Anordnung von Längs- und Querlamellen können Lasten nicht nur, wie z.B. bei Stützen oder Balken in eine Richtung, sondern allseitig abgetragen werden, wodurch eine Platten- bzw. Scheibenwirkung entsteht.

Herstellung von Brettsperrholz

Brettsperrholzplatten werden aus kreuzweise übereinander gestapelten und miteinander verklebten Brettern bzw. keilgezinkten Brettlamellen hergestellt. Als Ausgangsprodukt für die BSP-Platte werden sägeraue Bretter verwendet. Diese stammen vorwiegend aus den Stammrandzonen, da dieses Holz die besten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften besitzt. Vor der Verklebung werden die Einzelbretter visuell bzw. maschinell festigkeits-sortiert und gehobelt.

Die Anforderungen an die Keilzinkverbindungen für Brettsperrholz sind in den jeweiligen Zulassungen definiert. Mehrheitlich werden dieselben Keilzinkenprofile wie in der

Brettschichtholzproduktion verwendet, wobei das Zinkenprofil auf der Flachseite zu sehen ist.

Um Fugen zwischen den Brettern einer Schicht zu reduzieren, produzieren einige Hersteller im ersten Schritt aus dem Brett bzw. der Brettlamelle großformatige Einschichtplatten mittels Schmalseitenverklebung. Lediglich bei stärkeren Decklagen, kann sich diese Fertigungsweise nachteilig auswirken, da im Falle deutlich geringerer Luftfeuchte Trocknungsrisse auftreten können.

Seine statischen Eigenschaften erlangt Brettsperrholz erst durch die fachgerechte Verklebung der einzelnen Brettlamellen und Brettschichten. Der verwendete Klebstoff hat die Mindestanforderung bezüglich Zug- bzw. Biegefestigkeit der Keilzinkverbindung sowie der Scher- und Schubfestigkeit der Flächenverklebung zu erfüllen. Weiters müssen die Klebstoffe den Anforderungen unter Temperatur-, Brand- und Langzeitbeanspruchung entsprechen. Derzeit kommen zwei normativ geregelte Klebstofffamilien zur Anwendung: Aminoplaste (Aminoplaste Melamin Formaldehyd Klebstoff (MF) und Melamin Harnstoff Formaldehyd Klebstoff (MUF)) sowie einkomponentige Polyurethanklebstoffe (1 K-PUR).

Aus der Herstellung von Brettschichtholz abgeleitet (EN 386) ergibt sich für die Flächenpressung der Brettsperrholzschichten einen erforderlichen Pressdruck von 0,6 N/mm² bis 0,8 N/mm², der in der Regel hydraulisch aufgebracht wird. Alternativ kann ein Vakuumverfahren angewendet werden, wobei die mit Klebstoff versehenen Schichten in eine luftdichte Folie eingehüllt werden, woraus die Luft abgepumpt wird. Dabei wird ein maximaler Pressdruck von nur 0,1 N/mm² erreicht. Aufgrund dieses geringen Pressdruckes werden bei diesem Verfahren die Brettlamellen zusätzlich mit Entlastungsnuten versehen, um die Querbiege- und Torsionssteifigkeit zu reduzieren. Ein Sonderverfahren stellt die Klammerpressverklebung dar, wobei Einschichtplatten mit besonders ebenen Oberflächen in Kombination mit einem 1-K-Polyurethanklebstoff verwendet werden.

An den erforderlichen Pressdrücken wird ersichtlich, dass für die hydraulische Flächenpressung bei großen Flächen erhebliche maschinentechnische Kräfte bewältigt werden müssen. Diese können umgangen werden, indem Kleinsysteme hergestellt werden, welche in Folge mittels Generalkeilzinkenverbindung verbunden werden.

Standardmäßig wird die fertige Brettsperrholzplatte nur an den Rändern besäumt. Die Oberflächenqualität des fertigen Produkts gehobelt über geschliffen bis zur Aufbringung von weiteren Schichten, wie 3-Schichtplatten, OSB-Platten etc.

(Augustin u.a., 2009 und http://www.proholz.at/forschung_technik/portraits03.htm, Zugriff am 03.12.2008)

2.5.2. Charakteristika des Konstruierens mit Brettsperrholz

Massiver Holzbau

Brettsperrholzplatten bestehen zur Gänze aus Vollholz und sind als vollflächige massive Rohbauelemente zu verstehen. Durch den speziellen Querschnittsaufbau von Brettsperrholzplatten – also den kreuzweise verleimten Schichten - wandelt sich der gerichtete Werkstoff Holz in ein Material mit Platten- bzw. Scheibenwirkung. Somit können Brettsperrholzplatten u.a. als Wand-, Decken- und Dachelemente eingesetzt werden. Die Holz-Massivbauweise mit Brettsperrholz zeichnet sich durch eine hohe Gebäudesteifigkeit aus. Dadurch wird eine höhere Wertbeständigkeit von Gebäuden bzw. Gebäudehüllen erzielt.

In der Massivbauweise in Holz von ist die Dämmebene klar von der Tragstruktur getrennt - siehe z.B. Außenwände. Im Gegensatz zur Leichtbauweise, wo mit Tafeln beplankte, stabförmige Produkte für die Lastabtragung verantwortlich sind, werden bei der massiven Holzbauweise großformatige, flächenhafte Elemente eingesetzt.

(http://www.proholz.at/forschung_technik/portraits03.htm, Zugriff am 03.12.2008)

Mechanische Eigenschaften

Durch die kreuzweise Verleimung der Längs- und Querlamellen wird das Quellen und Schwinden der Platten und Scheiben auf ein Minimum reduziert und die Belastbarkeit des Holbauelementes erhöht. Wo Holzrahmen- und Skelettbauweise hinsichtlich Belastbarkeit

und aufwendiger Ausbildung von horizontalen Gebäudefugen an ihre Grenzen stoßen (vor allem beim mehrgeschossiger Bau), zeigt sich der Vorteil von großformatigen BSP-Platten, die geschossübergreifend eingesetzt werden können.

Schnelle und wirtschaftliche Bauweise

Großformatige Elemente, eine hoher Vorfertigungsgrad, sowie einfache, teils vorgerichtete Anschlüsse bedingen kurze Errichtungs- und Montagezeiten sowie kostengünstiges Bauen.



Abbildung 3: Ökonomisches Bauen mit großflächigen Brettsperrholzelementen

Ökologischer Baustoff

Holz ist der einzige natürlich nachwachsende Baustoff. Holzbau ist somit eine natürliche und nachhaltige Bauweise.

Zudem hat Holz die Fähigkeit CO₂ aus der Atmosphäre zu binden und wirkt somit dem Treibhauseffekt entgegen. Diese natürliche Eigenschaft steht im völligen Gegensatz zum klassischen Massivbau, wo in der Herstellung des Baustoffes wesentlich mehr Energie verbraucht und somit CO₂ produziert wird.

Brettsperrholzplatten sind ökologisch recyclebar. Daraus gewonnenes Hackgut, kann entweder zu Holzwerkstoffen weiterverarbeitet, oder als hochwertiges Brennmaterial entsorgt werden, wobei nicht mehr Rückstände als bei unverleimten Holz entstehen.

Gebrauchstauglichkeit - Schwingungen

Große Spannweiten im Wohnungs- und Bürobau beeinflussen das dynamische Verhalten der Decken meist negativ. Gleichzeitig sind die Komfortansprüche der Nutzer gestiegen, womit schon ein leichtes Schwingen oder Vibrieren der Decke als Mangel empfunden wird. Im BSP-Handbuch (Augustin u.a., 2009) werden Forschungsarbeiten bzw. Versuche zu Schwingungen im Brettsperrholzbau betrachtet und wie folgt zusammengefasst: „Die in situ untersuchten Rohdecken wiesen gemessene und berechnete Frequenzen größer als 8 Hz auf und erfüllten das rechnerische Steifigkeitskriterium. Trotzdem waren Schwingungen spürbar und häufig auch störend. Erfüllen die Decken jedoch zusätzlich die ‚gehobenen‘

Anforderungen an den Schallschutz, indem sie mit einem schwimmenden Estrich versehen werden, werden sie als wenig bis gar nicht schwingungsanfällig bewertet. D. h. ihr Schwingungsverhalten wurde als angenehm bewertet, da keine bzw. nur geringe Schwingungen spürbar waren, wenn man sich darauf konzentrierte.“

Wärmeschutz

Holz besitzt im Vergleich zu anderen statisch wirksamen Baustoffen eine verhältnismäßig niedrige Wärmeleitfähigkeit. Der Wärmewiderstand entspricht in etwa einem Drittel derjenigen eines Wärmedämmstoffes.

Die spezifische, auf einen m³ Baustoff bezogene Wärmekapazität c ist verhältnismäßig hoch. Die wirksame Speichermasse von Massivholzbauten (siehe ÖNORM EN ISO 13786), d.h. das dynamische Potential zur Einspeicherung von Wärme bei Schwankungen der Oberflächentemperaturen, liegt in etwa zwischen Stahlbeton- und klassischer Leichtbauweise (Rahmen- oder Riegelbau). Bei Einhaltung von natürlichen Maßnahmen für den sommerlichen Überhitzungsschutz (Außenliegender Sonnenschutz, moderate Verglasungsflächen, Optimierung nächtliche Lüftung zur Vorkühlung der Speichermassen) ist der Einfluss der Baustoffe auf die sommerliche Behaglichkeit verhältnismäßig gering.

Material	Rohdichte ρ	Wärmeleitfähigkeit λ	Spez. Wärmekapazität c	Wärmeeindringtiefe δ
	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	[cm]
Stahl	7850	60	480	66,2
Beton	2400	2,3	1130	15,3
XPS	35	0,035	1400	14,0
Ziegel	1000	0,45	920	11,6
Glas	2500	0,81	840	10,3
Holz	500	0,13	1600	6,7

Tabelle 1 Vergleich der Materialkennwerte verschiedener Baustoffe gereiht nach der Wärmeeindringtiefe bei einer Periodendauer von 24 h (Quelle: BSPHandbuch, Augustin u.a., 2009)

Feuchteschutz

Gebäude sind ständig Feuchtigkeitsströmen sowohl von außen als auch von innen ausgesetzt.

Feuchtigkeitseinwirkungen von außen ergeben sich durch:

- Niederschlagswasser und Wasserdampfgehalt der Außenluft
- Bodenfeuchtigkeit und Sickerwasser
- Grund-, Druck-, und Stauwasser
- Löschwasser im Brandfall.

Die Feuchtigkeitseinwirkungen von innen sind:

- Neubaufeuchtigkeit als Ursache der Bauherstellung
- Wasserdampf durch Haushalt und Körperpflege sowie die Feuchtigkeitsabgabe von Menschen und Tieren
- Wasser, das in Feuchträumen wie Bädern, Küchen usw. anfällt
- Reinigungswasser, Gießwasser und Wasser aus schadhaften Leitungen
- Tauwasser auf den Oberflächen oder im Inneren von Bauteilen durch Kondensation von Wasserdampf

Die Dampfdiffusion wird in Kapitel 2.12 beschrieben.

Beim Kontakt von Brettsperrholzplatten mit kalten Oberflächen wie z.B. Fundamentplatten und Kellerdecken ist auf die Konstruktion besonderes Augenmerk zu legen. Hier kann es im Bereich des Auflagers zu Feuchteansammlung und daraus bedingter Schädigung der Brettsperrholzplatte im Auflagerbereich kommen. Es ist jedenfalls darauf zu achten, dass in diesem Bereich keine hohen relativen Feuchten auftreten können, z. B. durch eine ausreichende Dämmung unter der Fundament- bzw. Kellerplatte.

Um eine Feuchteaufnahme – z.B. bei Regen in der Bauzeit – zu vermeiden, soll Hirnholz generell nicht direkt auf der Betonplatte zu stehen kommen. Das kann durch die Anordnung einer Abdichtung und einer aufliegenden Richtschwelle aus einer feuchteresistenten Holzart wie Eiche oder Robinie vermieden werden. (Augustin u.a., 2009)

Luftdichtigkeit

Ein Mindestwert der Luftdichte der Außenhülle eines Gebäudes ist aus folgenden Gründen anzustreben:

- Vermeidung von Bauschäden infolge Kondensatbildung
- Vermeidung unerwünschter Lüftungsverluste
- Vermeiden von Zugerscheinungen bei Wind
- Schallschutz
- Unterbindung von Geruchstransport

Als Referenzwert für die Luftdurchlässigkeit wird die Luftwechselrate n_{50} , die mittels Blower-Door-Messung bei 50 Pa Druckdifferenz ermittelt wird, angegeben. Die Anforderungen dafür lauten wie folgt (aus OIB Richtlinie 6):

- Gebäude ohne Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- Gebäude mit Lüftungsanlage: $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
- Passivhäuser: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

Bauteile können im Labor auf ihre Luftdurchlässigkeit überprüft werden. Dabei zeigt sich im Bezug auf Brettsperrholzelemente, dass aus Einschichtplatten hergestellte Elemente in dreilagiger Ausführung praktisch luftdicht gefertigt werden können. Somit ist die Luftdurchlässigkeit einer Platte im Wesentlichen von der Anzahl der Fugen bzw. der Gesamtfugenlänge bezogen auf die Fläche abhängig ist.

BSP-Element	Fugenlänge in m bei Prüfelementgröße 1,61 m ²	Luftdurchlässigkeit in m ³ /hm ²	
		bei 50 Pa	bei 100 Pa
5-Schichtig	12,6	7,9	11,5
	1,4	0,12	0,12
3-schichtig	12,6	10,9	15,4
	1,4	Außerhalb des Messbereiches	0,59

Tabelle 2: Auszug aus den Untersuchungsergebnissen zur Luftdurchlässigkeit bei unterschiedlicher Druckdifferenz (Quelle: BSPHandbuch, Augustin u.a., 2009)

Messungen zeigen, dass die Luftdurchlässigkeit verschiedener Brettsperrholzplatten stark streut. Eingearbeitete Dichtungsschichten, nicht zu dicke/breite Einzellamellen und Seitenverklebung können die Luftdurchlässigkeit stark reduzieren. Für die Erreichung von hohen Luftdichtigkeiten ist in den meisten Fällen eine strömungsdichte Folie notwendig. Diese kann zwischen Massivholzwand und Dämmstoff angeordnet werden und ist daher vor Beschädigung gut geschützt. Die Stöße der Folie müssen strömungsdicht verklebt werden.

Schallschutz

Im baulichen Schallschutz wird generell zwischen Luftschall und Trittschall unterschieden.

Luftschall

Bei Brettsperrholz handelt es sich, schalltechnisch gesehen um ein biegesteifes, leichtes Material mit orthotropen Biegesteifigkeiten. Ein einschaliges Brettsperrholzelement alleine weist ein zu geringes Schalldämm-Maß auf. In der Praxis werden daher mehrschalige Bauteile ausgeführt – in Form von Doppelwänden in Kombination mit einer weiteren Brettsperrholzplatte oder auch eines anderen Plattenwerkstoffes, einer Fassadenausführung oder Beplankung.

Trittschall

Brettsperrholzdecken weisen durch die geringe Masse ein geringes Trittschalldämmmaß auf. Durch geeignete Deckenauflagen wie z. B. ein schwimmender Estrich, hochwertige Trittschalldämmung, Beschwerung durch nicht gebundene schwere Splittschüttungen und gegebenenfalls einer freischwingenden abgehängten Decke können die Grenzwerte gemäß ÖNORM B 8115-2 für Trenndecken eingehalten werden.

Verbindungstechnik

Die erforderliche kraftschlüssige und dichte Fügung von Brettsperrholzplatten erfolgt über mechanische Verbindungstechniken. Da es sich um großformatige Elemente handelt, sind üblicherweise nur wenige Kontaktfugen vorhanden. Dabei unterscheidet man:

- Wand-Wand
- Wand-Fundierung
- Wand-Decke-Wand
- Decke-Decke

Die Fügung angeführter Kontaktfugen wird gewöhnlich mittels stiftförmiger Verbindungsmitteln, wie selbstbohrende Holzschrauben, eingeklebte Gewindestangen, Nägel, Stabdübel, Passbolzen, Schraubenbolzen sowie andere zugelassene Systemverbindungen ausgeführt. In den Kontaktfugen Wand-Decke-Wand und Fundierung-Wand ist zumeist eine Druckbeanspruchung der Kontaktfuge vorahnden. Abhebende Kräfte können hierbei lediglich bei Lastfällen mit geringer Auflastkomponente und/oder entsprechender Bauwerksgeometrie auftreten. Diese resultierenden Zugkräfte müssen über eine Verankerung bis in die Fundierung geleitet werden, um ein Aufklaffen der Fugen zu verhindern.

Bei der Anordnung der Verbindungsmittel ist an der Schmalfläche darauf zu achten, ob sie in der Hirnholz- oder der Kantenfläche der Brettlamellen angeordnet werden. Weiters sind Mindestabstände, Einschraubtiefen, Vorbohrungen etc. die in den BSP-Zulassungen gefordert werden bzw. die für Vollholz, Konstruktionsvollholz, sowie für Brettschichtholz aus Nadelhölzern normativ festgelegt sind. Geachtet werden muss auf eventuelle Fugen

(planmäßige bzw. Risse infolge Schwinden, Quellen) zwischen den einzelnen Brettlamellen innerhalb einer Einzelschichte.

(Augustin u.a., 2009)

Nutzung von Brettsperrholzplatten

Dank der möglichen großflächigen Abmessungen in zwei Dimensionen (ca. 3,00 m Breite bis zu 16,50 m Länge) können viele Beschränkungen des Holzbaues überwunden werden; neue Möglichkeiten der Raumgestaltung und der Abtragung von Einwirkungen eröffnen sich. Prinzipiell können Brettsperrholzplatten als tragendes und aussteifendes Bauteil in folgender Form eingesetzt werden:

- Platten (senkrecht zur Ebene beansprucht)
- Scheiben (in ihrer Ebene beansprucht)
- Faltwerke (räumliche Strukturen aus Einzelbauteilen mit sowohl Platten- als auch Scheibentragwirkung)

Abgesehen vom Einsatz von Brettsperrholzplatten als konventionelles Wand- (Scheibe) oder Deckenbauteil (Platte), ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Balkonplatten, Stiegenlaufplatte etc.
- Ausführung von punktgestützten Platten und Wandscheiben
- Abhängung von auskragenden Bauwerksteilen
- Ausbildung von Rippenplatten bzw. Kastenquerschnitten, die statisch als Plattenbalken wirken. Mittels Variation hinsichtlich der Anzahl der Brettlagen, dem Querschnitt und dem Abstand der Rippen kann die Tragfähigkeit und Steifigkeit beliebig ausgebildet werden. Selbst die Verwendung als Brückendeck ist sehr gut realisierbar.

(Augustin u.a., 2009)

Besonders geeignet ist Brettsperrholz für Konstruktionen in den Nutzungsklassen 1 und 2* mit vorwiegend ruhenden Verkehrslasten; beim Einsatz im Freien (Nutzungsklasse 3) ist auf einen konstruktiven Holzschutz zu achten.

Einsatzgebiete sind Wohnbauten, Geschossbauten, öffentliche Bauten sowie Industrie- und Hallenbauten. Brettsperrholz ist aufgrund seiner hohen Tragfähigkeit und der guten bauphysikalischen und brandtechnischen Werte besonders für mehrgeschossigen Wohnungs- und Verwaltungsbau geeignet. (vgl. <http://www.proholz.at/zuschnitt/31/brettsperrholz-produktportrait.htm>, Zugriff am 03.12.2008)

* Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65 % (NKL 1) bzw. 85% (NKL 2) übersteigt.



Abbildung 4: Wohnhausanlage Wernersdorf, tragende Konstruktion aus Brettsperrholz

Entwicklungsbedarf

Um die Attraktivität und somit das Bauvolumen mit Brettsperrholz im konstruktiven Holzbau weiter zu erhöhen sind nachfolgende Punkte zu beachten:

- Standardisierung des Aufbaus (Elemente mit gleichen Platten- und Lamellenstärken)
- Standardisierung der Oberflächenqualitäten (nicht Sicht-, Industrie-, Sichtqualität)
- Standardisierung der mechanischen und bauphysikalischen Eigenschaften
- Standardisierung der Herstellung (Norm, Überwachung)
- Standardisierung der Bemessung
- Standardisierung der Ausschreibung (LB-H)

Allgemeine Anforderungen zum bauakustischen Verhalten von Holzmassivbauten

Holz ist biegesteif und hat eine vergleichsweise geringe Masse, daher wird Schall sehr gut weitergeleitet und abgestrahlt.

Es existieren bis dato keine exakten Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Flankenübertragung von Massivholz bzw. von starren Verbindungsmitteln. Ein diesbezügliches Forschungsprojekt der Holzforschung Austria ist noch nicht abgeschlossen. Für die Planung werden daher Abschätzungsverfahren zur Beurteilung der Flankenübertragung bzw. Erfahrungen aus ähnlichen Projekten herangezogen. Eine exakte Beurteilung des Schallschutzes kann mit derzeitigem Wissenstand nur durch eine Messung erfolgen. Daher sollte mit entsprechenden Sicherheiten konstruiert werden.

Für den Holzmassivbau stehen 2 prinzipielle Möglichkeiten zur Konstruktion im mehrgeschossigen Wohnbau zur Verfügung:

1. Das statische Holzmassivgerüst ist in sich starr verbunden und wird überall beidseitig mit Vorsatzschalen ausgeführt: freistehende Vorsatzschale bzw. auf Schwingbügel mit Gipskartonplatten, im Trennwandbereich 2-lagig, Mindest-Schalenabstand 5cm (Trennwand und Trenndeckenbereich $\geq 7,5\text{cm}$) und Hohlraumdämpfung mittels

Faserdämmstoff. Dies betrifft auch alle statisch wirksamen bzw. starr verbundenen Scheidewände oder Trenndecken innerhalb von Wohnungen und Außenwände.

2. Ausführung der Wände ohne Vorsatzschalen, dafür Schallentkopplung aller Flanken (Wände und Decken): Ausführung der Trennwände in 2-schaliger, schallentkoppelter Ausführung (Flankierende Wände und Decken sind unterbrochen), z.B. mittels dimensionierten Sylomeren. Die Verbindungsmittel müssen ebenfalls schalltechnisch entkoppelt ausgeführt werden (Lager mit Gegenlager entkoppelt, z.B. Isorond). Wird nur ein Schalldämmstreifen verwendet, die Schrauben aber ohne Entkopplung verschraubt, ist von einer deutlichen Verschlechterung der Entkopplung auszugehen, eine quantitative Beurteilung ist nicht möglich.

Eine Mischung der beiden Konzepte ist im Prinzip möglich, erfordert aber eine hohe Sorgfalt in Planung und Ausführung.

Folgende Aspekte sollten jedenfalls berücksichtigt werden.

- In den Wohnungstrennwänden sollten keine E-Installationen vorgesehen werden. Ist dies unumgänglich, sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen: Auf die Holzmassivwand ist zusätzlich eine Gipskartonplatte 15mm direkt zu befestigen, die fugendicht ausgeführt sein muss. Die Steckdosen sind nicht symmetrisch angeordnet und um 1m zu versetzen. Die Ausführung von luftdichten Steckdosen ist von Vorteil.
- Abflussleitungen sind prinzipiell nur auf freistehenden Metallständerkonstruktionen auszuführen. Leitungen dürfen nur an Bauteilen mit einer Flächen-Masse von mehr als 230 kg/m² schallentkoppelt montiert werden. Ansonsten sind eigene Ständerkonstruktionen zu verwenden.
- Armaturen (mit niedriger Schallentwicklung) und Sanitärleitungen müssen schalltechnisch entkoppelt montiert werden, geringe Schallemissionen werden bei Montage an eigenen Ständerkonstruktionen erreicht.
- Die Montage von Heizungsleitungen darf nur schallentkoppelt erfolgen.
- Alle Fugen sind hohlraumfrei und strömungsdicht auszuführen (z.B. Stopfwohle aus Faserdämmstoff)

Die konstruktiven Aufbauten sind in Hinsicht auf den Schallschutz (insbesondere den Trittschallschutz) mit geringen Reserven. Bei ordnungsgemäßer Ausführung der obigen Maßnahmen kann von der Einhaltung der derzeitigen gesetzlichen Anforderungen ausgegangen werden.

2.5.3. Das Passivhaus

Das Passivhaus nach Dr. Wolfgang Feist/Passivhausinstitut Darmstadt

„Passivhaus ist nicht gleich Passivhaus!“ – Diese Aussage gilt in Österreich spätestens seit der Einführung der Passivhausförderungen durch die einzelnen Bundesländer. In den Förderrichtlinien wurden die zu erfüllenden Anforderungen nicht einheitlich festgelegt und liegen zum Teil weit über den Anforderungen eines richtigen Passivhauses nach seinem Erfinder Dr. Wolfgang Feist.

Es wird festgehalten, dass der Begriff „Passivhaus“ in diesem Bericht ausschließlich für ein Passivhaus nach Dr. Wolfgang Feist verwendet wird. Dies bedeutet, dass die Heizleistung, der Endenergiebedarf und der Primärenergiebedarf des Gebäudes mit dem PHPP (Passivhaus Projektierungspaket) errechnet wurden. Eine Zertifizierung des Passivhausinstituts Darmstadt ist hierfür nicht erforderlich.

Umfangreiche Informationen zur Definition eines Passivhauses sind auf der Homepage des Instituts Darmstadt unter www.passiv.de zu finden.

Im Folgenden sind die wichtigsten Kenndaten und Richtwerte angeführt.

Die wichtigsten Maßnahmen für den Passivhausstandard sind:

- ein sehr guter, ununterbrochener Wärmeschutz der Gebäudehülle – wärmebrückenfrei
- der Einsatz einer Dreifachwärmeschutzverglasung für Fenster und Türen, U_F gesamt kleiner $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- die Dichtheit der Außenbauteile gegen Luftströmung – siehe Kapitel 6.2.1. Luftdichtigkeit
- ein geringes A/V Verhältnis (kompakter Baukörper bei größtmöglichen Südfächen)
- eine hocheffiziente, kontrollierte, bedarfsgerechte Wohnraumlüftung
- eine gute Ausnutzung passiver, solarer Gewinne (Gebäudeorientierung, Lage und Größen der Fensterflächen)

Auf Grund der Situierung des Gebäudes am Grundstück und der Beschattung durch umgebende Bebauung und Vegetation muss bei Entwurfsbeginn entschieden werden, ob ein verlustminimierter oder gewinnorientierter Gebäudetyp angestrebt wird. Ein sehr guter Wärmeschutz, eine hocheffiziente, kontrollierte Wohnraumlüftung und die Luftdichtigkeit sind für das Passivhaus Grundvoraussetzungen. Die anderen Maßnahmen müssen nicht Punkt für Punkt zwingend eingehalten werden, wenn das energetische Konzept einigen Spielraum zulässt. So kann ein Passivhaus durchaus funktionieren, wenn z.B. die Südausrichtung nicht exakt eingehalten wird.

- *Luftdichtigkeit*

Die Luftwechselzahl n_{50} muss für ein Passivhaus $< 0,6/h$ sein. Eine gute Luftdichtigkeit ist bei $0,3-0,4/h$ erreicht. Diese sollte angestrebt werden, um dauerhaft und sicher den Grenzwert von $0,6/h$ zu unterschreiten.

- *Wärmeschutz*

Der Wärmeschutz eines Passivhauses sollte folgende U-Werte erreichen:

- Opake Bauteile: $< 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, anzustreben ist ein Wert von $0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

- Fenster und Türen: $< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für den gesamten Bauteil samt Rahmen und Stock, mit einem maximierten g-Wert für einen möglichst hohen solaren Wärmegegewinn ($g > 50\%$).

Die U-Werte müssen auf das energetische Konzept abgestimmt werden. So muss ein Baukörper mit einem ungünstigen A/V-Verhältnis besser gedämmt sein als ein sehr kompaktes Gebäude um die gleiche Energieeinsparung zu erzielen. Um diese guten Kennwerte zu ermöglichen, sind Dämmstärken bis zu 40 cm und damit große Bauteilstärken nötig. Dies macht den Einsatz von Holzwerkstoffen und Halbfabrikaten aus Holzwerkstoffen interessant, da Vollholzquerschnitte bei diesen Dimensionen neben Wärmebrücken auch Probleme in Bezug auf ihr Schwind- und Quellverhalten aufweisen.

- Konstruktion

Prinzipiell lässt sich eine passivhaustaugliche Hülle sowohl in massiver als auch leichter Holzbauweise errichten. Im Gegensatz zum Rahmen- und Skelettbau, wo die Funktionen Dämmen und Tragen in einer Ebene erfüllt werden können, sind diese Ebenen beim Massivholzbau getrennt. Dadurch ist eine weitgehend wärmebrückenfreie Konstruktion möglich. Der Nachteil sind größere Bauteilstärken, was bei gleichbleibender Nettowohnfläche zu einer Vergrößerung der Bruttofläche führt. Die Wandstärke beim Massivholzbau ist jedoch im Vergleich zum mineralischen Massivbau noch immer deutlich geringer. Wenn die Massivholzkonstruktion in Sichtqualität ausgeführt wird, steht sie als raumseitige Speichermasse zur Verfügung. Zudem dient sie bei nicht versiegelter Oberfläche als guter Feuchtespeicher, der Schwankungen der Luftfeuchtigkeit aufnehmen kann.

Passivhaus – Energiekennzahlen

Heizenergiebedarf
 $< 15 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$

Primärenergiebedarf
 $< 120 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$

Luftwechselrate n_{50}
 $< 0,6/\text{h}$

Heizlast (Kannkriterium)
 $< 10 \text{ W}/\text{m}^2$

In einem Passivhaus sollte neben der Heizenergie der gesamte notwendige Energiebedarf durch den Einsatz effizienter Technologien so gering wie möglich gehalten werden. Als Richtwert wird für Heizung, Warmwasseraufbereitung und sämtliche Haushaltsgeräte ein Endenergiebedarf von maximal $42 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ bzw. ein Primärenergiebedarf (Musskriterium) von maximal $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ angestrebt.

Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär und Elektro im Passivhaus

Im Gegensatz zu konventioneller Haustechnik im Wohnbau sind die Anforderungen an die Planung im Passivhaus höher, da zu den Gewerken Heizung, Sanitär, Elektro zusätzlich die Räume mit Lüftungskanälen erschlossen werden müssen. Diese zusätzliche Anforderung in Verbindung mit den hohen erforderlichen Qualitätsstandards in Bezug auf Akustik,

Strömungswiderstand und Brandschutz erfordern sorgfältige Planung und integrale Koordination der einzelnen Planungsdisziplinen.

Das „Heizsystem“

Das Passivhaus ist eine konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses. Es kommt dank eines maximalen Jahresheizwärmebedarfs von 15 kWh/(m²a) ohne herkömmliche Heizung aus. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung sorgt stattdessen für Behaglichkeit im Gebäude. Die Frischluft wird entweder über einen Erdwärmetauscher oder z.B. mittels Wärme aus einer Soleleitung vorgewärmt und in die Aufenthaltsräume eingeblasen. Die Abluft wird über einen Luft/Luft-Wärmetauscher aus dem Gebäude abgesaugt.

Die temporär zusätzlich benötigte Restheizleistung für die Erwärmung der Frischluft auf Raumtemperatur beträgt maximal 10 W/m² und kann z.B. mit einem elektrischen Nachheizregister erfolgen.

In letzter Zeit kommen neben den klassischen „reinen Lüftungssystemen“ auch Lösungen zum Einsatz, welche aus einer Kombination von Wohnraumlüftung und Niedertemperaturflächenheizung bzw. -radiatorheizung bestehen. Bei diesen Systemen wird auf eine Luftvorwärmung mittels Luftbrunnen oder Soleleitung verzichtet. Stattdessen wird die Frischluft nur durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft auf ca. 16°C erwärmt. Die zusätzlich benötigte Heizleistung, welche z.B. über eine Niedertemperatur-Wandheizung oder –Fußbodenheizung eingebracht wird, ist relativ gering. Der Vorteil dieser Systeme liegt in der Möglichkeit, die Temperatur raumweise zu steuern.

2.6. Ausgewählte Hersteller von Massivholzplatten – Firmenaufistung

MASSIVHOLZPLATTENHERSTELLER

Firma	Adresse	Homepage	Telefon	Email
Franz Binder GesmbH Massivholz Franz Binder GesmbH Forschung: Thomas Joscak	A-5110 St. Georgen A-6263 Fügen/Zillertal	www.binderholz.com www.binderholz.com	0043 6272 / 8511-0 0043 5288 / 601-0 0043 6245 / 70500-308 0043 3588 / 8835	
KLH Massivholzplatten GmbH Ansprechp.: Dorfer Michaela	A-8842 Katsch a.d. Mur	www.klh.at		m.dorfer@klh.at
Kaufmann Holz AG Ansprechperson: Hr. Reich	A-6870 Reuthe	www.kaufmann-holz.at	0043 5574 7 804-0	d.reich@kaufmann-holz.at
Mayr Meinhof Ansprechp.: Hr. Bernhard Frosch	A-8783 Gaißhorn am See	www.mm-holz.com	0043 617 / 2151-0	bernhard.frosch@mm-holz.com
Sohm Ansprechp.: Hr. Kempf	A-6861 Alberschwende DD Diagonal Dübhelholz	www.sohm-holzbau.at	0043 5579 / 7115-0	office@sohm-holzbau.at
Ing. Erwin Thoma Holz GmbH Ansprechp.: Hr. Erich Rieser	A-5622 Goldegg	http://www.thoma.at	0043 6415 / 8910	info@thoma.at e.rieser@thoma.at
Deutschland:				
VHP Haas Holzindustrie	D-84326 Falkenberg	www.vhphaas.de	0049 8727 / 18-585	info@haas-holzindustrie.com
ELKA-Holzwerke Hauptwerk	D-54494 Mörbach	www.elka-holzwerke.de	0049 6533 / 956-0	
ELKA-Holzwerke Zweigwerk Kirm	D-55606 Kirm/Nahe	www.elka-holzwerke.de	0049 6533 / 956-0	info@elka-holzwerke.de
Finnforest Merk GmbH Ansprechp.: Hr. Andreas Amorth	D-86551 Aichach	www.finnforest.de	0049 8251 / 908-0 0049 8251 / 908-149	andreas.amorth@finnforest.com a.fischer@lignotrend.de
Lignotrend Produktions GmbH Ansprechp.: Hr. Bräuchele	D-79809 Weilheim-Bannholz Landstr. 25	www.lignotrend.de	0049 7755 9200-32	
Tschechien:				
AGROP NOVA a. s. Ansprechp. für Ö.: Fr. Kubkova Ansprechpartner von IBO Mgr. Vladimír Črhonek	CZ-798 43 Ptení Ptenický Dvůrek 99	www.agrop.cz	00420-582 319 235 fax: +420-582 319 249 00420-582 319 233 fax: +420 602 703 742	e-mail: pteni@agrop.cz zdena.kubkova@agrop.cz vladimir.crhonek@agrop.cz

Ausgewählte Brettsperrholzhersteller

Firma	Produktname lt. Zulassung	Adresse	Tel/ Fax	Homepage/e-mail
Binderholz GmbH	BBS - Binder Brettsperrholz	A-6263 Fügen, Zillertalstraße 39	0043 5288 601-0 0043 5288 601-121	www.binder-holzbausysteme.com office@binderholz.com
Finnforest Merk GmbH	MDH - Merk-Dickholz	D-86551 Aichach, Industriestraße 2	0049 421 6911 – 0 0049 421 6911 - 100	www.finnforest.de merck@finnforest.com
KLH Massivholzplatten GmbH	KLH-Kreuzlagenholz	A-8842 Katsch/Mur 202	0043 3588 8835 0043 3588 8835-20	www.klh.at office@klh.at
Mayr Melnhof Systemholz Gaishorn GmbH	M1 BSP crossplan (MM-BSP)	A-8783 Gaishorn am See 182	0043 3617 2151-0 0043 3617 2151-10	www.mm-holz.com systemholz@mm-holz.com
Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH	CLT – Cross Laminated Timber	A-9642, Bad St. Leonhard, Wisperndorf 4	0043 4350 2301-0 0043 4350 2301-3190	www.clt.info office.leonhard@storaenso.com

2.7. Mechanische Daten von Massivholzbauelementen

Eine genaue Aufschlüsselung der bauphysikalischen und bauökologischen Daten ausgewählter Massivholzplattenhersteller, wie Binder GesmbH Massivholz, KLH Massivholzplatten GmbH, Kaufmann Holz AG, Haas Holzindustrie, Mayr Melnhof, Lignotrend Produktions GmbH, Finnforest Merk GmbH, AGROP Nova, befindet sich im Anhang.

Mechanische Daten:

Brettsperrholzprodukte

Allgemeines

Brettsperrholzplatten sind seit rund zehn Jahren auf dem Markt erhältlich. In den wichtigsten Herstellerländern Österreich und Deutschland ist die Anzahl der Anbieter groß, wobei jeder danach strebt, ein individuelles Produkt anzubieten. Folgende übereinstimmende Eigenschaften können für die derzeit erhältlichen Brettsperrholzplatten zusammengefasst werden:

Holzart	Nadelholz (Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche,...)
Klebstoffart	lösungs- und formaldehydfrei (Polyurethan-Klebstoff,...)
Typen:	3-, 5-, 7-schichtig (oder mehrschichtig) DQ – Decklage quer zur Plattenrichtung DL – Decklage längs zur Plattenrichtung Industrie- oder Sichtqualität
Lieferformate	Dicke: ca. 42 – 238 mm Breite: bis max. 3 m Länge: bis max. 16,5 m

Technische Daten:

Zugfestigkeit	0,9 - 1,1 kN/cm ²
Biegefestigkeit	ca. 1,1 kN/cm ²
E-Modul	ca. 1200 kN/cm ²
G-Modul	ca. 5 kN/cm ²

Tab.1 Mechanische Kennwerte von Brettsperrholz in Fichte

Diffusionswiderstandszahl μ -Wert	30 – 40
Wärmeleitfähigkeit λ	0,14 W/(m K)
spezifische Wärmekapazität c	1,61 kJ/(kg K)
Dichte	ca. 500 kg/m ³

Tab.2 Bauphysikalische Kennwerte von Brettsperrholz in Fichte

(www.proholz.at, Zugriff am 10.11.2008)

Brandsicherheit F90 – Abbrandgeschwindigkeit von ca. 0,7 mm/min

2.8. Brettsperrholzprodukte ausgewählter Hersteller

Im Zuge der Bearbeitung des Forschungsprojektes wurden fünf Hersteller von Brettsperrholzplatten ausgewählt um produkttechnische und statische Vergleiche anzustellen. Im Anschluss werden diese vorgestellt, sowie eine Liste der Standardaufbauten des jeweils angebotenen Brettsperrholzprodukts dargestellt (Tab.3 – 7).

Binderholz GmbH

Produktname: **BBS – Binder Brettsperrholz**
 Standard – Plattenbreiten [cm]: 125
 Produktionslänge: max. 5,00 m
 (bis 24,00 m mit General-Keilzinkenstoß-Verbindung)

Zulassung: - Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Deutsches Institut für Bautechnik, Zul.-Nr. Z-9.1-534
 - Europäische Technische Zulassung (ETA-06/0009), Deutsches Institut für Bautechnik

Plattenstärke [mm]	Anzahl Schichten	Schichten [mm]						
		l	q	l	q	l	q	l
75	3 s	20	35	20				
90	3 s	27	36	27				
98	3 s	36	26	36				
114	3 s	36	42	36				
125	3 s	41	43	41				
98	5 s	20	18	22	18	20		
114	5 s	20	26	22	26	20		
146	5 s	41	21	22	21	41		
161	5 s	41	18	43	18	41		
177	5 s	41	26	43	26	41		
195	5 s	41	35	43	35	41		
209	5 s	41	42	43	42	41		
230	7 s	41	21	43	20	43	21	41
245	7 s	41	26	43	25	43	26	41
272	7 s	41	35	43	34	43	35	41
293	7 s	41	42	43	41	43	42	41
334	7 s	61	42	43	43	43	42	61

Tabelle 3: BBS – Binder Brettsperrholz, Brettsperrholzplatten-Formate

Adresse: Binderholz GmbH, A-6263 Fügen, Zillertalstraße 39
 Tel.: 0043 5288 601-0
 Fax: 0043 5288 601-121
 Homepage: www.binder-holzbausysteme.com
 E-Mail: office@binderholz.com

KLH Massivholzplatten GmbH

Produktname: **KLH-Kreuzlagenholz**
 Standard – Plattenbreiten [mm]: 240; 250; 272; 295
 Produktionslänge: mind. 8,00 m bis max. 16,50 m (in 10-cm-Schritten)

Zulassung: - Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Deutsches Institut für Bautechnik, Zul.-Nr. Z-9.1-482
 - Europäische Technische Zulassung (ETA-06/0138), Österreichisches Institut für Bautechnik

Plattenstärke [mm]	Anzahl Schichten	Schichten [mm]						
		l	q	l	q	l	q	l
60	3 s	19	22	19				
78	3 s	19	40	19				
90	3 s	34	22	34				
95	3 s	34	27	34				
108	3 s	34	40	34				
120	3 s	40	40	40				
117	5 s	19	30	19	30	19		
125	5 s	19	34	19	34	19		
140	5 s	34	19	34	19	34		
146	5 s	34	22	34	22	34		
162	5 s	34	30	34	30	34		
182	5 s	34	40	34	40	34		
200	5 s	40	40	40	40	40		
202	7 s	34	22	34	22	34	22	34
226	7 s	34	30	34	30	34	30	34
208	7 ss*	68	19	34	19	68		
230	7 ss*	68	30	34	30	68		
248	8 ss*	68	22	68	22	68		

Tabelle 4 KLH-Kreuzlagenholz, Brettspertholzplatten-Formate

* mit doppelten Längslagen

Adresse: KLH Massivholzplatten GmbH, A-8842 Katsch/Mur 202
 Tel.: 0043 3588 8835
 Fax: 0043 3588 8835-20
 Homepage: www.klh.at
 E-mail: office@klh.at

Finnforest Merk GmbH

Produktname: **MDH - Merk-Dickholz**
 Standard – Plattenbreiten [cm]: bis 480
 Produktionslänge: bis 14,80 m (auf Anfrage bis 20 m)

Zulassung: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Deutsches
 Institut für Bautechnik, Zul.-Nr. Z-9.1-501

Plattenstärke [mm]	Anzahl Schichten	Schichten [mm]								
		l	q	l	q	l	q	l	q	l
51	3 s	17	17	17						
61	3 s	17	27	17						
71	3 s	27	17	27						
81	3 s	27	27	27						
85	5 s	17	17	17	17	17				
95	5 s	17	17	27	17	17				
105	5 s	27	17	17	17	27				
115	5 s	27	17	27	17	27				
125	5 s	27	27	17	27	27				
135	5 s	27	27	27	27	27				
142	6 ss*	27	17	54	17	27				
162	6 ss*	27	27	54	27	27				
169	7 s	27	27	17	27	17	27	27		
189	7 s	27	27	27	27	27	27	27		
196	8 ss*	54	17	54	17	54				
216	8 ss*	54	27	54	27	54				
243	9 ss*	54	27	27	27	27	27	54		
257	11 ss*	54	17	27	17	27	17	27	17	54
267	11 ss*	54	17	54	17	54	17	54		
297	11 ss*	54	27	54	27	54	27	54		

Tabelle 5.: MDH – Merk-Dickholz, Brettsperrholzplatten-Formate

* mit doppelten Längslagen

Adresse: Finnforest Merk GmbH, D-86551 Aichach, Industriestraße 2
 Tel.: 0049 421 6911 – 0
 Fax: 0049 421 6911 - 100
 Homepage: www.finnforest.de
 E-mail: merck@finnforest.com

Mayr Melnhof Systemholz Gaishorn GmbH

Produktname: **Brettsperrholz „MM-BSP“**
 Standard – Plattenbreiten [cm]: 120; 240; 265; 275; 290; 300
 Produktionslänge: max. 16,50 m

Zulassung: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Deutsches
 Institut für Bautechnik, Zul.-Nr. Z-9.1-638

Plattenstärke [mm]	Anzahl Schichten	Schichten [mm]						
		l	q	l	q	l	q	l
78	3 s	25	28	25				
94	3 s	33	28	33				
98	3 s	32	34	32				
106	3 s	39	28	39				
118	3 s	39	40	39				
95	5 s	19	19	19	19	19		
134	5 s	26	27	28	27	26		
140	5 s	32	25	26	25	32		
146	5 s	32	17	28	27	32		
160	5 s	39	27	28	27	39		
173	5 s	40	27	39	27	40		
184	5 s	39	33	40	33	39		
198	5 s	39	40	40	40	39		
214	7 s	39	27	27	28	27	27	39
214	7 ss*	39	27	27	28	27	27	39
240	7 s	39	27	40	28	40	27	39
240	7 ss*	39	40	27	28	27	40	39
258	7 s	39	40	33	34	33	40	39
278	7 s	39	40	40	40	40	40	39

Tabelle 6: BBS – Binder Brettsperrholz, Brettsperrholzplatten-Formate

Adresse: Mayr Melnhof Systemholz Gaishorn GmbH,
 A-8783 Gaishorn am See 182
 Tel.: 0043 3617 2151-0
 Fax: 0043 3617 2151-10
 Homepage: www.mm-holz.com
 E-mail: systemholz@mm-holz

Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH

Produktname: **CLT – Cross Laminated Timber**
 Standard – Plattenbreiten [cm]: 245; 275; 295
 Produktionslänge: max. 16,00 m

Zulassung: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Deutsches Institut für Bautechnik, Zul.-Nr. Z-9.1-559

Plattenstärke [mm]	Anzahl Schichten	Schichten [mm]						
		L	q	l	q	l	q	l
74	3 s	27,5	19	27,5				
83	3 s	27,5	28	27,5				
97	3 s	27,5	42	27,5				
103	3 s	42	19	42				
112	3 s	42	28	42				
119	3 s	42	35	42				
126	3 s	42	42	42				
95	5 s	19	19	19	19	19		
121	5 s	27,5	19	28	19	27,5		
138	5 s	27,5	27,5	28	27,5	27,5		
150	5 s	42	19	28	19	42		
167	5 s	42	27,5	28	27,5	42		
182	5 s	42	35	28	35	42		
196	5 s	42	42	28	42	42		
211	5 s	42	42	43	42	42		
194	7 s	27,5	27,5	28	28	28	27,5	27,5
216	7 s	27,5	35	28	35	28	35	27,5
237	7 s	27,5	42	28	42	28	42	27,5
223	7 ss*	69,5	28	28	28	69,5		
238	7 ss*	69,5	28	43	28	69,5		
252	7 ss*	84	28	28	28	84		
267	7 ss*	84	28	43	28	84		
296	7 ss*	84	43	42	43	84		

Tabelle 7: CLT – Cross Laminated Timber, Brettsperrholzplatten-Formate

* mit doppelten Längslagen

Adresse: CLT – Cross Laminated Timber,
 A-9642, Bad St. Leonhard, Wisperndorf 4
 Tel.: 0043 4350 2301-0
 Fax: 0043 4350 2301-3190
 Homepage: www.clt.info
 E-mail: office.leonhard@storaenso.com

2.9. Vergleich der BSP-Produkte

Um einen Überblick über die Formate sowie den damit bedingten Festigkeitseigenschaften der am Markt vorhandenen Brettsper Holzplatten zu erhalten, werden die relevanten Querschnittswerte von 3-schichtigen und 5-schichtigen BSP-Platten oben angegebener Hersteller miteinander in Tab. 09 und Tab. 10 verglichen. Die effektiven Trägheits- und Widerstandsmomente werden für Brettsper Holzplatten mit einem E-Modul $E_0 = 1200 \text{ kN/cm}^2$ bzw. $E_{90} = 37 \text{ kN/cm}^2$ sowie einem Schubmodul von $G = 5 \text{ kN/cm}^2$ berechnet.

In dieser firmenübergreifenden Aufstellung der Brettsper Holzelemente wird deutlich sichtbar, dass kaum übereinstimmende Plattenbreiten oder Abfolgen von Schichtdicken existieren. Diese Produktvielfalt hat nicht nur eine Unübersichtlichkeit für den Architekten oder den Fachplaner zur Folge, sie erhöht auch den Aufwand in der Bemessung von Holzkonstruktionen.

In dieser Gegenüberstellung wird auch erkennbar, dass eine größere Plattenstärke nicht zwingend gleichbedeutend mit einer höheren Belastbarkeit ist, wie sich am wichtigsten Querschnittswert für die Bemessung, dem effektiven Trägheitsmoment I_{eff} zeigt. Die Biegefestigkeit (EI) sowie die Druckfestigkeit in Längsrichtung (bei Scheibentragwirkung) der BSP-Platte werden maßgeblich durch die Schichtdicke der Längslagen (primäre Tragrichtung) bestimmt.

Begriffserklärung zu nachfolgenden Tabellen 8 und 9:

l	Längsrichtung
q	Querrichtung
A_{brutto}	gesamte Querschnittsfläche
A_{netto}	Querschnittsfläche der Längslagen
I_{brutto}	Trägheitsmoment des Vollquerschnitts (Vergleichswert)
I_{netto}	Trägheitsmoment des Verbundquerschnitts ohne Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Querlagen (Vergleichswert)
I_{eff}	Trägheitsmoment des Verbundquerschnitts unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Querlagen (Bemessungswert!)

Produkt	Plattenstärke [mm]	Schichten [cm]			A _{brutto} [cm ²]	A _{netto} [cm ²]	I _{brutto} [cm ⁴]	I _{netto} [cm ⁴]	l = 2,00 m		l = 4,00 m		l = 6,00 m	
		l	q	l					I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]	I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]	I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]
Leno	51	1,7	1,7	1,7	510	340	1.105	1.064	988	388	1.045	410	1.056	414
CLT	57	1,9	1,9	1,9	570	380	1.543	1.486	1.355	476	1.452	510	1.472	516
KLH	60	1,9	2,2	1,9	600	380	1.800	1.711	1.538	513	1.666	555	1.692	564
Leno	61	1,7	2,7	1,7	610	340	1.892	1.727	1.536	503	1.678	550	1.708	560
Leno	71	2,7	1,7	2,7	710	540	2.983	2.942	2.630	741	2.857	805	2.904	818
CLT	74	2,75	1,9	2,75	740	550	3.377	3.320	2.923	790	3.211	868	3.271	884
BBS	75	2	3,5	2	750	400	3.516	3.158	2.650	707	3.020	805	3.101	827
KLH	78	1,9	4	1,9	780	380	3.955	3.421	2.830	726	3.262	836	3.357	861
M1-BSP	78	2,5	2,8	2,5	780	500	3.955	3.772	3.174	814	3.604	924	3.698	948
Leno	81	2,7	2,7	2,7	810	540	4.429	4.265	3.571	882	4.068	1.004	4.178	1.031
CLT	83	2,75	2,8	2,75	830	550	4.765	4.582	3.801	916	4.359	1.050	4.483	1.080
BBS	90	2,7	3,6	2,7	900	540	6.075	5.686	4.501	1.000	5.339	1.186	5.532	1.229
KLH	90	3,4	2,2	3,4	900	680	6.075	5.986	5.022	1.116	5.709	1.269	5.861	1.302
M1-BSP	94	3,3	2,8	3,3	940	660	6.922	6.739	5.425	1.154	6.351	1.351	6.563	1.396
KLH	95	3,4	2,7	3,4	950	680	7.145	6.981	5.634	1.186	6.583	1.386	6.800	1.432
CLT	97	2,75	4,2	2,75	970	550	7.606	6.988	5.315	1.096	6.484	1.337	6.764	1.395
BBS	98	3,6	2,6	3,6	980	720	7.843	7.697	6.200	1.265	7.253	1.480	7.495	1.530
M1-BSP	98	3,2	3,4	3,2	980	640	7.843	7.516	5.828	1.189	7.006	1.430	7.285	1.487
CLT	103	4,2	1,9	4,2	1.030	840	9.106	9.049	7.557	1.467	8.615	1.673	8.851	1.719
M1-BSP	106	3,9	2,8	3,9	1.060	780	9.925	9.742	7.609	1.436	9.093	1.716	9.444	1.782
KLH	108	3,4	4	3,4	1.080	680	10.498	9.964	7.308	1.353	9.129	1.691	9.582	1.774
CLT	112	4,2	2,8	4,2	1.120	840	11.708	11.525	8.873	1.584	10.706	1.912	11.147	1.991
BBS	114	3,6	4,2	3,6	1.140	720	12.346	11.729	8.361	1.467	10.646	1.868	11.229	1.970
M1-BSP	118	3,9	4	3,9	1.180	780	13.692	13.159	9.330	1.581	11.915	2.020	12.581	2.132
CLT	119	4,2	3,5	4,2	1.190	840	14.043	13.686	9.921	1.667	12.475	2.097	13.122	2.205
KLH	120	4	4	4	1.200	800	14.400	13.867	9.768	1.628	12.528	2.088	13.243	2.207
BBS	125	4,1	4,3	4,1	1.250	820	16.276	15.613	10.673	1.708	13.964	2.234	14.841	2.375
CLT	126	4,2	4,2	4,2	1.260	840	16.670	16.052	10.988	1.744	14.360	2.279	15.259	2.422

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Querschnittswerte von **3-schichtigen BSP-Platten** verschiedener Hersteller(berechnet mit $E_0 = 1200 \text{ kN/cm}^2$, $E_{90} = 37 \text{ kN/cm}^2$, $G = 5 \text{ kN/cm}^2$)

Produkt	Plattenstärke [mm]	Schichten [cm]					A _{brutto} [cm ²]	A _{netto} [cm ²]	I _{brutto} [cm ⁴]	I _{netto} [cm ⁴]	l = 2,00 m		l = 4,00 m		l = 6,00 m	
		l	q	l	q	l					I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]	I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]	I _{eff} [cm ⁴]	W _{eff} [cm ³]
Leno	85	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	850	510	5.118	4.053	3.481	819	3.894	916	3.982	937
CLT	95	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	950	570	7.145	5.659	4.696	989	5.384	1.133	5.535	1.165
Leno	95	1,7	1,7	2,7	1,7	1,7	950	610	7.145	5.417	4.664	982	5.208	1.096	5.323	1.121
BBS	98	2,0	1,8	2,2	1,8	2,0	980	620	7.843	6.306	5.240	1.069	6.001	1.225	6.168	1.259
Leno	105	2,7	1,7	1,7	1,7	2,7	1.050	710	9.647	8.582	6.830	1.301	8.062	1.536	8.344	1.589
BBS	114	2,0	2,6	2,2	2,6	2,0	1.140	620	12.346	9.058	6.987	1.226	8.436	1.480	8.775	1.539
Leno	115	2,7	1,7	2,7	1,7	2,7	1.150	810	12.674	10.946	8.715	1.516	10.284	1.788	10.643	1.851
KLH	117	1,9	3,0	1,9	3,0	1,9	1.170	570	13.347	9.295	7.007	1.198	8.599	1.470	8.979	1.535
CLT	121	2,8	1,9	2,8	1,9	2,8	1.210	830	14.763	12.550	9.713	1.605	11.691	1.932	12.154	2.009
KLH	125	1,9	3,4	1,9	3,4	1,9	1.250	570	16.276	10.846	7.912	1.266	9.934	1.589	10.431	1.669
Leno	125	2,7	2,7	1,7	2,7	2,7	1.250	710	16.276	13.334	9.435	1.510	12.082	1.933	12.751	2.040
M1-BSP	134	2,6	2,7	2,8	2,7	2,6	1.340	800	20.051	15.639	11.197	1.671	14.222	2.123	14.980	2.236
Leno	135	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1.350	810	20.503	16.238	11.501	1.704	14.715	2.180	15.528	2.300
CLT	138	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	1.380	830	21.901	17.319	12.136	1.759	15.639	2.267	16.534	2.396
KLH	140	3,4	1,9	3,4	1,9	3,4	1.400	1.020	22.867	20.084	14.802	2.115	18.420	2.631	19.309	2.758
M1-BSP	140	3,2	2,5	2,6	2,5	3,2	1.400	900	22.867	19.355	13.364	1.909	17.387	2.484	18.430	2.633
BBS	146	4,1	2,1	2,2	2,1	4,1	1.460	1.040	25.934	23.839	16.211	2.221	21.288	2.916	22.632	3.100
KLH	146	3,4	2,2	3,4	2,2	3,4	1.460	1.020	25.934	22.307	15.767	2.160	20.187	2.765	21.313	2.920
M1-BSP	146	3,2	2,7	2,8	2,7	3,2	1.460	920	25.934	21.523	14.495	1.986	19.175	2.627	20.414	2.796
CLT	150	4,2	1,9	2,8	1,9	4,2	1.500	1.120	28.125	25.912	18.055	2.407	23.328	3.110	24.694	3.292
M1-BSP	160	3,9	2,7	2,8	2,7	3,9	1.600	1.060	34.133	29.722	18.766	2.346	25.881	3.235	27.882	3.485
BBS	161	4,1	1,8	4,3	1,8	4,1	1.610	1.250	34.777	31.331	22.357	2.777	28.427	3.531	29.967	3.723
KLH	162	3,4	3,0	3,4	3,0	3,4	1.620	1.020	35.429	28.835	18.361	2.267	25.195	3.111	27.098	3.345
CLT	167	4,2	2,8	2,8	2,8	4,2	1.670	1.120	38.812	34.230	20.914	2.505	29.450	3.527	31.923	3.823
M1-BSP	173	4,0	2,7	3,9	2,7	4,0	1.730	1.190	43.148	36.939	23.149	2.676	32.072	3.708	34.602	4.000
BBS	177	4,1	2,6	4,3	2,6	4,1	1.770	1.250	46.210	39.728	25.064	2.832	34.569	3.906	37.252	4.209
CLT	182	4,2	3,5	2,8	3,5	4,2	1.820	1.120	50.238	42.578	23.445	2.576	35.243	3.873	38.970	4.282
KLH	182	3,4	4,0	3,4	4,0	3,4	1.820	1.020	50.238	38.219	21.641	2.378	32.012	3.518	35.194	3.867
M1-BSP	184	3,9	3,3	4,0	3,3	3,9	1.840	1.180	51.913	42.521	24.807	2.696	35.978	3.911	39.338	4.276
BBS	195	4,1	3,5	4,3	3,5	4,1	1.950	1.250	61.791	50.429	28.116	2.884	41.932	4.301	46.257	4.744
CLT	196	4,2	4,2	2,8	4,2	4,2	1.960	1.120	62.746	51.221	25.814	2.634	40.946	4.178	46.080	4.702
M1-BSP	198	3,9	4,0	4,0	4,0	3,9	1.980	1.180	64.687	50.820	27.180	2.745	41.604	4.202	46.264	4.673
KLH	200	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2.000	1.200	66.667	52.800	27.923	2.792	43.028	4.303	47.956	4.796
BBS	209	4,1	4,2	4,3	4,2	4,1	2.090	1.250	76.078	59.670	30.496	2.918	47.955	4.589	53.820	5.150
CLT	211	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	2.110	1.270	78.283	61.875	31.270	2.964	49.494	4.691	55.676	5.277

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Querschnittswerte von **5-schichtigen BSP-Platten** verschiedener Hersteller (berechnet mit $E_0 = 1200 \text{ kN/cm}^2$, $E_{90} = 37 \text{ kN/cm}^2$, $G = 5 \text{ kN/cm}^2$)

2.10. Berechnungsmethoden auf analytischer Basis (DIN, ÖNORM, EUROCODE) und Berechnungsangaben aus nationalen und internationalen Zulassungen

Bemessung nach Zulassung

Die statische Bemessung von Brettsperrholzelementen erfolgt derzeit nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen. Der Eurocode 5 bedarf diesbezüglich einer Überarbeitung und Ergänzung. In den bauaufsichtlichen Zulassungen (national und europäisch) werden einerseits die Steifigkeitskennwerte und charakteristische Spannungen für die verschiedenen Plattenbauten angegeben und andererseits die Berechnungsmethodik der geschichteten, homogenen und anisotropen Holzelemente festgelegt (z.B.: gemäß DIN 1052:2004-08). Die Rechenwerte der charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitswerte werden aus Versuchen abgeleitet. Ein direkter Vergleich aller Zulassungen ist nicht durchführbar.

Ein einheitliches produktunabhängiges Berechnungsverfahren für Brettsperrholzplatten wäre nicht nur zeit- und kostensparend, sondern würde auch die Auswahl des optimalen Produkts und somit ökonomischeres Planen und Bauen ermöglichen.

Vorbemessung lt. Hersteller

Die Hersteller von Brettsperrholzplatten bieten für Ihre Kunden zur Vorbemessung, d.h. zur Ermittlung der voraussichtlich benötigten Plattenstärke Bemessungsdiagramme, -tabellen, sowie –programme an. Nachfolgend findet ein Auszug angebotener Vorbemessungswerkzeuge für Brettsperrholzplatten ausgewählter Hersteller.

Bemessungsdiagramme:

Hersteller: **KLH Massivholzplatten GmbH**
 Produktname: **KLH-Kreuzlagenholz**

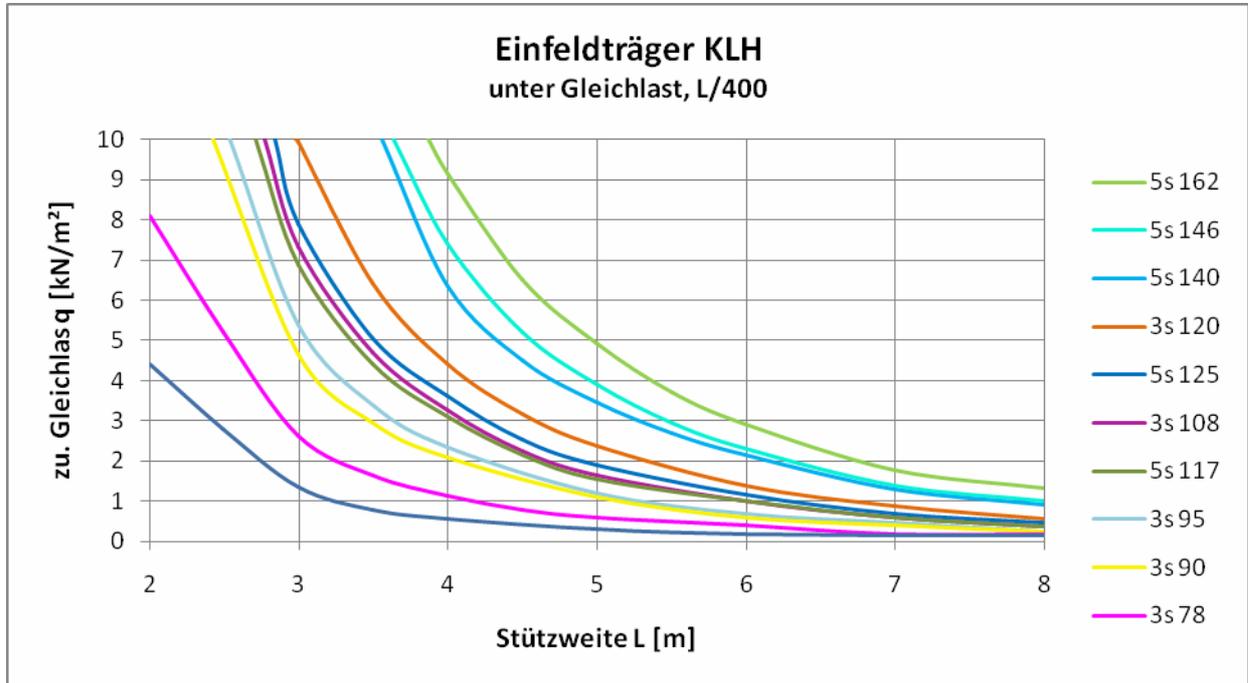


Abbildung 5 Bemessungsdiagramm zur Vorbemessung eines „KLH“-Einfeldträgers

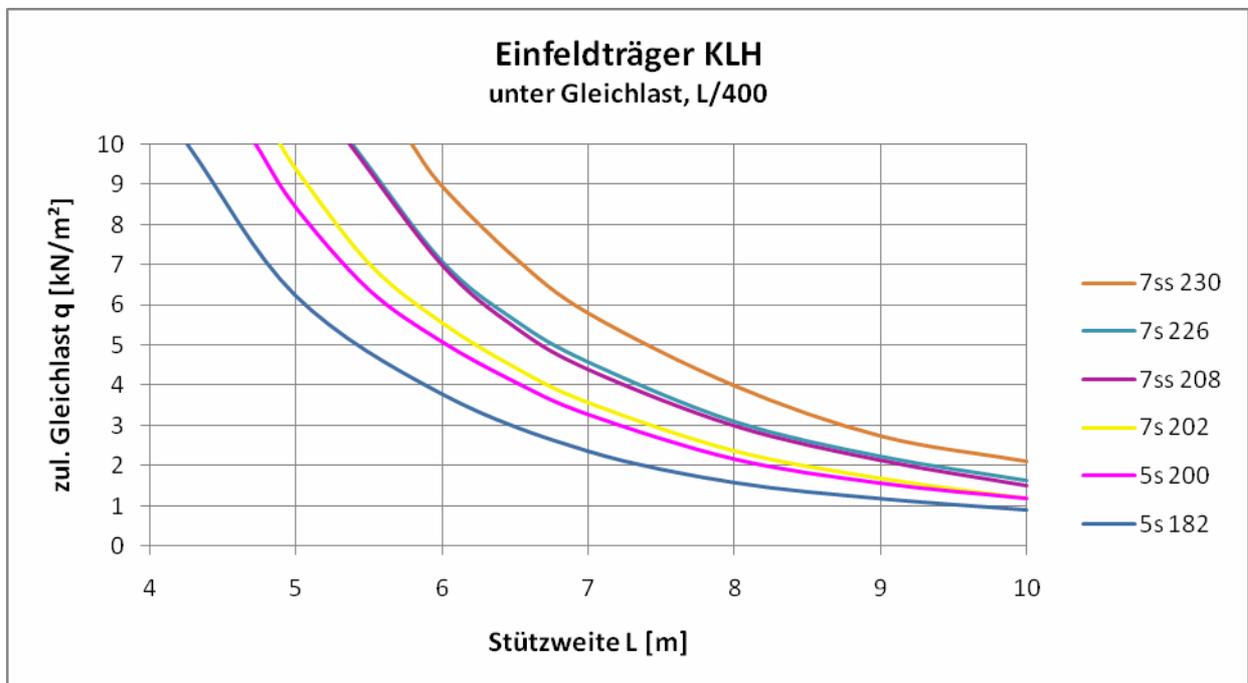


Abbildung 6: Bemessungsdiagramm zur Vorbemessung eines „KLH“-Einfeldträgers

Bemessungstabellen:

Hersteller: **Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH**
 Produktname: **CLT – Cross Laminated Timber**

Einfeldträger		Verformung								
ständige Auflast $g_s^{a)}$	Nutzlast n_k	Spannweite Einfeldträger								
		3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	5,5 m	6,0 m	6,5 m	7,0 m
1,00	1,00				103 L3s	112 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s
	2,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s
	2,80			103 L3s		126 L3s				
	3,50	83 L3s	97 L3s		119 L3s	138 L5s			167 L5s	182 L5s
	4,00	83 L3s		112 L3s	126 L3s	150 L5s		167 L5s	182 L5s	196 L5s
	5,00	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2
1,50	1,00	74 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s
	2,00	83 L3s			119 L3s					
	2,80	83 L3s	97 L3s				150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s
	3,50			112 L3s	126 L3s					
	4,00	83 L3s		103 L3s	119 L3s	150 L5s		167 L5s	182 L5s	196 L5s
	5,00	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2
2,00	1,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s
	2,00	83 L3s			112 L3s					
	2,80	83 L3s		112 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	3,50		103 L3s	119 L3s						
	4,00	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s		167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	5,00		103 L3s			167 L5s	182 L5s	196 L5s	223 L7s-2	223 L7s-2
2,50	1,00	83 L3s		112 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,00		103 L3s	119 L3s						
	2,80			119 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	3,50	97 L3s	103 L3s							
	4,00		112 L3s	126 L3s		167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	5,00					196 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
3,00	1,00		103 L3s	119 L3s	150 L5s	150 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,00									
	2,80	97 L3s		126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	3,50		112 L3s							
	4,00					167 L5s	182 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	5,00	103 L3s	112 L3s	138 L5s		182 L5s	196 L5s	223 L7s-2	223 L7s-2	238 L7s-2

Eigengewicht:
 $\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$
^{*)} Eigengewicht CLT berücksichtigt

NKL 1, Nutzlast Kategorie A ($\gamma_{10} = 0,7; \gamma_{11} = 0,5; \gamma_{12} = 0,3$)

Tragfähigkeit:
 a) Nachweis der Biegespannungen
 b) Nachweis der Schubspannungen
 $k_{mod} = 0,8$

Gebrauchstauglichkeit:
 a) Quasi-Ständige Bemessungssituation
 zul $w_{fin} = 250$
 b) Seltene Bemessungssituation
 zul $w_{q,inst} = 300$
 zul $w_{fin} - w_{g,inst} = 200$
 $k_{def} = 0,6$

Brandwiderstand:
 $\gamma = 0,65 \text{ mm/min}$

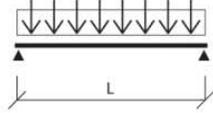
R 0
R 30
R 60
R 90

Abbildung 7: Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „CLT“-Einfeldträgers

Hersteller:
Produktname:

Binderholz GmbH
BBS – Binder Brettsperrholz

Einfeld



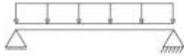
Flächenlast in kN/m ² exkl. Eigengewicht	Spannweite													
	3,0 m		3,5 m		4,0 m		4,5 m		5,0 m		5,5 m		6,0 m	
	zulässige Durchbiegung													
BBS	I/300	I/400	I/300	I/400	I/300	I/400	I/300	I/400	I/300	I/400	I/300	I/400	I/300	I/400
2,0	75	75	R60											
2,5	75	R60												
3,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
3,5	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
4,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
4,5	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
5,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
5,5	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
6,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
6,5	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
7,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
7,5	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60
8,0	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60	R60

R30 -3s... 3-schichtig
R60 -5s... 5-schichtig
R90

Abbildung 8: Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „BBS“-Einfeldträgers

Hersteller:
Produktname:

Finnforest Merk GmbH
MDH - Merk-Dickholz

VORBEMESSUNG EINFELDTRÄGER 

Flächenlast in kN/m ²		Spannweite																					
		3,0 m			3,5 m			4,0 m			4,5 m			5,0 m			5,5 m			6,0 m			
Eigenlast g	Verkehrslast p	zulässige Durchbiegung																					
		l/300	l/400	l/500	l/300	l/400	l/500	l/300	l/400	l/500	l/300	l/400	l/500	l/300	l/400	l/500	l/300	l/400	l/500				
1,00	1,00			81	81	85		85	105	105	105	115	125	115	125	135	125	142	162	142	162		
	1,50		81	85	81		105		105	115		115	125	135	125	135	162	142	162				169
	2,00	81			85	105		105	115	125	115	135	142	135		162		162	169	162	169		
2,00	1,50		85	105			115	115	125	142	125	142	162	142	162	169	162	169			189	196	
	2,00				105	115	125	115	135		135	162		162	169		169	189	196	169	189		
	2,50	85	105	115			135	125	142	162		162	169	162	169	189	169	189	196				
3,00	2,00					125	142	142			142				169	189	169	189	196	189	196	243	
	2,50		105	115	125	115	135		135	162	169	162	169	189	169	189	196	189	196	216	189	216	
	3,00	105	115	125	115	135		142	162	169	162	169	189	169	189		189	216	243	196	243	257	
4,00	2,50					142	162	142			169				216		189	216	243	196	243	257	
	3,00		125	135	125	142	162				169	189	196	189	196	216	196	243	243	216	243	267	
	3,50	115			135	162		162	169	189	169	189	196	189	216	243	196	243	243	216	257	267	
	4,00		135	142	135	162	169				169	189	216	189	216	243	216	243	257	243	257	297	

Abbildung 9: Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „MDH“-Einfeldträgers

Bemessungsprogramme:

Hersteller: **Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH**

Produktname: **CLT – Cross Laminated Timber**

Programm: **Excel-Statikprogramm zum Download unter <http://www.clt.info/index.php?id=69>**

Allgemeines

Nutzungsklasse: 1
 Brand: R 90
 Gebrauchstauglichkeit: Erscheinungsbild, Quasi-ständige Kombination, Schadensvermeidung, Charakteristische Kombination

System

Bezeichnung	Eigengewicht G	Nutzlast N	Wind W	Schnee S
Kragarm Li	1.60	2.13	4.00	

Plattenaufbau

Lage i	Stärke d, [mm]	Orientierung	Material
1	42.0	0	C24
2	42.0	90	C24
3	42.0	0	C24
4			
5			
6			
7			
8			
9			
d	128.0	3 s	C24

Einzelasten

Feld	Lastgruppe	erste Einzellast x _e [m]	F ₁ [kN]	zweite Einzellast x _e [m]	F ₂ [kN]
Kragarm					
Feld 1					
Feld 2					
Feld 3					
Feld 4					
Feld 5					
Feld 6					
Feld 7					
Kragarm					

Beiwerte

	γ	ψ 0	ψ 1	ψ 2	k _{mod}	Laststellung
G	1.35				0.60	gesamt

Maßgebend

Biegung	70 %
Schub	28 %
Gebrauchstauglichkeit	70 %
Schadensvermeidung	63 %
Schwingung	36 %
Brand	

Abbildung 10: Screenshot CLT-Bemessungsprogramm

Hersteller: **Finnforest Merk GmbH**
Produktname: **MDH - Merk-Dickholz**

Typ: **Bemessungsprogramm** zum Download unter <http://www.finnforest.de/default.asp?path=10232,10436,15310,15311,15323,15324>

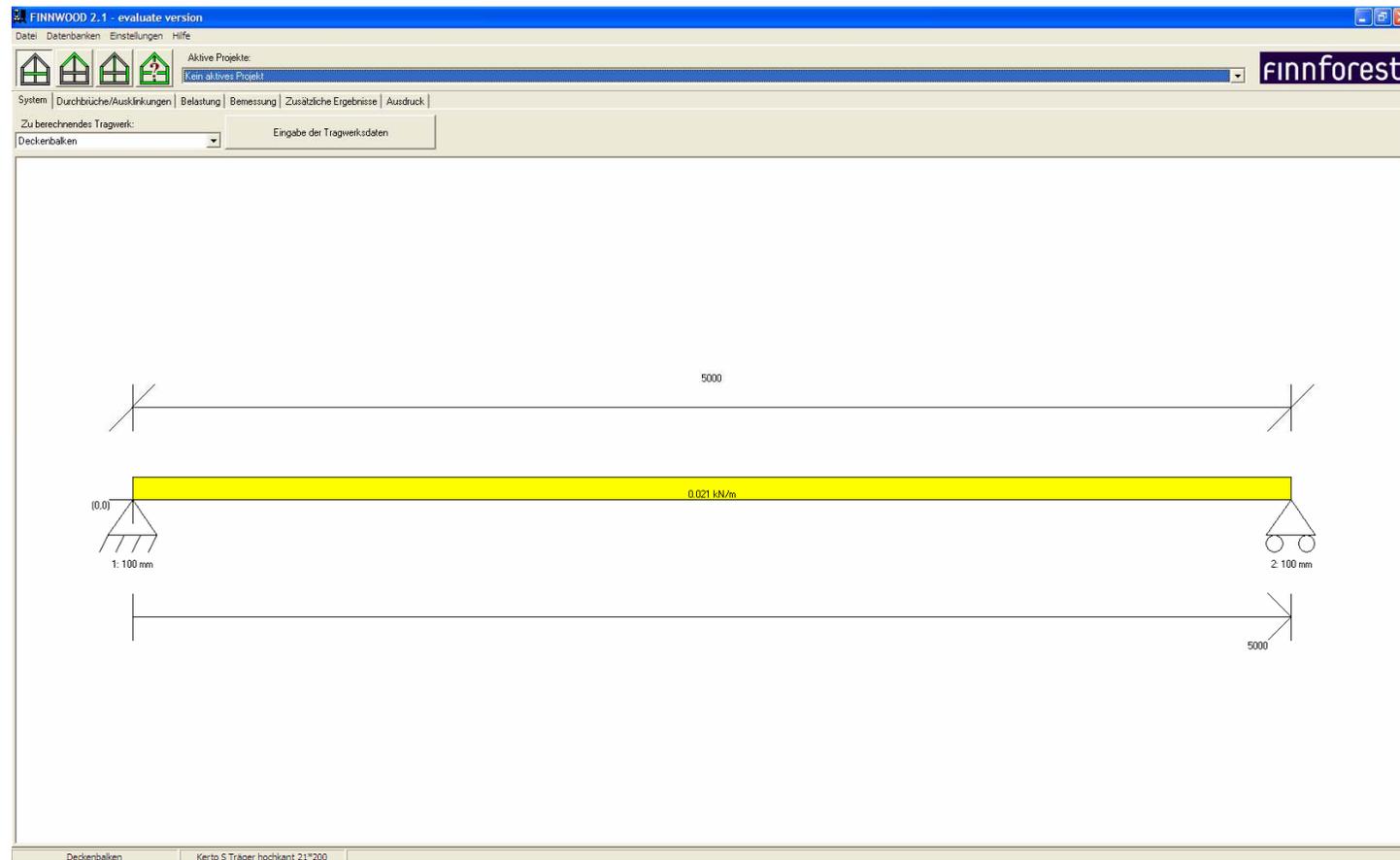


Abbildung 11: Screenshot CLT-Bemessungsprogramm

Bemessungstabellen:

Hersteller: **Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH**
Produktname: **CLT – Cross Laminated Timber**

Einfeldträger		Verformung									
ständige Auflast $g_s^{1)}$	Nutzlast n_k	Spannweite Einfeldträger									
		3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m	5,5 m	6,0 m	6,5 m	7,0 m	
1,00	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s
	2,00				112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	2,80			103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	3,50	83 L3s	97 L3s		119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	4,00	83 L3s		112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	5,00	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
1,50	1,00	74 L3s	83 L3s	97 L3s	103 L3s	112 L3s	126 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s
	2,00	83 L3s	97 L3s		119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	2,80		97 L3s		119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	3,50	83 L3s		112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	4,00		103 L3s	119 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	5,00	97 L3s	103 L3s	119 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
2,00	1,00	83 L3s	97 L3s	103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s
	2,00	83 L3s		112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,80		103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	3,50		103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	4,00	97 L3s		119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	5,00		103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
2,50	1,00	83 L3s		112 L3s	126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,00		103 L3s	119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,80			119 L3s	138 L5s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	3,50	97 L3s	103 L3s		126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	4,00		112 L3s	126 L3s		167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	5,00			126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
3,00	1,00		103 L3s	119 L3s		150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2
	2,00			126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	2,80	97 L3s		126 L3s	150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	3,50		112 L3s		150 L5s	167 L5s	182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2
	4,00			138 L5s		182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2	252 L7s-2
	5,00	103 L3s	112 L3s			182 L5s	196 L5s	211 L5s	223 L7s-2	238 L7s-2	252 L7s-2

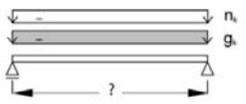
Eigengewicht: ? γ = 500 kg/m ³ ¹⁾ Eigengewicht CLT berücksichtigt	NKL 1, Nutzlast Kategorie A ($i_{1,0} = 0,7; i_{1,1} = 0,5; i_{1,2} = 0,3$)	Brandwiderstand: ? = 0,65 mm/min				
Tragfähigkeit: a) Nachweis der Biegespannungen b) Nachweis der Schubspannungen k _{mod} = 0,8	Gebrauchstauglichkeit: a) Quasi-Ständige Bemessungssituation zul w _{fin} = 250 b) Seltene Bemessungssituation zul w _{q,inst} = 300 zul w _{fin} - w _{g,inst} = 200 k _{def} = 0,6	 <table border="1"> <tr><td>R 0</td></tr> <tr><td>R 30</td></tr> <tr><td>R 60</td></tr> <tr><td>R 90</td></tr> </table>	R 0	R 30	R 60	R 90
R 0						
R 30						
R 60						
R 90						

Abbildung 12 Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „CLT“-Einfeldträgers

2.11. Statische Bemessung von Brettsperrholzplatten

Bei der Berechnung von Brettsperrholzplatten muss berücksichtigt werden, dass es sich um einen Baustoff mit richtungsabhängigen mechanischen Eigenschaften handelt. Das heißt es muss sowohl zwischen einer Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene (Platte) und in Plattenebene (Scheibe) unterschieden werden, als auch zwischen den Beanspruchungsrichtungen in Faserrichtung der Decklagen und rechtwinklig dazu.

Die Besonderheit bei der Berechnung von Brettsperrholz, liegt in der notwendigen Berücksichtigung des Rollschubs, welcher durch die Nachgiebigkeit der Querlagen entsteht.

Derzeit liegen verschiedene Verfahren zur Berechnung von Spannungen bzw. Verformungen von geschichteten Strukturen vor. Allerdings sind aufgrund komplizierter und sehr aufwändiger Rechenvorgänge nicht alle dieser Berechnungsverfahren in der Praxis anwendbar (z.B. Schubanalogieverfahren).

Theorie	Charakteristika	Literatur
Starre Verbundtheorie	Diese Methode kann nur bei großen Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke angewendet werden, da die Schubverformungen gänzlich vernachlässigt werden (bei $L/d \geq 30$ für Belastung rechtwinklig zur Plattenebene u. parallel zur Faserrichtung der Decklagen bzw. bei $L/d \geq 20$ für Belastung rechtwinklig zur Plattenebene und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen).	vgl. Blaß u. Fellmoser, 2003, vgl. Blaß u. Görlacher, 2003
Starre Verbundtheorie unter Berücksichtigung des Schubkorrekturbeiwertes	Berücksichtigt den Rollschub anhand eines Schubkorrekturbeiwertes, welcher für den jeweiligen Querschnittsaufbau zu berechnen ist.	vgl. Jöbstl, 2007
Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers (γ-Verfahren)	Die Schubverformung der Querlagen wird über Abminderungsbeiwerte γ_i berücksichtigt. Dieses Verfahren ist nur für Einfeldträger mit annähernder Streckengleichlast gültig. Diese Berechnungsmethode ist auch in verschiedenen Holzbaunormen verankert (DIN 1052:2004, EC 5,)	vgl. Schelling, 1987, vgl. Heimeshoff, 1987, vgl. Blaß u. Görlacher, 2003
Schubanalogieverfahren	Dieses Verfahren gilt als genaue Methode zur Berechnung von Mehrschichtplatten bzw. Brettsperrholz mit beliebigen Schichtaufbauten. Allerdings handelt es sich hierbei um eine, im Vergleich zu den oben genannten, sehr aufwendige Methode. Sie ist u.a. im Anhang D der DIN 1052:2004 verankert.	vgl. Kreuzinger, 1999

2.11.1. Im Zuge des Forschungsprojekts angewandtes Bemessungsverfahren

Die „Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers (γ -Verfahren)“ bildet die Grundlage zur Vorbemessung der Brettsperrholzelemente für das gegenständliche Forschungsprojekt. Nachfolgend wird näher darauf eingegangen.

Das Trag- und Verformungsverhalten von BSP-Platten kann mittels der starren Verbundtheorie auf sehr einfachem Rechenweg bestimmt werden. Grundlage dafür sind die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften der einzelnen Brettlagen. Es werden jedoch die Schubverformungen, die bei Biegung unter Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene entstehen, nicht berücksichtigt. Diese Schubverformungen treten überwiegend als Rollschub in den Lagen, die quer zur Faserrichtung beansprucht werden auf. Das Holz hat dieser Beanspruchung nur einen geringen Widerstand entgegenzusetzen. Die daraus resultierenden Schubverformungen sind umso größer, je kleiner das Verhältnis von Stützweite und Plattendicke ist.

Da diese Schubverformungen (insbesondere bei kurzen Stützweiten) einen deutlichen Einfluss auf das Trag- und Verformungsverhalten haben, ist es vorzuziehen unter Berücksichtigung der Rollschubverformungen die **Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers (γ -Verfahren)** anzuwenden. Dabei wird die Nachgiebigkeit des Systems durch die Querlagen anhand des Nachgiebigkeitsfaktors γ berücksichtigt und damit das **effektive Trägheitsmoment I_{eff}** ermittelt. Dieses Berechnungsverfahren ist allerdings nur für Einfeldträger mit annähernder Gleichstreckenlast gültig.

Das Verfahren ist in verschiedenen Holzbaunormen verankert (DIN 1052:2004, EC 5) und wird von W. Schelling, B. Heimeshoff sowie H. J. Blass und R. Görlacher beschrieben. (vgl. Schelling, 1987; Heimeshoff, 1987; Blaß u. Görlacher, 2003).

Im Zuge dieses Forschungsprojektes wurden für die Ermittlung der Querschnittswerte der Brettsperrholzplatten die Rechnungsabläufe analysiert und getrennt für 3- und 5-schichtige BSP-Platten so weit wie möglich vereinfacht und wie folgt schematisiert:

Berechnung der effektiven Querschnittswerte I_{eff} , W_{eff}

Zur Ermittlung der effektiven Querschnittswerte wird die Brettsperrholzplatte in Längslagen (A_1 , A_2) und Querlagen eingeteilt. Nach der „Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers“ wird die Nachgiebigkeit der Querlagen durch den Nachgiebigkeitsfaktor γ berücksichtigt. Für die folgenden Berechnungen wird ein – für Brettsperrholz üblicher – symmetrischer Querschnitt vorausgesetzt. Zudem liegt die Bezugslinie im Schwerpunkt, wodurch sich bekannte Formelapparate vereinfachen lassen.

Die Bezeichnungen der einzelnen Querschnittteile und Bemaßungen sind nachstehender Skizze (Abb.13) zu entnehmen:

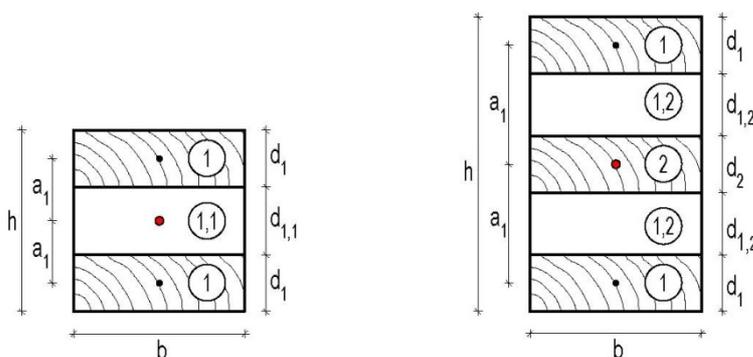


Abbildung 13 Querschnitt einer Dreischichtplatte (li.) und einer Fünfschichtplatte (re.)

1.) Berechnung der Querschnittflächen der Längslagen A_i .

$$A_i = b \cdot d_i \quad [1]$$

2.) Berechnung des Nachgiebigkeitsfaktors γ , welcher die Nachgiebigkeit der Längslagen infolge der Querlagen berücksichtigt.

- 3-Schicht-Platten:
$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot E_G \cdot A_2 \cdot \frac{d_{1,2}}{2}}{l^2 \cdot G \cdot b} \right]^{-1} \quad [2]$$

- 5-Schicht-Platten:

Für die Decklagen
$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{\pi^2 \cdot E_G \cdot A_2 \cdot d_{1,2}}{l^2 \cdot G \cdot b} \right]^{-1} \quad [3]$$

Für die mittlere Längslage
$$\gamma_2 = 1 \quad [4]$$

Mit: E_0 Elastizitätsmodul der Längslagen
 A_i Querschnittflächen der Decklagen
 G Schubmodul der Querlage
 d_{11} Dicke der Querlage
 d_{12} Dicke der Querlage zwischen Längslage 1 und 2
 b Breite des Querschnitts
 l maßgebende Stützweite

3.) Berechnung des Schwerpunktabstände a_1 des Abstands der Schwerachsen der Teilquerschnitte von der Spannungsnullebene.

3-Schicht-Platten:
$$a_1 = \frac{d_1 + d_{1,2}}{2} \quad [5]$$

5-Schicht Platten:
$$a_1 = \frac{d_1 + d_2}{2} + d_{1,2} \quad [6]$$

4.) Ermittlung der n-Ziffer

$$n_i = \frac{E_i}{E_v} \quad [7]$$

E_i Elastizitätsmodul der einzelnen Querschnittsteile

E_v Beliebiger Vergleichs-Elastizitätsmodul

Für die Verwendung vom Elastizitätsmodul der Längslagen als Vergleichs-Elastizitätsmodul, also für $E_v = E_0$ gilt:

Für Längslagen:
$$n_1 = \frac{E_0}{E_v} = \frac{E_0}{E_0} = 1 \quad [8]$$

Für Querlagen:
$$n_2 = \frac{E_{22}}{E_c} \quad [9]$$

5.) Berechnung des effektiven Flächenträgheitsmomentes I_{eff}

$$I_{eff} = \sum(I_i \cdot n_i) + \sum(\gamma_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad [10]$$

I_i Flächenträgheitsmoment einer Einzellage mit $I_i = \frac{b \cdot d_i^3}{12}$ [11]

3-Schicht-Platten $I_{eff} = 2 \cdot I_1 + n_2 \cdot I_{1,1} + 2 \cdot (\gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2)$ [12]

5-Schicht Platten $I_{eff} = 2 \cdot I_1 + I_2 + 2 \cdot n_2 \cdot I_{1,2} + 2 \cdot (\gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2)$ [13]

Die Querlagen können im zweiten Teil der Formel (Steiner-Anteil) vernachlässigt werden.

6.) Berechnung des effektiven Widerstandsmoments W_{eff}

$$W_{eff} = \frac{2 \cdot I_{eff}}{h} \quad [14]$$

Vorbemessung eines Decken- bzw. Dachelements

In Folge wird ein vereinfachter, praxisgerechter Rechengang für die Vorbemessung eines Decken- bzw. Dachelements aus Holz dargestellt, wie er auch für das Forschungsprojekt angewandt wird. Die Bemessung erfolgt nach Eurocode 5 bzw. ÖNORM EN 1995-1-1 und ÖNORM B 1995-1-1 (vgl. Wallner, 2008; Becker u. Blaß, 2006). Im Zuge dieser vereinfachten Vorbemessung werden Brandeinwirkung, außergewöhnliche Einwirkungen und Schwingungen nicht berücksichtigt.

1.) Statisches System

Als statisches System liegt ein Einfeldträger vor.

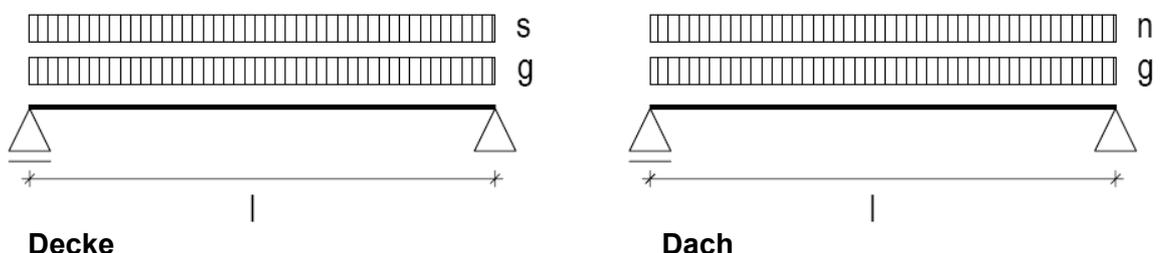


Abbildung 14 Statisches System Deckenelement (li.) u Dachelement (re.)

k_{mod} :

Element	Nutzungs- klasse	Lastdauer	k_{mod}
Decke	NKL 1	mittel	0,8
Dach (> 1000 m Seehöhe)	NKL 1	mittel	0,8
Dach (< 1000 m Seehöhe)	NKL 1	kurz	0,9

Abbildung 15: Modifikationsbeiwerte lt. ÖNORM EN 1995-1-1

6.2.) Biegefestigkeit

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = k_{mod} \cdot \frac{24}{1,3} \quad [20]$$

Berechnung von **erf. W_{eff}** (ULS)

$$erf. W_{eff} = \frac{M_d}{f_{m,d}} \quad [21]$$

Berechnung von **erf. I_{eff}** (ULS)

$$erf. I_{eff} = \frac{h \cdot erf. W_{eff}}{2} \quad [22]$$

7.) Nachweis ULS

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad [23]$$

8.) Durchbiegungsnachweis (SLS)

8.1.) Anfangsdurchbiegung

- ständige Einwirkung:
$$w_{g,inst} = \frac{5 \cdot g_k \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_{eff}} \quad [24]$$

- veränderl. Einwirkung:

Decke:
$$w_{m,inst} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_{eff}} \quad [25]$$

$$\text{Dach: } w_{s,inst} = \frac{5 \cdot s_k \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_{eff}} \quad [26]$$

8.2.) Enddurchbiegung

$$\begin{aligned} \text{- ständige Einwirkung: } \quad w_{g,fin} &= w_{g,inst} \cdot (1 + k_{def}), & [27] \\ \text{mit } k_{def} &= 0,6 \quad (\text{NKL 1}) \end{aligned}$$

- veränderl. Einwirkung:

Charakteristische Bemessungssituation:

$$\begin{aligned} \text{Decke: } \quad w_{p,fin} &= w_{p,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}), & [28] \\ \text{mit } k_{def} &= 0,6 \quad (\text{NKL 1}) \text{ und } \Psi_2 = 0,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dach: } \quad w_{s,fin} &= w_{s,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}), & [29] \\ \text{mit } k_{def} &= 0,6 \quad (\text{NKL 1}) \text{ und } \Psi_2 = 0,0 \end{aligned}$$

Quasi-ständige Bemessungssituation:

$$\begin{aligned} \text{Decke: } \quad w_{p,fin} &= \Psi_2 \cdot w_{p,inst} \cdot (1 + k_{def}), & [30] \\ \text{mit } k_{def} &= 0,6 \quad (\text{NKL 1}) \text{ und } \Psi_2 = 0,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dach: } \quad w_{s,fin} &= \Psi_2 \cdot w_{s,inst} \cdot (1 + k_{def}), & [31] \\ \text{mit } k_{def} &= 0,6 \quad (\text{NKL 1}) \text{ und } \Psi_2 = 0,0 \end{aligned}$$

8.3.) Nachweise

Charakteristische Bemessungssituation:

$$\text{Decke: } \quad \text{a) } w_{p,inst} \leq l/300 \quad [32]$$

$$\text{b) } w_{fin} - w_{g,inst} \leq l/200 \quad [33]$$

$$w_{fin} = w_{g,fin} + w_{p,fin} \quad [34]$$

Dach: a) $w_{s,inst} \leq l/300$ [35]

b) $w_{fin} - w_{g,inst} \leq l/200$ [36]

$$w_{fin} = w_{g,fin} + w_{s,fin} \quad [37]$$

Quasi-ständige Bemessungssituation:

Decke: c) $w_{fin} \leq l/250$ [38]

$$w_{fin} = w_{g,fin} + w_{p,fin} \quad [39]$$

Dach: c) $w_{fin} \leq l/250$ [40]

$$w_{fin} = w_{g,fin} + w_{s,fin} \quad [41]$$

Berechnung von **erf. I_{eff}** (SLS)

ad a)
$$erf. I_{eff} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot (l/300)} \quad [42]$$

ad b)
$$erf. I_{eff} = \frac{5 \cdot l^4 \cdot (g_k \cdot k_{def} + p_k + \psi_2 \cdot k_{def} \cdot p_k)}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot (l/200)} \quad [43]$$

ad c)
$$erf. I_{eff} = \frac{1 + k_{def} \cdot (5 \cdot g_k \cdot l^4 + \psi_2 \cdot 5 \cdot p_k \cdot l^4)}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot (l/250)} \quad [44]$$

Berechnung von **erf. W_{eff}** (SLS)

$$erf. W_{eff} = \frac{2 \cdot erf. I_{eff}}{h} \quad [45]$$

Belastungen – Aufbauten

Die in die Bemessung des Einfeldträgers einfließende „Eigenlast“ setzt sich aus dessen Eigengewicht und den „ständigen Auflasten“ zusammen. Die Werte für die „ständige Auflast“ wiederum ergeben sich aus dem Gewicht der Dach- und Wandaufbauten.

Zur Lastermittlung werden die Gewichte, der in Tab.10-15 aufgelisteten, bauphysikalisch optimierten Dach-, Decken- und Wandaufbauten herangezogen. Die ökologischen Varianten sind jeweils mit einem „E“ am Ende des Codes gekennzeichnet. Eine detaillierte Beschreibung der Aufbauten findet sich im Kapitel 2.11.

Wohnbau - Dächer:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
DA.01	Flachdach als Warmdach	48	2,2
DA.01-E	Flachdach als Warmdach	43	1,8
DA.02-1	Flachdach - Terrasse	53	3,4
DA.02-1-E	Flachdach - Terrasse	61	3,5
DA.02-2	Flachdach - Terrasse	49	1,9
DA.02-2-E	Flachdach - Terrasse	49	2,1
DA.03	Geneigtes Dach	58	0,9
DA.03-E	Geneigtes Dach	58	0,9

Tabelle 10: Dachaufbauten für Wohnbau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

Wohnbau - Decken:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
DE.01-1	Decke über unbeheizt (Kellerdecke) - Massivholz	37	2,4
DE.01-1-E	Decke über unbeheizt (Kellerdecke) - Massivholz	37	2,6
DE.01-2	Decke über unbeheizt (Kellerdecke) -Stahlbeton	62	6,7
DE.01-2-E	Decke über unbeheizt (Kellerdecke) -Stahlbeton	62	6,9
DE.02	Massivholzdecke über Außenluft, Nassestrich	49	2,9
DE.02-E	Massivholzdecke über Außenluft, Nassestrich	49	2,9
DE.03	Massivholzdecke über beheizt; Wohnungstrenndecke	22	2,9
DE.03-E	Massivholzdecke über beheizt; Wohnungstrenndecke	22	2,9

Tabelle 11: Deckenaufbauten für Wohnbau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

Wohnbau Wände:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
AW.01	Außenwand tragend, Holzschalung	50	1,2
AW.01-E	Außenwand tragend, Holzschalung	50	1,1
AW.02	Außenwand tragend, verputzt	35	0,8
AW.02-E	Außenwand tragend, verputzt	35	1,0
AW.03	Außenwand tragend, verputzt	40	1,2
AW.03-E	Außenwand tragend, verputzt	40	1,2
IW.01	Innenwand, tragend	5	0,5
IW.01 -E	Innenwand, tragend	7	0,8
IW.02	Innenwand, Vorsatzschale	19	0,6
IW.02-E	Innenwand, Vorsatzschale	21	1,0
IW.03	Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)	23	0,9
IW.03-E	Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)	23	0,8
IW.04-1	Stiegenhauswand zweischalig	19	0,7
IW.04-1-E	Stiegenhauswand zweischalig	19	0,7
IW.04-2	Stiegenhauswand ohne Sanitärbereich	16	0,4
IW.04-2 -E	Stiegenhauswand ohne Sanitärbereich	16	0,3
IW 05-1	Wohnungstrennwand	18	0,6
IW 05-1-E	Wohnungstrennwand	18	0,4
IW.05-2	Wohnungstrennwand zweischalig	19	0,8
IW.05-2-E	Wohnungstrennwand zweischalig	19	0,7

Tabelle 12: Wandaufbauten für Wohnbau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

Bürobau - Dächer:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
DA.01	Flachdach als Warmdach	48	2,2
DA.01-E	Flachdach als Warmdach	43	1,8
DA.02-1	Flachdach - Terrasse	53	3,4
DA.02-1-E	Flachdach - Terrasse	61	3,5
DA.02-2	Flachdach - Terrasse	49	1,9
DA.02-2-E	Flachdach - Terrasse	49	2,1
DA.03	Geneigtes Dach	58	0,9
DA.03_E	Geneigtes Dach	58	0,9

Tabelle 13: Dachaufbauten für Bürobau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

Bürobau – Decken:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
DE.04	Kellerdecke Massivholz; Bürobau	44	3,2
DE.04_E	Kellerdecke Massivholz; Bürobau	44	3,1
DE.05	Kellerdecke Stahlbeton; Bürobau	55	5,8
DE.05_E	Kellerdecke Stahlbeton; Bürobau	53	5,8
DE.06	Außendecke; Bürobau	55	3,1
DE.06-E	Außendecke; Bürobau	55	3,0
DE.07	Geschossdecke, Bürobau	27	2,8
DE.07-E	Geschossdecke, Bürobau	27	2,6

Tabelle 14: Deckenaufbauten für Bürobau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

Bürobau - Wände:

Code	Bezeichnung	Höhe* (cm)	Gewicht* kN/m ²
AW.01	Außenwand tragend, Holzschalung	50	1,2
AW.01-E	Außenwand tragend, Holzschalung	50	1,1
AW.02	Außenwand tragend, verputzt	35	0,8
AW.02-E	Außenwand tragend, verputzt	35	1,0
AW.03	Außenwand tragend, verputzt	40	1,2
AW.03-E	Außenwand tragend, verputzt	40	1,2
IW.01	Innenwand, tragend	5	0,5
IW.01 -E	Innenwand, tragend	7	0,8
IW.02	Innenwand, Vorsatzschale	19	0,6
IW.02-E	Innenwand, Vorsatzschale	21	1,0
IW.03	Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)	23	0,9
IW.03-E	Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)	23	0,8
IW.04-1	Stiegenhauswand zweischalig	19	0,7
IW.04-1-E	Stiegenhauswand zweischalig	19	0,7
IW.04-2	Stiegenhauswand ohne Sanitärbereich	16	0,4
IW.04-2 -E	Stiegenhauswand ohne Sanitärbereich	16	0,3
IW.05-1	Wohnungstrennwand	18	0,6
IW.05-1-E	Wohnungstrennwand	18	0,4
IW.05-2	Wohnungstrennwand zweischalig	19	0,8
IW.05-2-E	Wohnungstrennwand zweischalig	19	0,7

Tabelle 15: Wandaufbauten für Bürobau. *Höhe u. Gewicht excl. Massivholzelement

2.11.2. Bemessungstool - statische Grundlagen und Eingangsdaten

Decke und Dach aus Massivholz

Berechnungsgrundlagen

- Die Berechnung erfolgt für Aufbauten mit Brettsperrholzplatten als tragendes Massivholzelement.
- Vorbemessung nach Normen lt. Tab.16, sowie der „Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers (γ-Verfahren)“ (siehe 2.11.1. „Im Zuge des Forschungsprojekts angewandtes Bemessungsverfahren“)
- Um eine sinnvolle allgemeingültige Vorbemessung zu bieten, werden folgende Vereinfachungen für die Berechnung getroffen:
 - o Statisches System: Einfeldträger mit Gleichlast (kein Durchlaufträger)
 - o Vernachlässigung von Windlasten
 - o Vernachlässigung von Brandeinwirkung¹ und außergewöhnlichen Einwirkungen
 - o Vernachlässigung von Schwingungen

¹⁾ Anm. zu Brandeinwirkung: Die Brandwiderstandsdauer der Aufbauten ist im Aufbautenkatalog (siehe Anhang 5.2.) angegeben.

Eurocode	Normenteil (Nationale Übernahme)	Nationaler Anhang
EC 0	ÖNORM EN 1990	ÖNORM B1990-1: Hochbau
EC 1	ÖNORM EN 1991-1-1	ÖNORM B 1991-1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewichte, Nutzlast im Holzbau
EC 1	ÖNORM EN 1991-1-3	ÖNORM B 1991-1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelast
EC 5	ÖNORM EN 1995-1-1	ÖNORM B 1995-1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

Tabelle 16: Angewandte Normen

Lasten:

Eigengewicht: Wichte Brettsperrholz $\gamma = 5.5 \text{ kN/m}^3$

Ständige Auflast: Gewicht des ausgewählten Aufbaus excl. Massivholzelement

Nutzlast: Wohngebäude: $p = 2,80 \text{ kN/m}^2$
 (2,0 kN/m² + 0,8 kN/m² Trennwandzuschlag)
 Bürogebäude: $p = 3,80 \text{ kN/m}^2$
 (3,0 kN/m² + 0,8 kN/m² Trennwandzuschlag)

Schneelast: Die Berechnung erfolgt nach Gleichung (B.1) aus Anhang B der ÖNORM B 1991-1-3:

Die charakteristische Schneelast auf dem Boden s_k ergibt sich dabei aus Gleichung (B.1), welche aus der ÖNORM EN 1991-1-3:2005, Tabelle C.1 entnommen wurde, wie folgt:

$$s_k = (0,642 \cdot Z + 0,009) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right] \quad (\text{B.1})$$

Es bedeutet:

- s_k charakteristische Schneelast auf dem Boden in kN/m²
- A Geländehöhe über dem Meeresspiegel (Seehöhe) in m
- Z Rechenwert für die Zonen-Nummer gemäß Tabelle B.1

Tabelle B.1

Zonen-Nummer		s_k für $A = 0$ kN/m ²
Nummer in der Karte	Rechenwert Z für Gleichung (B.1)	
2*	1,6	1,04
2	2	1,29
3	3	1,94
4	4,5	2,90

ANMERKUNG:
Zone 1 kommt in Österreich nicht vor.

Abbildung 16: Auszug aus der ÖNORM B 1991-1-3, Anhang B

Falls der Anwender keine Auswahl der Seehöhe und Schneelastzone trifft, erfolgt die Berechnung mit einer Seehöhe von 500 m in Zone 3.

Kennwerte zur Bemessung des Widerstandes:

Berechnung der effektiven Querschnittswerte I_{eff} , W_{eff} nach der „Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers (γ -Verfahren)“ (siehe Kapitel...)

- Festigkeitsklasse C24: $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul: $E_0 = 11.000 \text{ N/mm}^2$
 $E_{90} = 370 \text{ N/mm}^2$
- Schubmodul: $G = 50 \text{ N/mm}^2$

Der Elastizitätsmodul E_0 der derzeit am Markt erhältlichen Platten bewegt sich zwischen 11.000 N/mm² und 12.000 N/mm². Um auf der „sicheren Seite“ zu bleiben wurde für die Bemessung der niedrigere Widerstandswert gewählt.

Wände

Die Erstellung eines Berechnungstools für eine grobe Vorbemessung der Wände ist aufgrund der geringen Variabilität nicht erforderlich. Für die Ausgabe der Plattenstärke der Massivholzelemente der Wände wird auf Erfahrungswerte zurückgegriffen, welche zwischen 9,00 cm bis 12,00 cm liegen. Aufgrund geringer Abweichungen ergibt sich auch keine Auswirkung auf ökologische Kennwerte.

2.11.3. Erste Ergebnisse der standardisierten Vorbemessung

Mit dem Ziel einer produktunabhängigen Vorbemessung für Brettsperrholzplatten wurden nachfolgende Diagramme zur Ermittlung der voraussichtlich benötigten Plattenquerschnittswerte bzw. der Plattenstärken erstellt.

Dabei wurde von einem gleichschichtigen Querschnittsaufbau ausgegangen, das heißt, alle Schichten wurden mit derselben Schichtstärke angenommen. Zwar ergeben sich dadurch Abweichungen im Vergleich zu Platten mit ungleich hohen Schichten – diese sind jedoch so geringfügig, dass die Anwendung der Diagramme zumindest für eine „Vorbemessung“ als ausreichend genau angenommen werden kann. Der Anwender kann den ermittelten Wert mit den Produktdaten verschiedener Hersteller vergleichen und somit seine Brettspertholzplatte auswählen.

Anhand des Diagrammes in Abb. 17 ist es für den Anwender möglich mit bekanntem Gewicht und Stützweite das benötigte effektive Trägheitsmoment I_{eff} abzulesen. Die Diagramme in Abb. 18 und 19 liefern als Ergebnis die voraussichtlich benötigte Plattenstärke.

Für die Diagramme in Abb. 14 bis 16 gilt:

$$q = p + g$$

Eigenlast $g = \text{variabel (2,00 kN/m bis 7 kN/m)}$
 Nutzlast $p = 2,8 \text{ kN/m}$

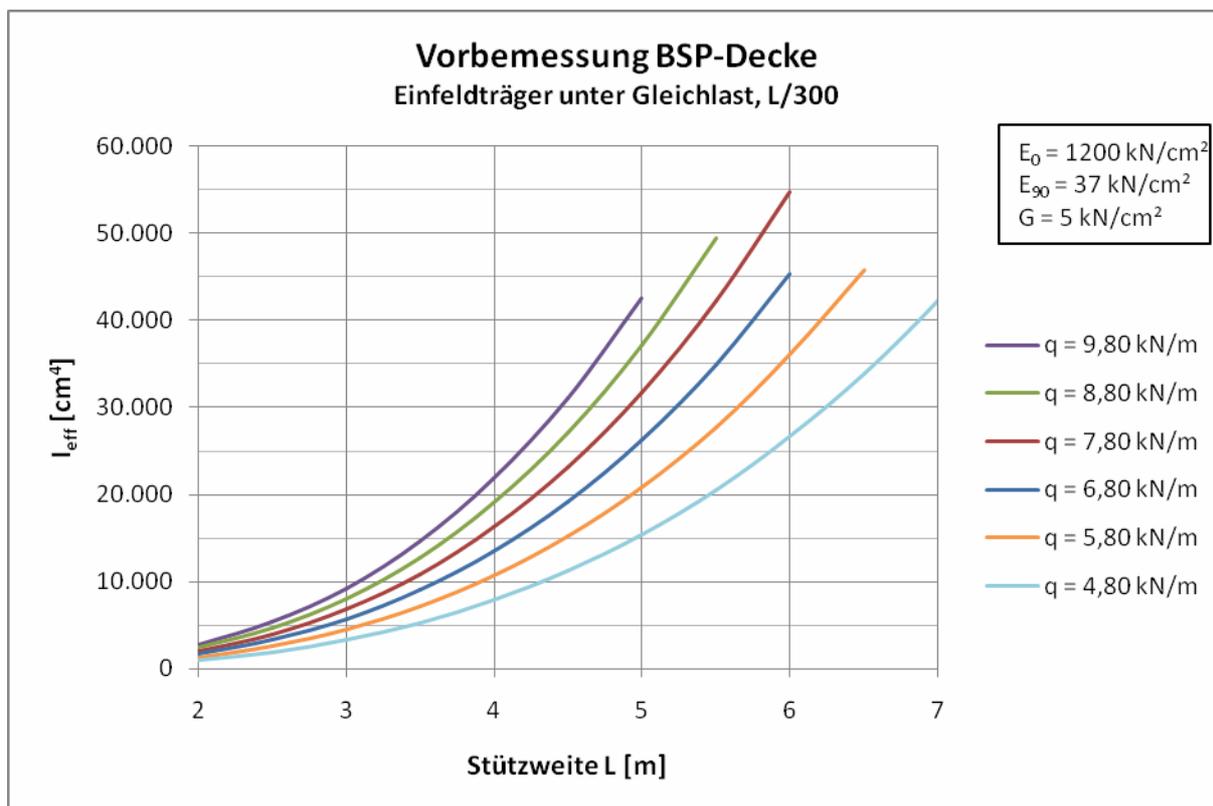


Abbildung 17: Bemessungsdiagramm zur Ermittlung des erforderlichen effektiven Trägheitsmomentes I_{eff} für einen Einfeldträger aus

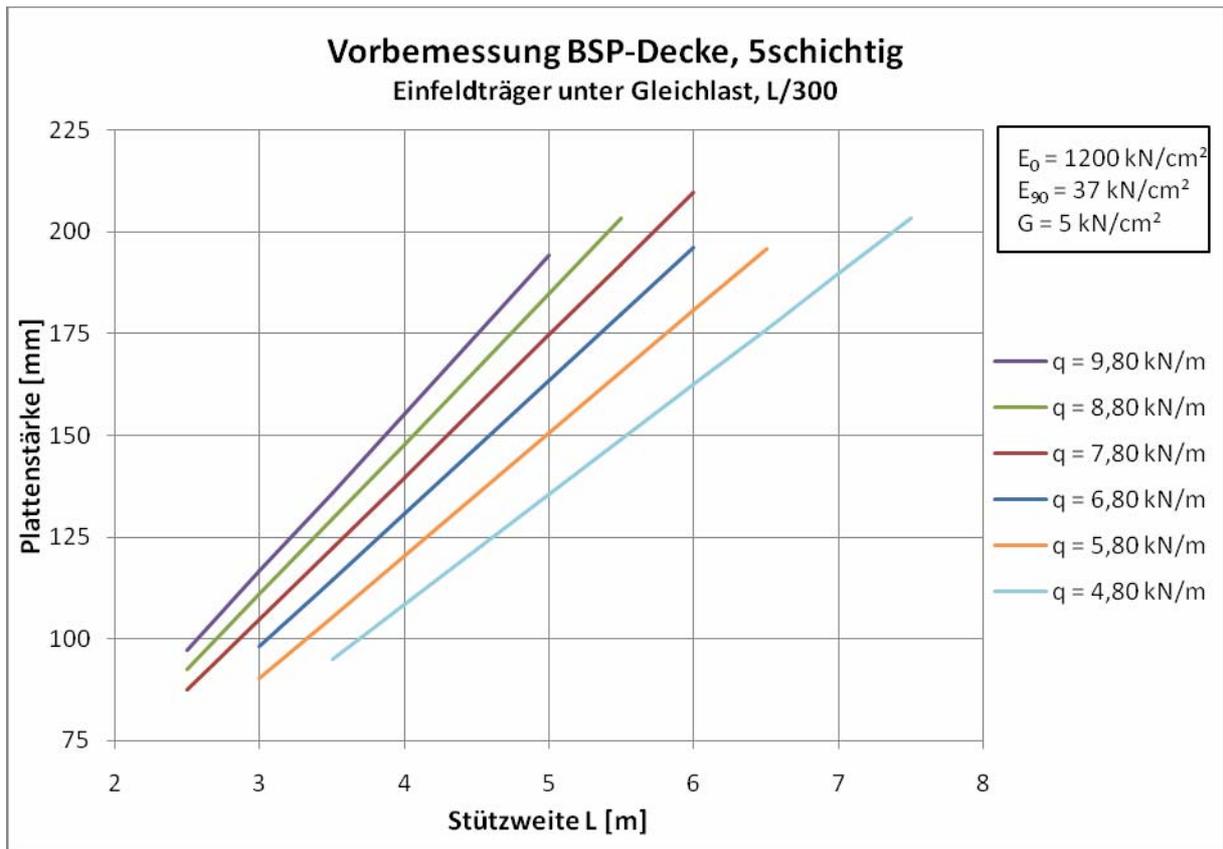


Abbildung 18: Bemessungsdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Höhe eines Einfeldträgers aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken

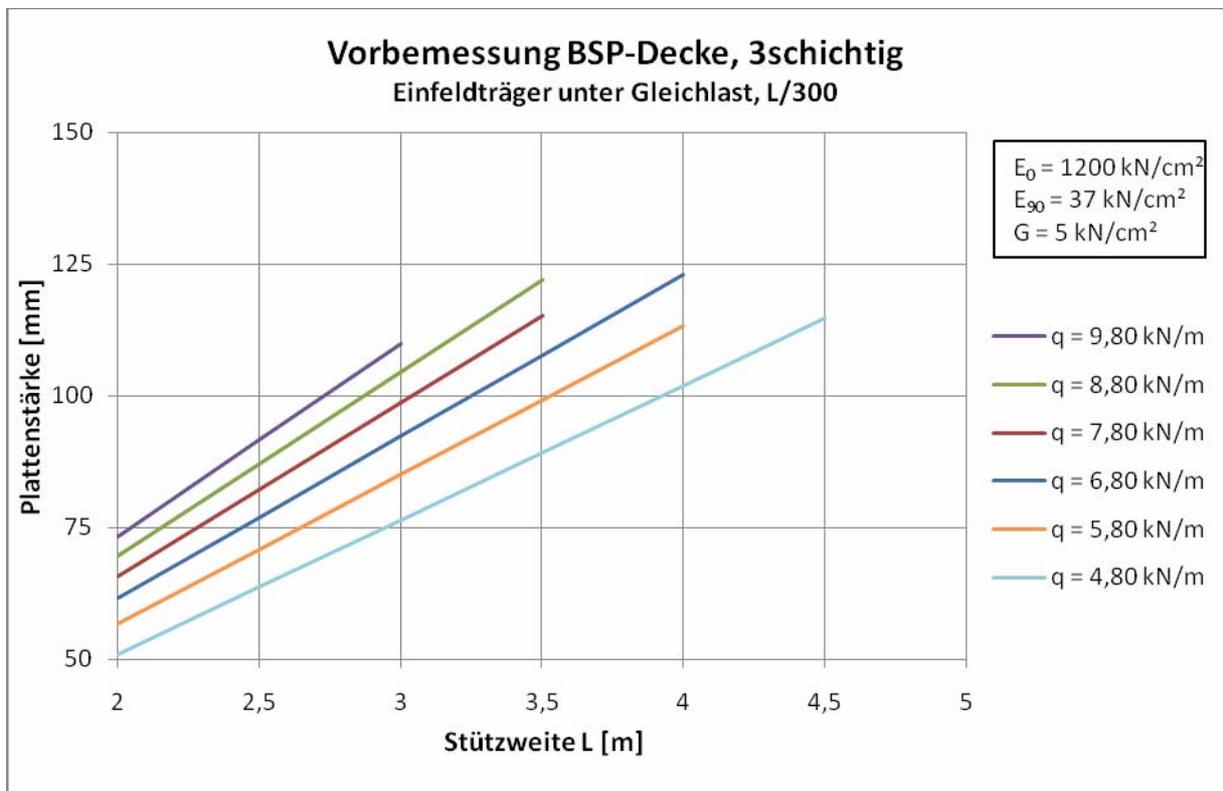


Abbildung 19: Bemessungsdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Höhe eines Einfeldträgers aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken

2.11.4 Evaluierung der Bemessung

Zur Überprüfung bzw. zum Vergleich, des für die Homepage angewandten Bemessungsvorganges werden zwei in jüngster Zeit unabhängig voneinander entwickelte Bemessungsprogramme herangezogen. Diese werden separat mit dem Programm des Forschungsprojekts verglichen. Ein direkter Vergleich aller drei Programme kann aufgrund unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen nicht durchgeführt werden.

Nachfolgende Diagramme ergeben sich durch Nachweis der Tragfähigkeit (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS), wobei es sich lediglich um eine Vorbemessung ohne Berücksichtigung von Schwingungen oder Brand handelt. Bemessen wird ein Deckenelement aus 3- und 5-schichtigem Brettsperrholz (NKL1) als Einfeldträger unter Gleichlast. Der Brettsperrholzquerschnitt wird auch hier als gleichschichtig angenommen. Verglichen werden die von den Programmen ausgewiesenen Mindeststärken der Brettsperrholzelemente in Abhängigkeit von der Spannweite.

Im Anhang 5.5. befinden sich weitere detaillierte Vergleiche, worin die Ausnutzung verglichen wurde – bei Variation der Plattenstärke, der Auflast oder der Spannweiten.

Vergleich mit Bemessungsprogramm von WallnerMild

Programm: Bemessung Holzbau EN (bEN)
Entwickler: Zmstr. Otto Mild,
Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Wallner

WallnerMild Holz·Bau·Software GesbR
Bienengasse 22a
A-8020 Graz

Tel.: 0664/3014691 (Otto Mild)
Mail: wallner@bemessung.com
HP: <http://www.bemessung.com>

Otto Mild und Markus Wallner sind seit Jahren mit der Berechnung, Lehre und Ausführung im Holzbau tätig. Gemeinsam entwickeln und vertreiben sie Bemessungsprogramme für den Holzbau. Im Auftrag folgender namhafter Österreichischer Produzenten von Brettsperrholz haben sie Bemessungsmodule nach Eurocode 5 und Europäischen Technischer Zulassungen (ETA) erstellt:

- CLT - Stora Enso Timber, (www.clt.info)
- BBS - Binder Brettsperrholz, (www.binderholz-bausysteme.com)
- KLH Massivholz GmbH, (www.klh.at)

Von den einzelnen Herstellern sind Bemessungsmodule in unterschiedlichem Umfang verfügbar. In dem von WallnerMild zur Verfügung gestellten Programmpaket „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ können Brettsperrholzelemente aller angeführten Hersteller als Decken- und Wandelemente bemessen werden.

Für die Erstellung nachfolgender Diagramme wurden übereinstimmend folgende Einstellungen getroffen:

Einzugsbreite	$b_E =$	1,0	m
Nutzlast	$p =$	2,8	kN/m
Summe ständige Auflast + Eigengewicht	$g =$	4,0	kN/m
Gleichlast	$q =$	6,8	kN/m
Wichte	$\gamma =$	5,0	kN/m ³
Festigkeit	$f_{m,k} =$	24	N/mm ²
E-Modul längs	$E_{0,mean}$	11.000	N/mm ²
E-Modul quer	$E_{90} =$	370	N/mm ²
Schubmodul	$G =$	50	N/mm ²

Tabelle 17: Eingangswerte für den Bemessungsvergleich mit „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ von Wallner Mild

Die gewählten Werte für die Eigenschaften von BSP sind mit Ausnahme der Wichte, dieselben, wie des im Zuge dieses Forschungsprojekts entwickelten Online-Rechners. Die Wichte muss in Abstimmung auf das Vergleichsprogramm von 5,5 kN/m³ auf 5,0 kN/m³ geändert werden. Der Berechnungsvorgang hingegen bleibt derselbe wie in Kapitel 2.11.1. beschrieben.

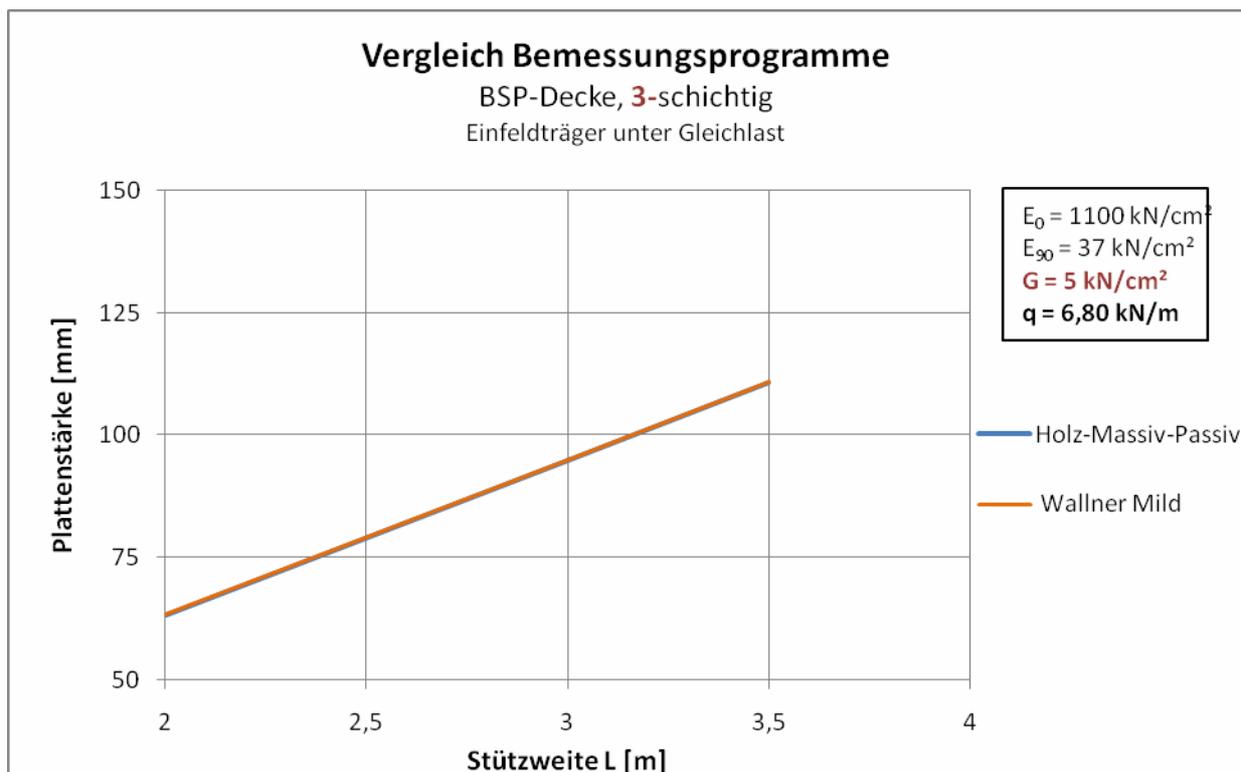


Abbildung 20: Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ der Fa. WallnerMild. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.

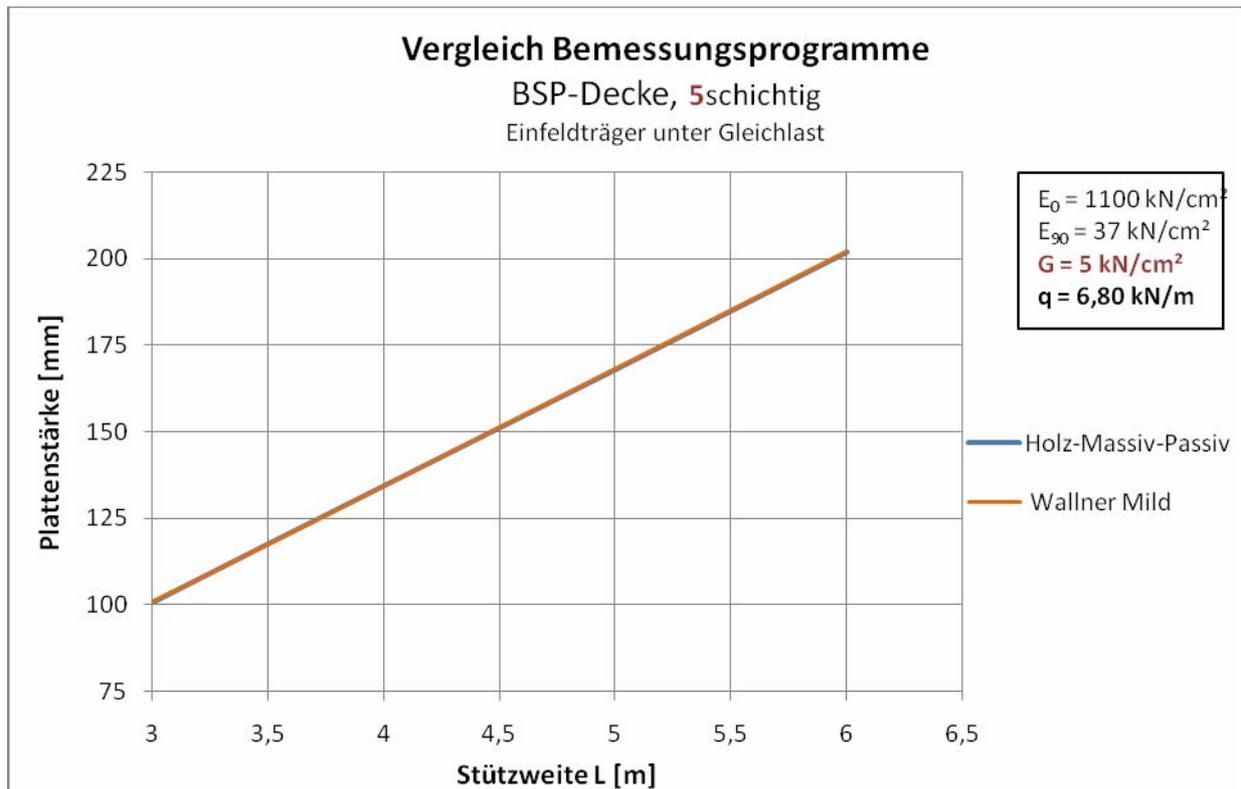


Abbildung 21: Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ der Fa. WallnerMild. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.

Die Graphen in den Diagrammen (Abb 20 und Abb. 21) sind kaum voneinander zu unterscheiden, da sie übereinander liegen. Daraus wird ersichtlich, dass die von den beiden verglichenen Programmen ausgewiesenen Werte für die erforderliche Mindeststärke der tragenden Brettsperrholzplatte nahezu ident sind.

Vergleich mit Bemessungsprogramm der holz.bau forschungs gmbH

Programm: CLTdesigner

Entwickler: holz.bau forschungs gmbh
Inffeldgasse 24
8010 Graz

Tel: 0316/873/4601

HP: [http:// www.holzbauforschung.at](http://www.holzbauforschung.at)

Basierend auf einem eigens entwickeltem Bemessungskonzept für biegebeanspruchte BSP-Elemente (siehe Kapitel D in „Augustin, M. u.a. (2009): BSPHandbuch“) wurde von der holz.bau forschungs gmbH das Softwaretool “CLTdesigner” entwickelt. Es steht auf der Homepage der holz.bau forschungs gmbh derzeit nach einem Login kostenlos zur Verfügung.

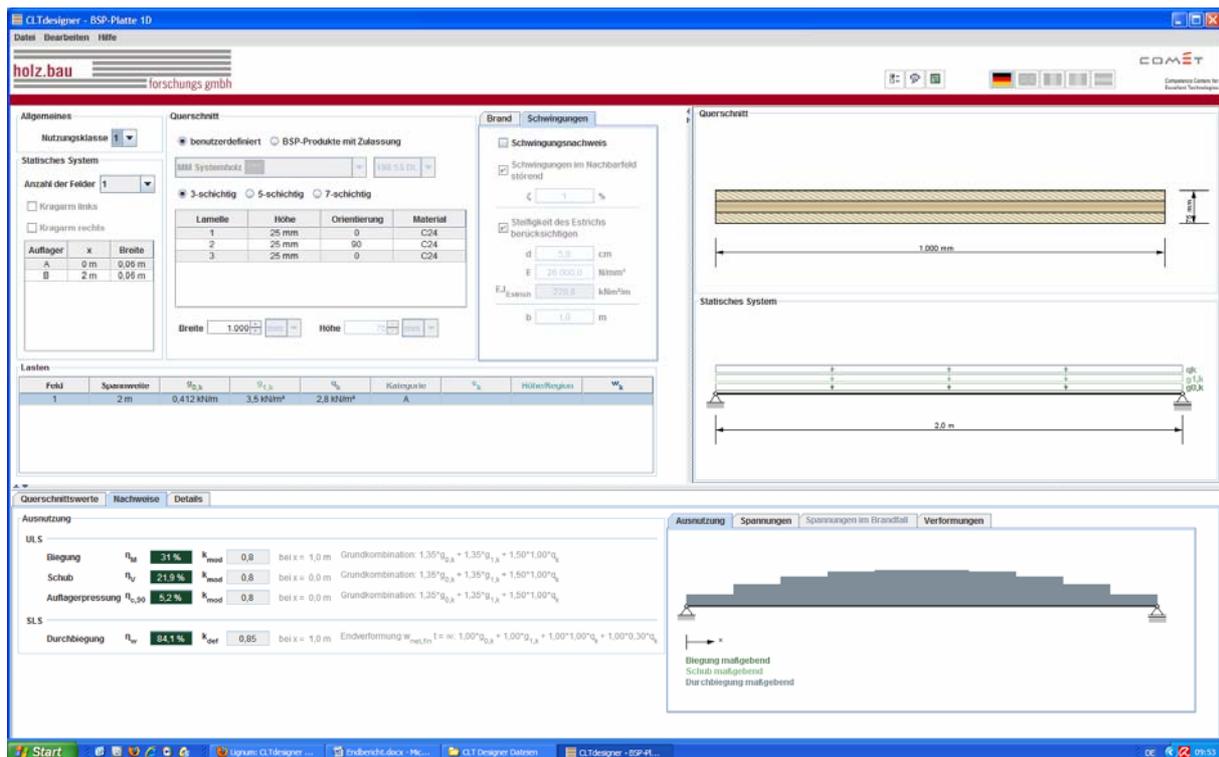


Abbildung 22: Screenshot des Softwaretools „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh

Für die Erstellung nachfolgender Diagramme wurden übereinstimmend folgende Einstellungen getroffen:

Einzugsbreite	$b_E =$	1,0	m
Nutzlast	$p =$	2,8	kN/m
Summe ständige Auflast + Eigengewicht	$g =$	4,0	kN/m
Gleichlast	$q =$	6,8	kN/m
Wichte	$\gamma =$	5,0	kN/m ³
Festigkeit	$f_{m,k} =$	24	N/mm ²
E-Modul längs	$E_{0,mean} =$	11.000	N/mm ²
E-Modul quer	$E_{90} =$	370	N/mm ²
Schubmodul	$G =$	69	N/mm ²

Tabelle 18: Eingangswerte für den Bemessungsvergleich mit „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh

Die gewählten Werte für die Eigenschaften von BSP sind mit Ausnahme der Wichte und des Schubmoduls dieselben, wie des im Zuge dieses Forschungsprojekts entwickelten Online-Rechners. Die Wichte muss in Abstimmung auf das Vergleichsprogramm von 5,5 kN/m³ auf 5,0 kN/m³ geändert werden, der Schubmodul von 50 N/mm² auf 69 N/mm². Der Berechnungsvorgang hingegen bleibt derselbe wie in Kapitel 2.11.1. beschrieben.

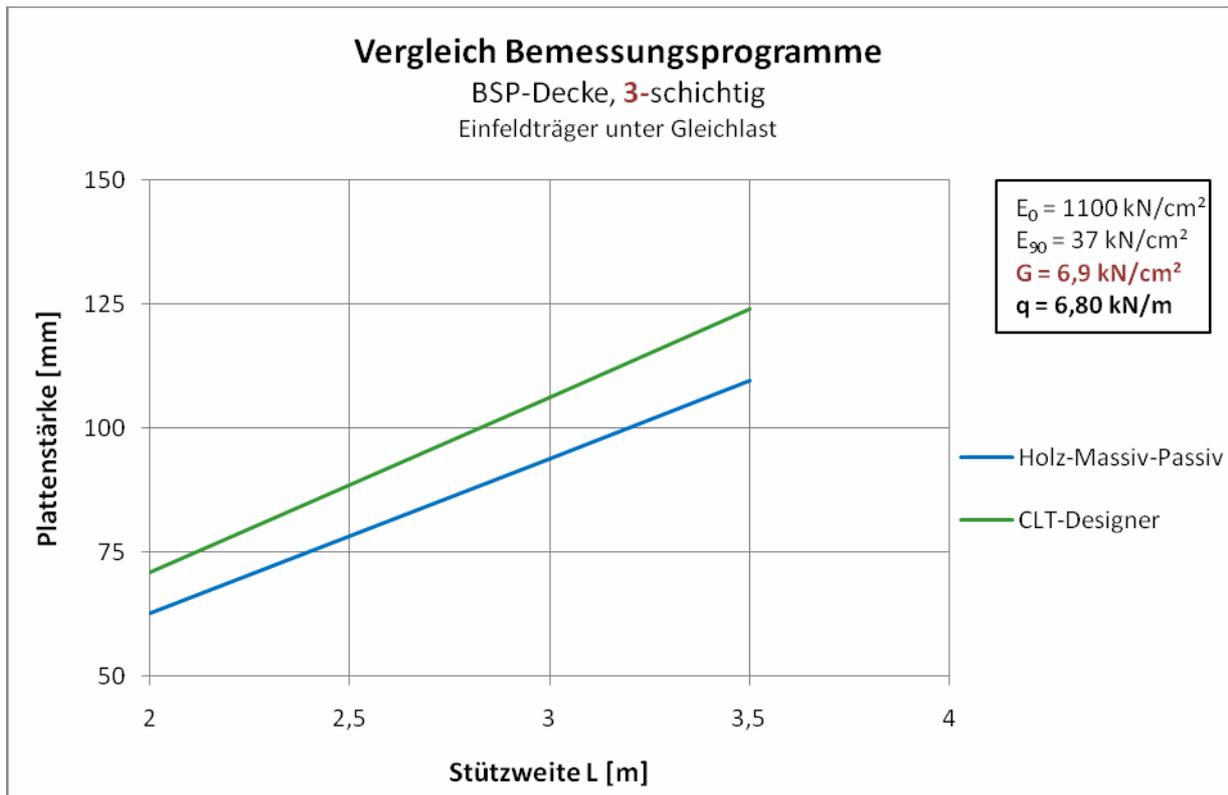


Abbildung 23: Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.

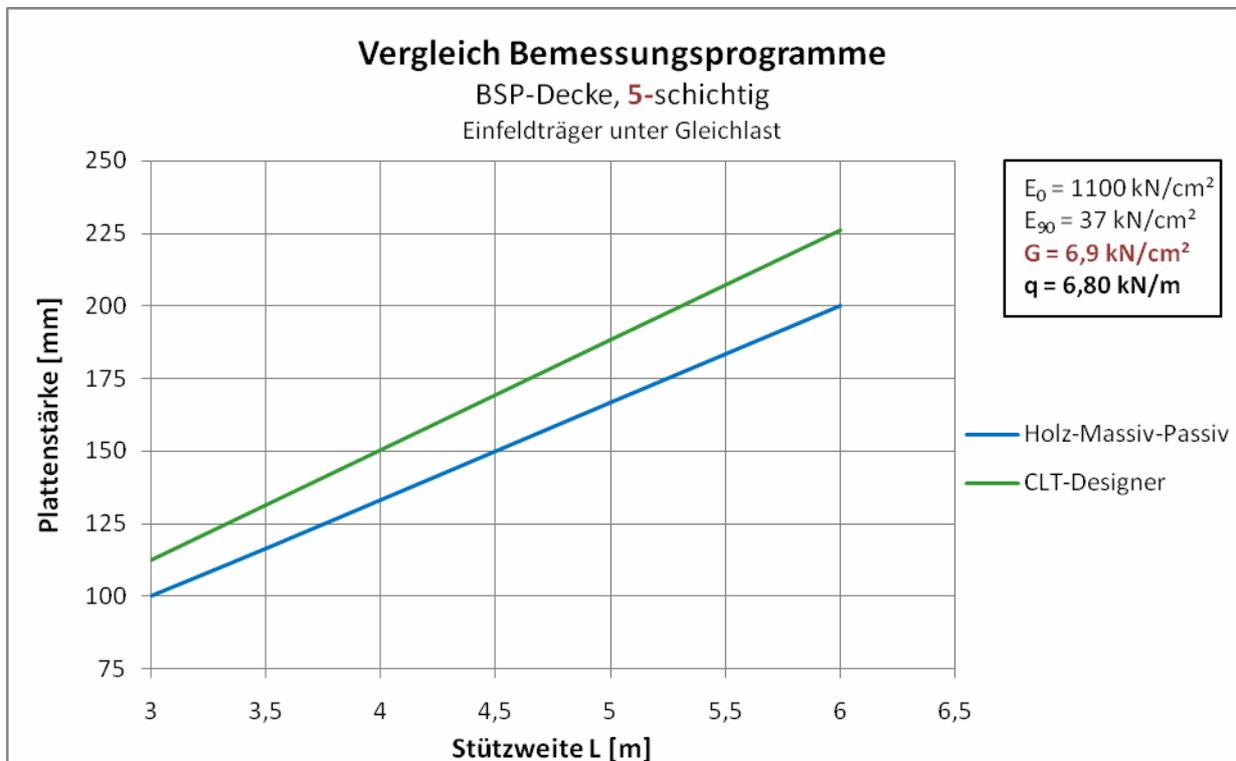


Abbildung 24: Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.

Die Diagramme (Abb. 23 und Abb. 24) zeigen, dass der CLT-Designer für die gewählte Belastung um 11 % bis 13 % größere Mindesthöhen für die Brettsperrholzplatten ausgibt, als der im Zuge dieses Forschungsprojektes entwickelte Online-Rechner. Für die 3-schichtige Platte ergibt das einen Unterschied von 8 mm (2 m Spannweite) bis 14 mm (3,5 m Spannweite), für die 5-schichtige 13 mm (3 m Spannweite) bis 26 mm (6 m Spannweite). Der im Anhang XX detaillierten Gegenüberstellung der prozentuellen Ausnutzung der Tragfähigkeit (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) kann entnommen werden, dass dieses Ergebnis durch den Gebrauchstauglichkeitsnachweis bedingt wird. Hierbei übertrifft die prozentuelle Ausnutzung des CLTdesigners, die des Holz-Massiv-Passiv-Rechners, während die Ausnutzung der Tragfähigkeit des CLT-Designers niedriger – also weniger „streng“ ist, als die des Holz-Massiv-Passiv-Rechners.

Rund 5,0 % Differenz ergeben sich alleine durch den unterschiedlichen k_{def} -Wert, welcher von der holz.bau forschungs gmbh nach Versuchsergebnissen der TU-Graz mit 0,85 gewählt wurde, anstatt 0,60 lt. ÖNORM EN 1995-1-1. Die restlichen 5 – 7 % Höhenunterschied begründen sich durch ein unterschiedliche Bemessungsmodell (Modell „BSP-Graz“, siehe BSP-Handbuch, Augustin, M. u.a., 2009).

Conclusio der Evaluierung des Bemessungsprogrammes

Die oben angeführten Vergleichsberechnungen bestätigen die Gültigkeit des erarbeiteten Programmes für die Vorbemessung von Brettsperrholzplatten. Geringfügig abweichende Ergebnisse im Vergleich mit anderen Programmen begründen sich in der Anwendung unterschiedlicher Berechnungsmodelle (siehe Kapitel 2.11.).

Das Programm stellt eine allgemeingültige Vorbemessung für Brettsperrholz dar. Für eine endgültige Bemessung und Dimensionierung muss eine detaillierte statische Berechnung unter Berücksichtigung der Angaben des jeweiligen Brettsperrholzplatten-Herstellers durchgeführt werden.

Vorbemessung – Softwarelösung

Ziel des Forschungsprojektes ist es unter anderem dem Anwender der entstehenden Online-Plattform ein Planungswerkzeug anzubieten, das eine einfache und rasche Vorbemessung von Brettsperrholzelementen bietet. Hierfür waren ursprünglich zwei Möglichkeiten angedacht. Um die Homepage jedoch übersichtlich und effektiv zu halten wurde vorerst entschieden, vom Anbieten produktunabhängiger Bemessungsdiagramme, wie oben beschrieben abzusehen. Dem Anwender wird auf der, im Zuge dieses Forschungsprojektes erstellten Homepage, die Vorbemessung mittels eines programmierten Berechnungstools angeboten. Hierfür muss er – die statische Bemessung betreffend – lediglich folgende Auswahl treffen:

- Nutzung (Wohn-, od. Bürobau) → Nutzlast
- Seehöhe und Schneelastzone → Schneelast (falls hierfür keine Auswahl getroffen wird, wird mit Default-Werten gerechnet, siehe Kapitel 2.11.3)
- Stützweite

Die Eigenlast, ergibt sich aus der im Vorhinein getroffenen Auswahl des Decken- bzw. Dachaufbaus.

2.12. Bauphysikalische und ökologische Kennwerte von Massivholzplatten

Bauphysikalische Kennwerte

Auswertung

Die folgende Tabelle zeigt die Angaben von 13 befragten Massivholzplattenherstellern zu den bauphysikalischen Kenndaten ihrer Platten. In den Klammern wird jeweils die Anzahl der Firmen genannt.

Oberfläche	Gehobelt (5) Geschliffen (4) Gebürstet (2)	Keine Angaben (1)
Spezifisches Gewicht	Mehrfachnennungen 140-160 kg/m ³ (1) 400-500 kg/m ³ (9) 530 kg/m ³ (1)	Keine Angaben (2)
Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK: normal zur Faser	$\sim 0,13$ W/mK (7) < 0,10 W/mK (1)	Keine Angaben (5) Anmerkung: Messungen zeigten z. T. eine deutlich niedrigere Wärmeleitfähigkeit.
Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK: parallel zur Faser	0,26 W/mK (1) 0,29 W/mK (1)	Keine Angaben (11)
Bei Elementen: Wärmedurchlasswiderstand R in (m ² K)/W	-	keine Angaben bzw. abhängig von Stärke und Plattenaufbau (13)
Wasserdampfdiffusionswiderstand μ normal zur Faser (EN 12524)	25-50 (1) 70 (2) 190-220 (1)	Keine Angaben (9)
Wasserdampfdiffusionswiderstand μ parallel zur Faser (EN 12524)	> 40 (1)	Keine Angaben (12)
Holzfeuchte (EN 13183)	$\sim 12 \pm 2$ % (5) $\sim 6-11$ (2) $\sim 10-12$ (3)	Keine Angaben (3)
Brandverhalten (EN 13501)	Abbrandgeschwindigkeit 0,67-0,76 mm/sec (3) D- s2 d0 (1) B2 (1) REI 60 bis REI 120 (1)	Keine Angaben (5)
Schallabsorption (EN 12354)	$\alpha = 0,1 / 0,3$ (250-500 Hz/ 1000-2000 Hz) (1) α bis 0,75 (1) 0,55 (mit Zusatzdämmung) (1)	Keine Angaben (10)
Luftschalldämmung R_w in dB (EN 12354)	$\sim 33 - 41$ dB (3) Zweischalig 63 dB (1)	Keine Angaben (10)
Trittschalldämmung $L_{n,T,w}$ in dB (EN 12354)	Mehrfachnennungen Bis 37 dB (1) Ab 61 dB (1)	Keine Angaben (11)

Tabelle 19 Auswertung der bauphysikalischen Kenndaten laut Herstellerangaben (Datenblatt im Anhang)

Dampfdiffusion

Zur Beurteilung des Dampfdiffusionsverhaltens wurden die verwendeten Außenwandaufbauten unter verschiedenen Bedingungen auf Kondensatanfall überprüft. Für die Berechnungen wurden die Herstellerangaben zum Wasserdampfdiffusionswiderstand herangezogen. Die Ergebnisse in Abhängigkeit vom μ -Wert des Massivholzelements und des s_d -Werts der Dampfbremse sind in der nachfolgenden Tabelle abgebildet.

Es zeigt sich, dass die Aufbauten im Hinblick auf Kondensatbildung wenig sensitiv reagieren und im Allgemeinen genügend Reserven zur Feuchtespeicherung vorhanden sind. In den meisten Fällen tritt kein Kondensat auf bzw. kann das Bauteil in der Verdunstungsperiode vollständig austrocknen. Die Tauwassermengen liegen deutlich unter der maximal zulässigen Menge von 0,5 kg/m²a.

Trotz des günstigen Dampfdiffusionsverhaltens der Massivholzelemente und der gewählten Aufbauten ist in jedem Fall sicherzustellen, dass die Massivholzstöße strömungsdicht ausgeführt werden!

Bauteil	Kondensation [kg/m ² a]	Verdunstung [kg/m ² a]	Beurteilung
AW 01, hinterlüftet			
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 30$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 220$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 30$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 200$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
AW 02, WDVS			
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 30$	0,074	0,074	Kondensation tritt auf und verdunstet vollständig in der Verdunstungsperiode
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 50$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 200$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 30$	0,115	0,115	Kondensation tritt auf und verdunstet vollständig in der Verdunstungsperiode
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 200$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
AW 03, TJI, verputzt			
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 30$	0,053	0,053	Kondensation tritt auf und verdunstet vollständig in der Verdunstungsperiode.
Dampfbremse $s_d = 0,4$ m Massivholzelement $\mu = 200$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 30$	0,091	0,091	Kondensation tritt auf und verdunstet vollständig in der Verdunstungsperiode
Ohne Dampfbremse Massivholzelement $\mu = 200$	-	-	Es tritt keine Kondensation auf

Tabelle 20 Dampfdiffusion der Aufbauten

Ökologische Kennwerte

Auswertung

Die befragten Massivholzhersteller verwenden hauptsächlich heimische Nadelhölzer, vorwiegend Fichte. Die mit Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harz oder Polyurethan-Kleber verleimten Hölzer werden üblicherweise nicht weiter behandelt. Über ökologische Kenndaten werden lediglich von Herstellern, die ein Umweltzeichen führen oder die über eine Ökobilanzierung verfügen Angaben gemacht. Ähnliches gilt für Emissionskennwerte.

Die folgende Tabelle zeigt die Angaben von 13 befragten Massivholzplattenherstellern zu den ökologischen Kenndaten ihrer Platten. In den Klammern wird jeweils die Anzahl der Firmen genannt.

Bestandteile		
Holzanteil		
Holzarten und -herkunft	vorwiegend Fichte aus heimischen oder nordischen Wäldern (9)	Keine Angaben (4)
Überwachung der Holzherkunft	PEFC-zertifiziertes Holz (9)	Keine Angaben (4)
weitere Holzarten	Tanne und Lärche, untergeordnet Kiefer oder Douglasie	-
Verbindungselemente		
Leimanteil und -art	Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harz (3) Polyurethan-Kleber (4) Leimanteil: 0,4 – 2 %	Keine Angaben Leimanteil/ –art (3) Keine Angaben Leimanteil: (4) Keine Angaben Leimart (2)
Weitere Verbindungselemente	Holzdübel (2)	
Holzbehandlung		
Oberflächenbehandlungsmittel	Keine Oberflächenbehandlung (3) Oberflächenbehandlung auf Anfrage (1)	Keine Angaben (9)
Imprägnierungsmittel (wirkstofffrei)	Kein Imprägnierungsmittel (3) Imprägnierungsmittel auf Anfrage (1)	Keine Angaben (9)
Wirkstoffhaltiges Holzschutzmittel	Kein Holzschutzmittel (3) Holzschutzmittel auf Anfrage (1)	Keine Angaben (9)
Holzmodifikation	Keine Holzmodifikation (3) Erhitzen (1) Mechanisch für Leitungsführung (1)	Keine Angaben (8)
Ökologische Kennwerte		
Ökologische Indikatoren für die Herstellung	Ökobilanz (3)	Keine Angaben (10)
Emissionsarme Materialien/ Formaldehyd: Prüfgutachten gem. Prüfkammerverfahren nach EN 717-1 oder EN 16000 vorhanden?	Prüfgutachten (5) Formaldehydfrei, ohne Prüfgutachten (2)	Keine Angaben (6)
Emissionsarme Materialien/ Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Prüfgutachten gem. EN 16000 vorhanden?	Prüfgutachten (3)	Keine Angaben (10)

Tabelle 21 Auswertung der ökologischen Kenndaten laut Herstellerangaben (Datenblatt im Anhang)

Ökologische Daten – Detailliert

Im Rahmen des Projekts wurden für ausgewählte Werke die ökologischen Indikatoren (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial) berechnet. Die folgenden Tabellen zeigen die im Rahmen des Projekts ermittelten ökologischen Kennwerte von Massivholzelementen der Hersteller Thoma und Lignotrend. Die Firma Binder, die sich ebenfalls für eine Ökobilanzierung beworben hatte, zog die Bewerbung im Laufe des Forschungsprojekts leider zurück.

Ökologische Kennwerte für Holz100, Fa. Thoma	Stadl a. d. Mur (A) pro kg	Lahr (De) pro kg
Nicht erneuerbare Energieträger [MJ]	3,59	2,22
Treibhauspotential [kg CO ₂ equiv.]	-1,01	-1,1
Überdüngung [kg Phosphat-equiv.]	0,00016	0,00013
Photosmog [kg Ethylen-equiv.]	0,00035	0,00033
Versauerung [kg SO ₂ -equiv.]	0,00093	0,00073

Tabelle 22 Ökologische Kenndaten für das Produkt Holz100, Fa. Thoma

Ökologische Kennwerte für Brettsperthölzer, Fa. Lignotrend	pro kg
Nicht erneuerbare Energieträger [MJ]	6,74
Treibhauspotential [kg CO ₂ equiv.]	-1,46
Überdüngung [kg Phosphat-equiv.]	0,00028
Photosmog [kg Ethylen-equiv.]	0,00053
Versauerung [kg SO ₂ -equiv.]	0,0019

Tabelle 23 Ökologische Kenndaten für das Produkt Brettsperthölzer, Fa. Lignotrend

Transporte

Transporte machen weniger als 4% des gesamten Primärenergieinhaltes nicht erneuerbarer Energie eines Gebäudes aus [Nachhaltig Massiv AP6 2009]. Eine exakte Erfassung der Transporte im Hinblick auf deren Größenordnung sowie eine Einbeziehung in die Berechnung der Wirkungskategorien ist aus praktischer Sicht nicht zielführend. Daher wurden die Transporte bei der ökologischen Bewertung der Aufbauten in diesem Projekt nicht berücksichtigt.

Entsorgung

Als Ergebnisse liegen aus [ABC-Disposal 2009] Maßzahlen und bewertete Massenbilanzen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen und deren Lebenszyklusbewertung vor. Die entwickelte quantitative Bewertungsmethode bezieht sich auf die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden. Die Methode ist daher im Rahmen des vorliegenden Projekts beim bisherigen Stand nicht anwendbar, kann jedoch bei einer Weiterentwicklung der Software von der Bauteil- auf die Gebäudeebene jedenfalls berücksichtigt werden und zur Anwendung kommen. Für die qualitative Bewertung wurden die Ergebnisse nach den Entsorgungswegen Deponierung, Verbrennung und Recycling aufgeschlüsselt. Sie zeigen, dass die qualitative Bewertung vor allem durch die mineralischen Baurestmassen (Fundamentplatten, Estriche, Putzmörtel, etc.) bestimmt wird, da diese auch bei Gebäuden in Holzbauweise mit Abstand die größten Massen darstellen.

Mineralische Baurestmassen

Im Prinzip ist eine Wiederverwendung von mineralischen Bauteilen wie z.B. Betonfertigteilen möglich, jedoch ist in der Regel von einer stofflichen Verwertung auszugehen, d.h. die mineralischen Baurestmassen werden zu definierten Korngrößen zerkleinert und je nach Stoffzusammensetzung und Korngrößenverteilung als Kies-, Sand- oder Mehlersatz für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt. Die Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen ist weder zielführend noch sinnvoll. Die Deponierbarkeit ist von der chemischen Zusammensetzung, dem Anteil an organischen Bestandteilen, den physikalischen Eigenschaften und den gesetzlichen Bestimmungen abhängig. In der Regel erfüllen massive mineralische Baustoffe die Anforderungen der Baurestmassendeponie.

Dämmstoffe

Bei zerstörungsfreiem Ausbau lose verlegter Dämmplatten oder -matten ist eine Wiederverwendung unverschmutzten Materials sehr gut möglich. Die stoffliche Verwertbarkeit von Mineralwolle ist derzeit nur begrenzt möglich. Abbruchmaterial wird von den Herstellern nicht zurückgenommen und saubere Baustellenabfälle der eigenen Produktion werden bei nur wenigen Herstellern eingeschmolzen und dem Herstellungsprozess als Rohstoff wieder zugeführt. Die größten Schwierigkeiten beim Wiedereinschmelzen verursachen die leichten Fasern, die in der Brennerflamme aufsteigen und in den nachfolgenden Wärmetauschern Probleme verursachen können. In der Regel wird Mineralwolle thermisch verwertet. Aufgrund des Faserflugs kann es auch bei der Beseitigung in Abfallverbrennungsanlagen zu Filter-Kurzschlüssen und damit zu Problemen in der Raugasreinigung kommen. Bei der Deponierung verhalten sich die mineralischen Bestandteile neutral, auch die Bindemittel sind sehr stabil. Von Nachteil ist jedoch das große Deponievolumen.

Die Einteilung in eine Deponieklasse (Baurestmassendeponie oder Massenabfalldéponie) hängt laut Deponieverordnung (BGBl 1996/164) vom Gehalt an „Gesamten organischen Kohlenstoff“ ab.

Flachsdämmstoffe werden aufgrund des hohen Materialverbunds von Dämmfasern und Stützfaser nicht stofflich verwertet. Üblich ist die thermische Verwertung in Abfallverbrennungsanlagen.

Schafwolle-Dämmstoffe haben einen hohen Heizwert. Sie werden daher hauptsächlich in Abfallverbrennungsanlagen thermisch verwertet. Große Mengen an Dämmstoff aus Abbruch- oder Sanierungsobjekten können textilen Fertigungsprozessen zugeführt werden.

Holz und Holzwerkstoffe

In der Regel sind im Hochbau eingesetzte Hölzer und Holzwerkstoffe entsorgungstechnisch unproblematisch. Zusatzstoffe wie Klebstoffe und Bindemittel, Flammschutzmittel, Oberflächenbehandlungsmittel und -beschichtungen, Holzschutzmittel sowie natürliche Inhaltsstoffe können die Entsorgung eventuell beeinträchtigen.

Rückbau und Weiterverwendung von Holz und Holzwerkstoffen sind, einen einwandfreien Zustand des Materials vorausgesetzt, sehr gut möglich. Insbesondere bei Tragkonstruktionen ist von einer hohen Wieder- oder Weiterverwendungsrate auszugehen.

Größere Bedeutung kommt auch der stofflichen Verwertung von Altholz z.B. in der Span- oder Faserplatten-Produktion zu. Um eine Verschleppung von Schadstoffen in Neuprodukte zu vermeiden, stellt der Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 strenge Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Altholz. In der Papier- und Zellstoffindustrie ist der Einsatz von Bau- und Abbruchholz nicht zulässig. Eine Verwendung von chemisch behandelten Althölzern im Baubereich ist nur in jenen Einsatzbereichen zulässig, für die eine chemische Behandlung notwendig ist.

Der übliche Entsorgungsweg von Holzabfällen ist die thermische Verwertung. Aufbereitete Holzabfälle können sowohl in reinen Abfallverbrennungsanlagen, als auch in industriellen Feuerungsanlagen und kalorischen Kraftwerke (mit)verbrannt werden. Für behandeltes Holz gelten gemäß Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 besondere Bedingungen, da sie halogenorganische Verbindungen oder Schwermetalle enthalten können und bei der Verbrennung von behandeltem Holz oder Holzwerkstoffen zusätzliche Emissionen (NO_x-Emissionen aus Bindemittel, Ammoniak, Stickoxid- und Phosphoroxid-Emissionen aus Flammschutzmitteln, Dioxine aus PVC-Beschichtungen, etc.) im ungereinigten Abgas der Anlage nicht ausgeschlossen werden können.

Die Deponierung von Holzabfällen ist laut Deponieverordnung (BGBl 1996/164) nicht zulässig.

2.13. Softwareauswahl

2.13.1. Methode zur Softwareauswahl

In der Literatur existieren zahlreiche Methoden die teils domänenspezifisch, teils technologiespezifisch geprägt sind und Lösungsansätze für das Entscheidungsproblem Softwareauswahl bieten. In der Praxis bewährt hat sich ein Phasenmodell, das für das gegenständliche Anwendungsszenario angepasst wurde (Arens 2004, Stahlknecht und Hasenkamp 2005):

1. Projektbeschreibung
2. Ist-Analyse (derzeitiger Stand an Informationssystemen in Bezug auf ökologisches Bauen, Planungshilfen für Massivholzbau-Passivhaus, ökol. Baustoff-Datenbanken),
3. Soll-Konzept (Modell Planungsprozess, Soll/Kann-Funktionen, KO-Kriterien),
4. Marktanalyse (geeignete Softwaretechnologien: Internetrecherche),
5. Grobbewertung (nach K.O.-Kriterien),
6. Feinbewertung (Funktionsanalyse),
7. Endauswahl

2.13.2. Ist-Analyse

Derzeitiger Stand in Bezug auf Informationssysteme im ökologischen Bauwesen

In (BINE 1999) findet sich eine umfassende Erhebung von verfügbaren Softwarelösungen und Datenbanken in Bezug auf die Planungsphasen. Die hier angeführten Informationssysteme wurden auf Basis dieser Bestandsaufnahme und eigener Recherchen (Internet im Zeitraum August 2008: Es wurde nach Informationen unter den Schlagworten und Kombinationen daraus, Planungshilfe, Datenbank, Katalog, Software, Bauteile, Holzbau, ökologisch Bauen, Passivhaus, Holzmassivbau) beschrieben. In dieser Erhebung wurde der Fokus in Hinblick auf das gegenständliche Projekt auf Web-Datenbanken gelegt.

Name	URL	Schwerpunkt	Betreiber/Hersteller	Technologie	Land
BauBioDataBank	www.gibbeco.org	Instrument zur baubiologischen bauökologischen Beurteilung und Auswahl von international angewandten Baumaterialien und Bauprodukten	Genossenschaft Information Baubiologie (GIBB)	Client SW	DE
GEMIS	www.gemis.de	Instrument zur vergleichenden Analyse von Umwelteffekten der Energiebereitstellung und -nutzung	Öko-Institut e.V. Deutschland, Umweltbundesamt Österreich	Client SW	AT
KEA	www.oeko.de/service/kea	Programm zur Berechnung des KEA aus Basisdaten	Öko-Institut e.V. Deutschland	Web SW	DE
ProBAS	www.probas.umweltbundesamt.de	Bibliothek für ökologische Lebenszyklusdaten von Produkten, Materialien	Umweltbundesamt Deutschland, Öko-Institut e.V. Deutschland	Web SW	DE
LEGEP	www.legoe.de	LEGEP ist ein Programmwerkzeug für die lebenszyklusbezogene Planung und ökologisch-ökonomische Bewertung von Gebäuden	LEGEP Software GmbH	Web SW	DE

OGIP	www.the-software.de/ogip	Programm für die Bilanzierung von Energie- und Stoffflüssen von Bauteilen und Bauwerken.	t.h.e. Software GmbH	Client SW	DE
Ecoinvent	www.ecoinvent.org	internationale, Industrie basierte Sachbilanzdaten aus den Bereichen Energiebereitstellung, Gewinnung von mineralischen Ressourcen, Materialbereitstellung, Chemikalien, Metalle, Landwirtschaft, Abfallentsorgung und Transport	Swiss Centre for Life Cycle Inventories	Web SW, Excel Makro	CH
ZUB Software	www.zub-kassel.de/software	Erstellung von Energieausweisen, Nachweisen gemäß EnEV, Gebäude-Energieberatungen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen, KfW-Nachweise, Wärmebrückenberechnungen, Bauteilanalysen und Gebäude-Simulationen.	Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V.	Client SW	DE
ECOSOFT	www.ibo.at	Programm zur ökologischen Bewertung von Baukonstruktionen und Gebäuden auf Basis des Ökoindiktors OI3	Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Verein) und IBO GmbH	Microsoft Excel	AT
BAUBOOK.AT	www.baubook.at	Bauprodukte-Datenbank mit Bewertung nach Ökologie, ArbeitnehmerInnenschutz und Innenraumluftrelevanz	IBO GmbH, Energieinstitut Vorarlberg	Web SW	AT
Dataholz	www.dataholz.com	Katalog bauphysikalisch, ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse	Holzforschung Austria	Web SW	AT

Tabelle 24 Web-Datenbanken

2.13.3. Soll-Konzept

Zielgruppe

Planer (Zimmereibetriebe, Ingenieurbüros, Bauherren)

Typ

Planungs-Informationssystem

Prozess

Die Planungsphasen nach HOAI (Honorarrichtlinien für Architekten und Ingenieure in Deutschland) wurden als Grundlage für die Einordnung in den Gesamtprozess herangezogen. Dabei wurden die primär unterstützten Planungsphasen identifiziert (schwarz unterlegt) und die sekundär unterstützten Planungsphasen (dunkelgrau).

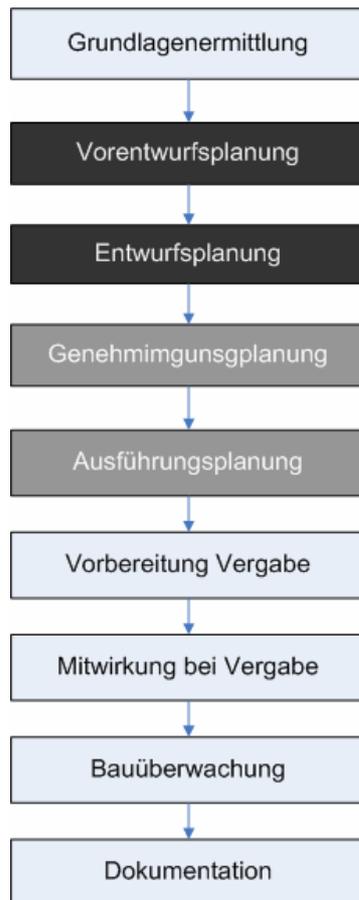


Abbildung 25 Planungsphasen nach HOAI mit Hervorhebung der zu unterstützenden Phasen (Datenflussdiagramm)

Im Folgenden sollen die Planungsphasen Vorentwurfsplanung und Entwurfsplanung (primäre Planungsphasen) im Hinblick auf ihre Unterstützung durch das geplante Informationssystem beschrieben werden.

Vorentwurfsplanung

Formulieren der Ziele (u.a. Energiekennzahl), Formulieren der Nutzeranforderung und Nutzungsbedingungen, Erstellen des Grundrisskonzepts, Grobkonzept für Energie.

Entwurfsplanung

Vorauswahl der Bauweise und Hauptbaustoffe, Bauwerksoptimierung (Feinkonzept) nach ökologischen Kriterien.

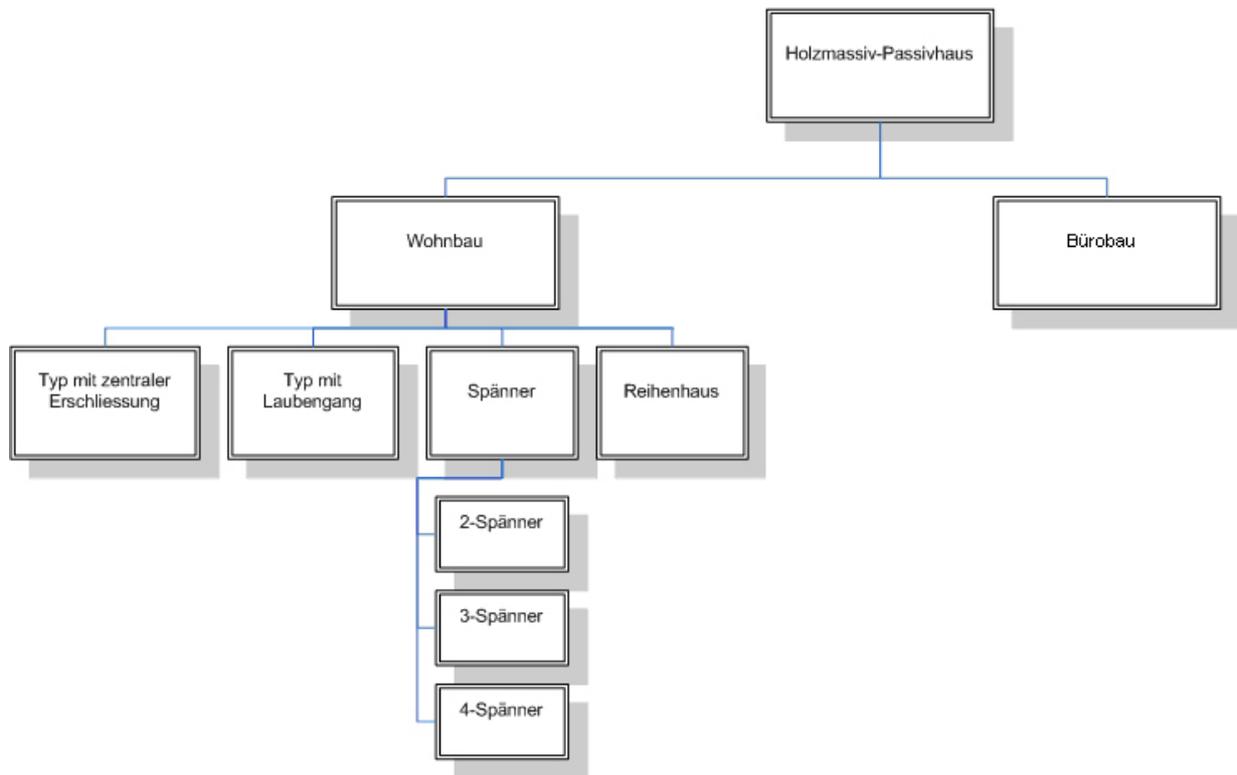


Abbildung 26 Beispielhafte Informationsstruktur Holmassiv-Passivhaus (eine detaillierte Ausarbeitung findet sich in Kapitel 2.20.)

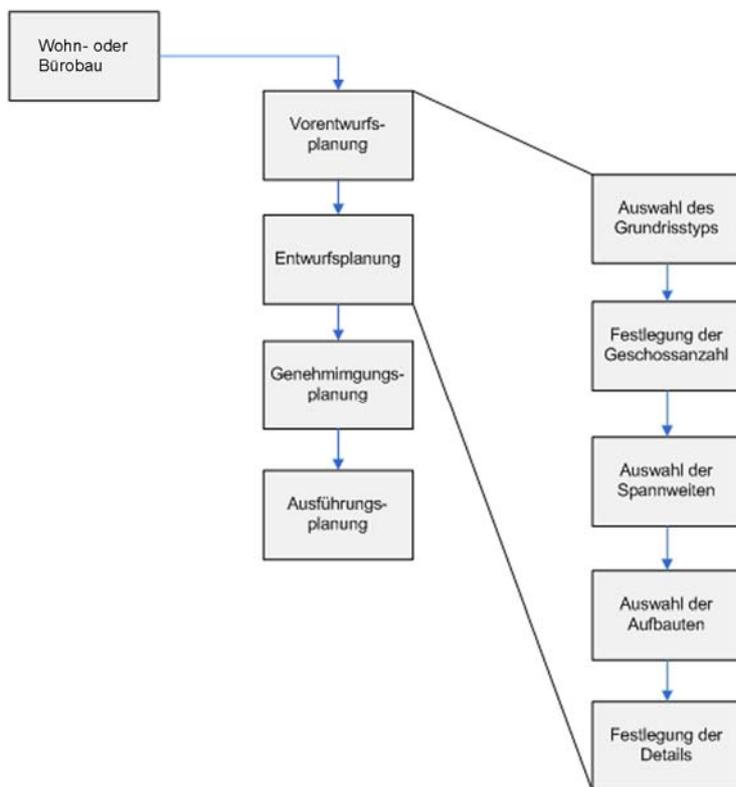


Abbildung 27 Planungsprozess Holmassiv-Passivhaus (Datenflussdiagramm)

2.13.4. KO-Kriterien

- Nur kostenfreie Lizenz (OpenSource),
→ keine Kosten für Kauf und Updates
- Die Bedienung der Software muss über den Webbrowser möglich sein.
→ Das ermöglicht einen geringen Schulungsaufwand und keine Installationskosten
- Die Software sollte sich ohne große Anforderungen auf einem Standard-Webserver installieren und betreiben lassen. Mit Standard-Webserver sind hier vor allem auch gehostete / gemietete Varianten gemeint.
→ Das garantiert eine einfache und kostengünstige Verbreitung und Wartung.
- Die Software muss ein offenes System sein: offener und zugänglicher Quellcode, flexibel anpassbar und erweiterbar,
→ Anpassungen und Erweiterungen können damit von unabhängigen Experten durchgeführt werden
- Die Software muss eine große Verbreitung aufweisen, sie muss leicht erlernbar sein, umfangreiche Dokumentation aufweisen und bereits eine große Gemeinschaft an Experten und Nutzern involvieren
→ das bietet Sicherheit in Bezug auf die Investition und minimiert den Schulungsaufwand.
- nur auf PHP/MySQL basierende Systeme
→ weil in diesem Bereich die größte Erfahrung vorhanden und die effizienteste Durchführung gewährleistet ist.

2.13.5. Funktionale Kriterien

Die gewünschte Lösung soll in erster Linie eine Planungs- und Entscheidungshilfe bzw. einen Katalog verfügbarer Lösungen für den Holzmassiv-Passivhausbau darstellen. Die primäre Zielgruppe besteht aus Personen, die in die Planung eines derartigen Vorhabens involviert sind. Das sind im Speziellen: Planer aus Zimmereibetrieben, spezialisierte Ingenieurbüros. Die angestrebte Lösung soll darüber hinaus ein einfach zugängliches Medium für die Informationsbeschaffung und -bereitstellung zum Thema Holzmassiv-Passivhausbau darstellen.

- Einfache Suche und Auswahl von Lösungen, Materialien
- Strukturierte Navigation, Möglichkeit der Erweiterung der Navigation und Suchkriterien
- Batch-Importfunktion für Daten zu Holzmassivbau-Materialien
- Funktion zum Aktualisieren und Hinzufügen von Daten zu Holzmassivbau-Materialien
- Anzeige von Holzmassivbau-Materialien und assoziierten technischen Informationen
- Einfache Erstellung und Pflege von Webseiten
- Einbinden von diversen Formaten (Bilder, Grafiken, technische Zeichnungen, PDF, ..)
- Benützung von Vorlagen
- Unterstützung des Planungsprozesses (siehe Punkt Prozess)
- Unterstützung von mehreren Benutzern

2.13.6. Marktanalyse Softwaretechnologien (short-list, nach KO-Kriterien)

TYPO3 (www.typo3.org)

"Typo3 (offizielle Schreibweise TYPO3) ist ein 1998 erschienenes freies Entwicklungsframework für mittlere bis große Websites, das von Kasper Skårhøj entwickelt wurde. TYPO3 basiert auf der serverseitigen Skriptsprache PHP. Als Datenbank wird häufig MySQL eingesetzt, möglich sind aber auch etwa PostgreSQL oder Oracle. Das System wird von dem ursprünglichen Autor und einer Community aktiv weiterentwickelt. TYPO3 kann mit Plugins (extensions, Erweiterungsmodulen) um viele Funktionen und ganze Anwendungsprogramme erweitert werden, ohne dass eigener Programmcode geschrieben werden muss. Derzeit sind über 3.600 Erweiterungen verfügbar, darunter News, Shop-Systeme, Diskussionsforen und andere. Vorteilhaft ist die Mehrsprachigkeit von Front- und Backend, sowie die aktive Anwender- und Entwicklergemeinde aus aller Welt. TYPO3 gehört zusammen mit Drupal und Joomla! zu den bekanntesten Content-Management-Systemen aus dem Bereich der freien Software." (aus Wikipedia, 19. Februar 2009)

Joomla (www.joomla.org)

"Joomla ist ein populäres, volldynamisches freies Content-Management-System (CMS), das aus dem Open-Source-Projekt Mambo hervorgegangen ist und inzwischen in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen weltweit zum Einsatz kommt. Joomla ist Freie Software und steht unter der GNU General Public License. Es ist in PHP 5 geschrieben und verwendet MySQL als Datenbank (weitere Datenbankschnittstellen stehen in Entwicklung)". (aus Wikipedia, 19. Februar 2009)

MediaWiki (www.mediawiki.org)

"MediaWiki ist eine freie Software zum Betrieb eines Wikis (Wiki-Software/-Engine), das ursprünglich für die freie Enzyklopädie Wikipedia entwickelt wurde. Mittlerweile wird es auch für verschiedene andere Projekte der gemeinnützigen Wikimedia-Stiftung und, da es für jeden frei verfügbar ist, auch für eine Vielzahl anderer Projekte im Internet oder in Intranets verwendet. Es ist unter der GPL lizenziert und in der Skriptsprache PHP geschrieben. Zum Speichern der Inhalte nutzt MediaWiki die relationale Datenbank MySQL. Alternativ kann ab Version 1.5 auch PostgreSQL als Datenbank-Backend verwendet werden, jedoch ist die Unterstützung noch experimentell". (aus Wikipedia, 19. Februar 2009)

	TYPO3	JOOMLA	MEDIAWIKI	G
Einfache Suche und Auswahl von Lösungen, Materialien	8	8	10	10
Strukturierte Navigation, Möglichkeit der Erweiterung der Navigation und Suchkriterien	10	10	5	10
Batch-Importfunktion für Daten zu Holzmassivbau-Materialien	5	5	5	5
Funktion zum Aktualisieren und Hinzufügen von Daten zu Holzmassivbau-Materialien	5	5	5	5
Anzeige von Holzmassivbau-Materialien und assoziierten technischen Informationen	10	10	10	10
Einfache Erstellung und Pflege von Webseiten	8	10	10	8
Einbinden von diversen Formaten (Bilder, Grafiken, technische Zeichnungen, PDF, ..)	10	10	10	9
Benützung von Vorlagen	10	10	2	8
Unterstützung des Planungsprozesses (siehe Punkt Prozess)	10	10	2	10
Unterstützung von mehreren Benutzern	10	10	2	5
Bewertung	714	730	684	

Tab 17 Marktanalyse Softwaretechnologien

Die Bewertung erfolgte auf Basis der funktionalen Kriterien, die je nach Wichtigkeit gewichtet wurden (rechte Spalte).

JOOMLA wurde in dieser Bewertung am Höchsten bewertet. Insbesondere die einfache Handhabung bei der Pflege und Erstellung von Webseiten war hier ausschlaggebend, sonst ist es in Bezug auf die Auswahlkriterien gleich mit TYPO3 zu beurteilen. MEDIAWIKI wurde am geringsten bewertet, da insbesondere die eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeit und Vorlagenverwaltung als wichtig angesehen wurde. JOOMLA wird somit als Rahmensoftware verwendet und in Bezug auf die Planungsfunktionalitäten erweitert. Höchste Priorität bei der Entwicklung wird die Planungsfunktion erhalten, das Redaktionssystem zur Verwaltung der weiteren Informationsseiten hat in der ersten Phase geringere Priorität bzw. wird nur mit Minimalfunktionalität (Mehrbenutzerverwaltung, Vorlagen) bereitgestellt.

2.14. Grundlagenforschung und -entwicklung der standardisierten modularen Holzmassivbauweise für Passivhäuser

2.14.1. Beispiele für Grundrisstypologien – Projektdokumentation Wohnbau

Die folgenden Wohnbauprojekte sind bis auf wenige Ausnahmen als Passivhaus ausgeführte Holz- oder Holzmischbauten. Untersucht wurden die Ausbildung der Grundrisse, die Lage der Schächte und Sanitärbereiche, die Abmessungen der Räume und die Erschließungsflächen.

Die Unterteilung in der nachfolgenden Aufstellung erfolgt nach der Art der Erschließung.

Zentrale Erschließung

- Projekt Mühlweg Bauplatz C, Dietrich Untertrifaller

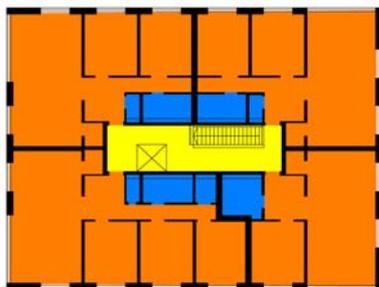


Abbildung 28 Dietrich / Untertrifaller, Mühlweg Bauplatz C

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrale Erschließung - Vierspänner
Bauwerk	WHA am Mühlweg - Bauplatz C
Funktion	Wohnbau
Jahr	2006
Standort	Mühlweg, 1210 Wien
Baukörperbeschreibung	4 kompakte Passivhausbaukörper; jeweils zentraler Stahlbetonkern, der Erschließung, Nasszellen und Küchen enthält; beidseitig vorgelagerte, vorgefertigte Holzboxen als Holzbalkone bzw Loggien
Geschoßanzahl	4
Konstruktion	Massivholzbau
Wand_Außen	Holzmassivplatten (KLH) 9 cm, mit graugrünem WDVS Dickputz aus Holzfaserplatten und 24 cm Wärmedämmung; komplett mit Einbau der Fenster vorgefertigt
Decken	Holzmassivplatten (KLH) 14 cm mit 7 cm Estrich, gegen Erdreich, über Keller und EG Stahlbeton (30 bzw. 20 cm Stärke + 32 cm Dämmung über Keller)
Dach	Flachdach; Holzmassivplatten (KLH) 13 cm , darüber 24/24 Holzträger mit dazwischenliegender Dämmung, Gefällebeton und 13 cm Dämmung

Kurzbeschreibung	Holzmischbauweise als Scheibenstruktur; Die Vertikallasten werden über die Decken aufgenommen und über die Wände zu den Betonbauteilen abgeleitet. Die querlaufenden Wände werden als tragende Wandscheiben ausgebildet, damit können im EG großzügigere Räume ausgeführt werden (Stützenstruktur). Die Horizontallasten (Wind- und Erdbeben) werden ebenfalls über die Dach-, Decken- und Wandscheiben abgeleitet. Jeder Teilblock steht für sich.
Spannweiten (ca.)	360 / 620 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus-Standard
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung - Abluft/Frischlufte über einen Wärmetauscher, Frischluftvorkonditionierung in einem Erdkollektor
Heizung	Raumindividuell steuerbares Heizsystem; Mini-"Bonsai"-Heizkörper; Warmwasser über Sonnenkollektoren
Ökologie	Regenwasserspeicher für die Bewässerung der Außenflächen; Wassersparende Armaturen und Spülsysteme; H-FCKW, H-FKW und SF6 werden durch entsprechende Geräte- und Materialwahl vermieden; Hauptschalter beim Wohnungseingang für zusätzliche Stromeinsparungen

Architekt	Dietrich I Untertrifaller Architekten
Herstellerfirma	KLH

(Nextroom, Zugriff 26.05.2008)

- Projekt Mehrfamilienhaus Wolfurt, Gerhard Zweier

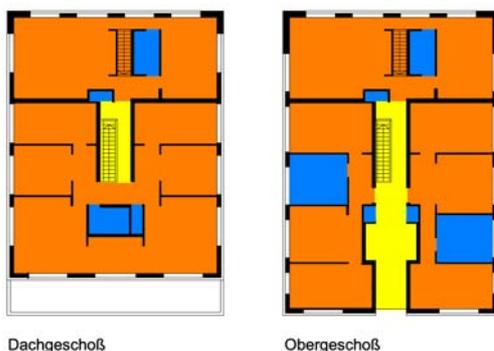


Abbildung 29 Gerhard Zweier, Wolfurt

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrale Erschließung
Bauwerk	Mehrfamilienhaus
Funktion	Wohnhaus
Jahr	1999
Standort	Wolfurt, Vorarlberg

Baukörperbeschreibung	Kompakte, 3-geschossiges Gebäude mit je 4 Wohneinheiten und einem Atelier mit mittig liegendem, allgemein zugänglichen Stiegenhaus; hoher Fensteranteil von 40% unabhängig von der Orientierung
Geschoßanzahl	3

Konstruktion	Mischbau
Wand_Holz	vorgefertigte Holzelemente mit 16, bzw. 26 cm Steinwollendämmung, innenseitige Gipskartonvorsatzschale mit zusätzlichen 8 cm Wärmedämmung
Wand_massiv	aussteifende Betonscheibe
Decken	massive Stahlbetondecken
Dach	Flachdach als Warmdach mit 40cm EPS-Dämmung und einer 2-lagigen Bitumenabdichtung
Kurzbeschreibung	Mischbauweise mit Stahlbetondecken auf Stahlstützenkonstruktion und aussteifenden Stahlbetonwandscheiben und Holzfertigteilaußenwände mit innerer Gipskartonvorsatzschale, Eine durchgehend dichte Ebene an der Innenseite des Holzfertigteiles (Dampfsperre) vor der Stahlbeton- und Stahlstützenkonstruktion bildet die luftdichte Ebene, die durch eine innere Gipskartonvorsatzschale geschützt wird und als Installationsebene dient.
Spannweiten (ca.)	310 - 500 cm (Stahlbetondecken auf Stahlstützen)

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus-Standard mit 15 kWh/m ² a Heizwärmebedarf und 120 kWh/m ² a Primärenergieverbrauch
Kontrollierte Wohnraumlüftung/ Heizung	Dezentrale kontrollierte Wohnraumlüftung (AEREX Lüftungsgerät der Fa. Drexel Solarlufttechnik), die Wärmerückgewinnung erfolgt über einen Gegenstromplattenwärmetauscher und die Nachheizung der Zuluft über ein Warmwasserregister, zusätzlich wird die Zuluft über einen Erdwärmekollektor vorerwärmt. Die zentrale Heizwärme- und Warmwassererzeugung besorgt ein Pelletsheizkessel mit 15 kW; Installationsschächte zentral an Erschließungskern angrenzend
Heizung	Solaranlage mit 40 m ² Kollektorfläche
Ökologie	Stromsparkonzept für die gesamte Anlage (passivhausgeeignete Haushaltsgeräte,...); Innenwände mit Lehmputz auf Schilfmatten errichtet

Architekt	Gerhard Zweier
-----------	----------------

(Krapmeier 2001: S.48 ff.)

Laubengang

- Projekt Wettbewerb Modulares Sonnenhaus, Heinz Geza Ambrozy

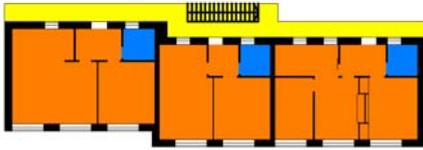


Abbildung 30 Heinz Geza Ambrozy, Wettbewerb Modulares Sonnenhaus

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Laubengang
Bauwerk	Modulares Sonnenhaus
Funktion	Wohnhaus
Jahr	1997
Standort	Frojach
Baukörperbeschreibung	4 Einheiten mit je 6 Wohnungen, die Zusammensetzung der Baukörper bzw. Wohneinheiten ist variabel; basierend auf einem Holzbau-Raster von 104cm mit vorgestellter, offener Laubengangerschließung und konsequenter Südorientierung - offene Süd- und vorwiegend geschlossenen Nordfassade, die Tiefe der Baukörper ist gering gehalten; vorgestelltes Balkongerüst
Konstruktion	Massivholzbau
Außen-Wand	Brettstapel (BRESTA H) 10 cm mit Wärmedämmung zwischen Leisten (6 cm) und Staffeln (8 cm), Installationsebene (3,5 cm)
Wohungstrenn-Wand	2x Brettstapel (BRESTA H) 10 cm mit 2x4,5 cm Wärmedämmung (Installationsebene) und Trittschalldämmung (3 cm)
Decken	Brettstapel (BRESTA H) 20 cm mit Estrich (5 cm) und Trittschalldämmung (4 cm); gegen Erdreich Stahlbetonplatte (30 cm)
Dach	Extensives Gründach, Hohlekastenelement K1-Multiplanplatten (2 cm) mit BSH-Stegen (6/30) alle 62 cm; Dämmung 30 cm
Kurzbeschreibung	stützenfreier Grundriss, vorwiegend Holzkonstruktion, zum Erdreich Stahlbeton; Installationsschächte an den Wohnungstrennwänden
Spannweiten (ca.)	672 cm (Modul: 104 cm)
Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigenergiehaus-Standard,
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung und Vorwärmung der Frischluft im Winter bzw. Abkühlung im Sommer über einen Energiebrunnen; Installationsschächte an den Wohnungstrennwänden
Heizung	Zentrale Wasser-Wasser Wärmepumpenanlage
Ökologie	-
Architekt	DI Heinz Geza Ambrozy

- Projekt Schlichting, Hermann Kaufmann

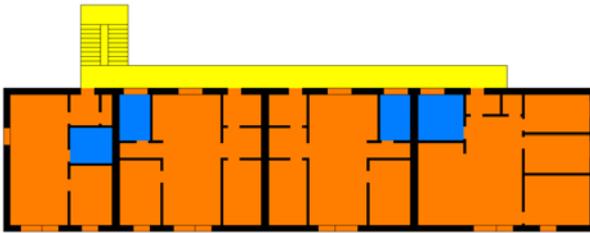


Abbildung 31 Hermann Kaufmann, Schlichting

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Laubengang
-------------------------	------------

Bauwerk	Wohnanlage Schlichting
Funktion	Wohnbau
Jahr	2004
Standort	6410 Telfs

Baukörperbeschreibung	3 Wohngeschoße mit vorgestellten Balkonen, 2 Untergeschoße; Pro Wohngeschoß sind vier Apartments zwischen 54 und 92 m ² untergebracht, die an der Nordseite über Laubengänge mit einem vorgesetzten Stiegenhaus im Profilitglas-Mantel erschlossen werden; Der Baukörper ist west-ost orientiert. Schlaf- und Wohnräume orientieren sich in Richtung Süden zu den vorgelagerten Balkonen. Küchen, Bäder und WC's liegen auf der Laubengangseite im Norden.
Geschoßanzahl	3

Konstruktion	Holztafelbau
Wand Außen	Holztafelbauweise, Untergeschoße mit Sichtbeton
Decken	
Dach	
Kurzbeschreibung	3 Obergeschoße in Holztafelbauweise, Stahlbeton in den 2 Untergeschoßen
Spannweiten (ca.)	

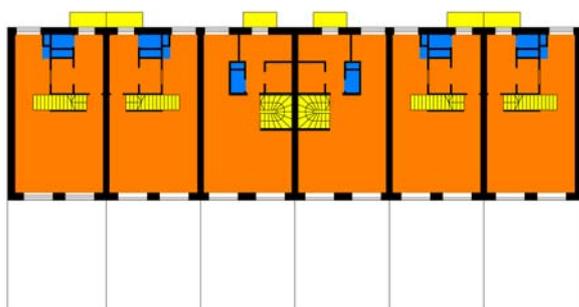
Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigenergie-Hausstandard
Kontrollierte Wohnraumlüftung	-
Heizung	Zentrale Heizanlage im Untergeschoß
Ökologie	Der Holzgeschosswohnbau konnte durch einen hohen Vorfertigungsgrad in kurzer Bauzeit kostengünstig und ökonomisch realisiert werden. Das Projekt entspricht allen Anforderungen eines umweltfreundlichen Wohnbaus mit hohem Komfort und zeichnet sich durch niedrigen Energieverbrauch und Nutzung der passiven Sonnenenergie aus.

Architekt	Hermann Kaufmann
-----------	------------------

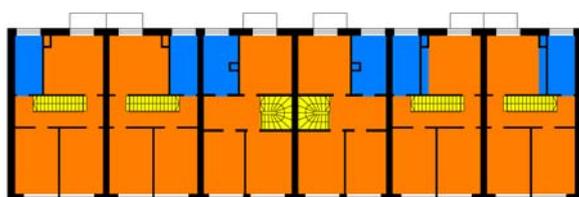
(Nextroom, Zugriff 28.05.2008)

Reihenhaus

- Wettbewerb Lassee, Heinz Geza Ambrozy



Erdgeschoß



Obergeschoß

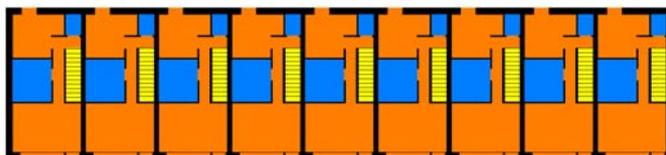
Abbildung 32 Heinz Geza Ambrozy, Wettbewerb Lassee

GEBÄUDEDATEN

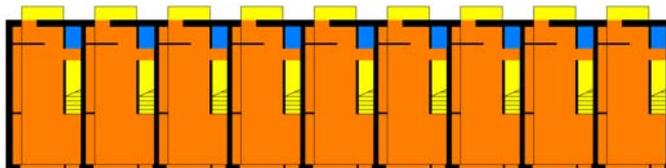
Erschließungstyp	Reihenhaus
Bauwerk	Architektur- und Planungsauswahlverfahren Lassee IV
Funktion	Wohngebäude
Jahr	2007
Standort	Lassee
Baukörperbeschreibung	Zwei Grundrisstypen (gerade, einläufige - & doppelt gewendelte Treppe) mit gleicher Innenlichte alternierend aneinandergereiht zu einer Zeile; kein Keller - Abstellbox in Leichtkonstruktion (5m ²)
Geschoßanzahl	2
Konstruktion	Holzrahmenbau
Wand	Holzriegelkonstruktion (thermisch entkoppelte Holzsteher) mit Strohdämmung; im Süden mit unbehandelter Lärchenholzschalung, an den restlichen Fassaden mit verputzten Holzwoleleichtbauplatten
Wohnungstrenn-Wand	Zwei getrennte Holzrahmenbauwände mit Vorsatzschale und min. Dämmung
Decken	Brettspertholzmassivdecken
Dach	TJI Dachträger mit Strohdämmung
Kurzbeschreibung	Holzrahmenbauweise mit Brettspertholzmassivdecken
Spannweiten (ca.)	621 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigstenergiehaus mit Passivhauskomponenten - Energiekennzahlen der Häuser (12,4 – 13,8 kWh/m ² a nach OIB)
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, kompaktes Komfortlüftungsgerät (aerosilent topo)
Heizung	Heizzentrale für Biogene Brennstoffe mit zwei koppelbaren Kesseln mit Pufferspeichern und zugehörigen Vorratssilos; dezentrales Haustechnikkonzept
Ökologie	Verwendung nachwachsender Rohstoffe, Strohdämmung, Südfassade Zellulosedämmung; Passive Solarenergienutzung
Architekt	DI Heinz Geza Ambrozy

- Siedlung Falkenweg, Johannes Kaufmann



Erdgeschoß



Obergeschoß

Abbildung 33 Johannes Kaufmann, Falkenweg

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Reihenhaus
Bauwerk	Passiv-Reihenhaussiedlung Falkenweg
Funktion	Wohnhaus
Jahr	2003
Standort	Dornbirn, Falkenweg
Baukörperbeschreibung	Schlichter, kompakter Holzriegel mit 9 Reihenhäusern und einer integrierten Gemeinschaftseinheit, vorgelagerte Terrasse im unteren Geschoß, darüber ein Balkon, Süd-West-Ausrichtung
Geschoßanzahl	2
Konstruktion	Holzrahmenbau mit Massivholzdecken
Wand_Außen	vorgefertigte Holzrahmenkonstruktion mit 28 mm Mineralfaser-Wärmedämmung, Fenster: Vollholzfensterahmen mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und thermisch getrenntem Glasrandverbund, U-Werte um 0,1 W/(m_K)
Decken	massive Fichtenholzdecken
Dach	

Kurzbeschreibung	Hochwärmegedämmter Holzrahmenbau mit Massivholzdecken, Innenwände in Leichtbauweise können beliebig eingesetzt werden; Teilunterkellerung (2,8/50 m) - Technik-, Versorgungs- und Lagerraum (über Bodenklappe im Vorraum erreichbar)
Spannweiten (ca.)	490 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus
Kontrollierte Wohnraumlüftung	kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit dezentraler Steuerung, Technikraum im Keller
Heizung	Frischluftheizung, für die Restwärme gemeinschaftliche Holz-Pelletszentralheizung; in den Bädern und in den Eckhäusern zusätzliche Heizkörper
Ökologie	zu 100% in Holz gefertigt, kostengünstige Planung und Ausführung

Architekt	Johannes Kaufmann
-----------	-------------------

(Kottjé 2004: S.106 ff.)

Spänner

- Projekt Judenburg, Hubert Rieß

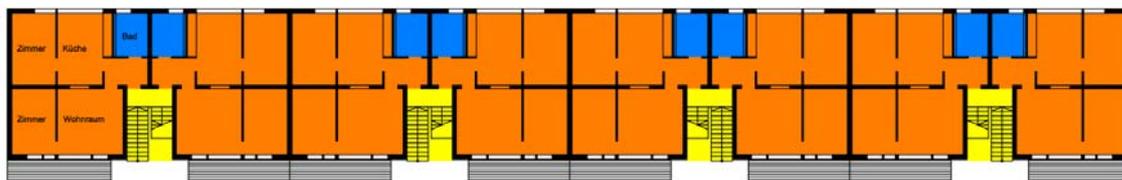


Abbildung 34 Hubert Rieß, Judenburg

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Spänner (2)
------------------	-------------

Bauwerk	
Funktion	Wohnbau
Jahr	1998
Standort	Judenburg, Stadionstr. 13-23A

Baukörperbeschreibung	2 langgestreckte, viergeschoßige Zeilen, nord-süd orientiert; ein Teil des Erdgeschoßes wurde offengelassen, die geschlossenen Bereiche des EG nehmen die Haustechnik auf, jede Wohnung hat einen von der Fassade abgehängten Balkon
Geschoßanzahl	3 (Holz), 1 (Stb)

Konstruktion	
_Wand_außen	Holzrahmen mit integrierten Brettschichtholzträgern
_Wand_innen	Holzständerwände (Trennwände mit doppeltem Aufbau)
Decken	Brettstapeldecke, Schwingbügeldecke als Untersicht

Dach	Brettstapeldecke mit darüberliegendem flachem Pultdach (einfache Sparrenkonstruktion mit Trapezblecheindeckung), Auskragung sorgt für konstruktiven Holzschutz
Kurzbeschreibung	Dreigeschoßige Holztafelkonstruktion (bis zu 9m lagen Tafeln) In Rahmenbauweise über einem weitgehend aufgelösten Sockelgeschoß in Betonbauweise; Spannrichtung quer; Balkone: vor der Fassade abgehängte Stahlkonstruktion mit Kerto-Platten als Balkonplatten
Spannweiten	470 / 510 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	-
Kontrollierte Wohnraumlüftung	-
Heizung	-
Ökologie	-

Architekt	Hubert Rieß
Herstellerfirma	Kulmer

(Guttman 2005: 22ff.)

- Siedlung Kindberg 1&2, Hohensinn Architektur

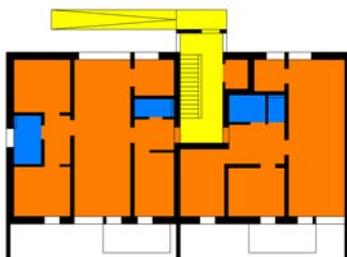


Abbildung 35 Hohensinn Architektur, Kindberg

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Spänner (2)
-------------------------	-------------

Bauwerk	Wohnanlage (Kindberg 1 &) Kindberg 2
Funktion	Wohnbau
Jahr	2001
Standort	Kindberg, Auweg

Baukörperbeschreibung	Dreigeschoßiger Riegel mit Fensterbändern und flach geneigtem Satteldach, leicht vorspringende Stiegenhäuser mit Eternitverkleidung
Geschoßanzahl	3

Konstruktion	
Wand	Holzrahmenbau (Lärchenholzschalung der Obergeschoße, Eternitverkleidung des EGs)

Decken	Massivholzdecken
Dach	flach geneigtes Satteldach
Kurzbeschreibung	3 geschoßig in Holzleichtbauweise aus vorgefertigten Tafелеlementen; Spannrichtung längs (Trennwände tragend)
Spannweiten (ca.)	410, 400, 320, 290 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	-
Kontrollierte Wohnraumlüftung	-
Heizung	-
Ökologie	-

Architekt	Hohensinn Architektur
-----------	-----------------------

(Guttman 2005: 22ff.)

- Mehrfamilienhaus Egg, Fink & Thurnher

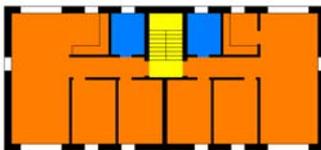


Abbildung 36 Fink & Thurnher, Egg

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	2-Spänner
-------------------------	-----------

Bauwerk	
Funktion	Mehrfamilienhaus (4 Wohnungen)
Jahr	2000
Standort	Egg, Vorarlberg

Baukörperbeschreibung	2 geschoßiger kompakter Baukörper mit Satteldach an einem Südwesthang mit 16 Grad Neigung
Geschoßanzahl	2

Konstruktion	
Wand	Tonziegelmauerwerk mit vollflächig aufgeklebter Wärmedämmung (30cm) mit regional typischer Holzfassade (wärmebrückenfrei ausgeführt)
Decken	Stahlbeton, gegen unbeheizt mit 40cm EPS
Dach	Satteldach mit Deckung aus Eternittafeln
Kurzbeschreibung	
Spannweiten (Lichte)	135 cm (Gang), 275 cm (Sanitär), 420 cm (Wohnraum)

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus

Kontrollierte Wohnraumlüftung	dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, Frischluft für jede Wohnung separat über ca.35m langen Erdwärmetauscher vorgewärmt und dem jeweiligen Lüftungsgerät zugeführt
Heizung	konventionelles Pumpenzweirohrheizungsnetz mit sehr guter Wärmedämmung aller Heizungsrohre, Niedrigsttemperaturfußbodenheizung mit zusätzlich einem kleinen Heizkörper im Bad, Wärmebereitstellung durch eine Sole-Wärmepumpe, das Erdreich als Wärmequelle wird über Erdreichabsorber erschlossen; Solarkollektoren (auf dem Satteldach mit 30 Grad Neigung montiert mit insgesamt 25 m ² Nettonutzfläche) mit Solarwärmetauscher (1000 l Pufferspeicher), Warmwasser im 1000l Warmwasser Solarboiler bei Bedarf über die Wärmepumpe nacherwärmt
Ökologie	

Architekt	Fink & Thurnher
Projektmanagement, Bauleitung	Morscher Hausbau, Mellau

(Krapmeier 2001: S.110 ff.)

Bürobau

Zentrale Erschließung

- Wirtschaftszentrum Niederösterreich, Erich Millbacher und Franz Gschwantner

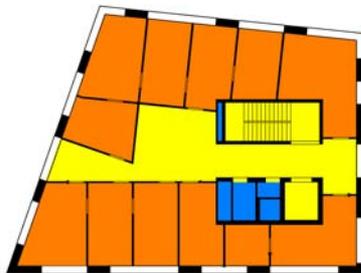


Abbildung 37 Erich Millbacher & Franz Gschwantner, Wirtschaftszentrum NÖ

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrale Erschließung
Bauwerk	Wirtschaftszentrum Niederösterreich
Funktion	Büro
Jahr	2008
Standort	Niederösterreichring 2, Haus D, 3100 St. Pölten
Baukörperbeschreibung	Vier kompakte fünfgeschoßige Baukörper mit geneigten Außenwänden bekleidet mit vier verschiedenen Fassadenmaterialien (Stein, Metall, Glas und Holz), wobei der Baukörper D grundsätzlich in Holz ausgeführt wurde.
Geschoßanzahl	5

Konstruktion	Mischbau
Wand	Außenwände in Massivholz, der Erschließungskern und der zentrale Sanitärbereich in Stahlbeton
Decken	Geschoßdecken grundsätzlich aus Massivholz mit Ausnahme des zentralen Erschließungskerns, Kellerdecke aus Stahlbeton
Dach	Massivholz, im Bereich des Erschließungskerns Stahlbeton
Kurzbeschreibung	Mischbau - die Geschoßdecken und Außenwände sind in Massivholz ausgeführt, während der gesamte zentrale Erschließungs- und Sanitärbereich in Stahlbeton gefertigt ist.
Spannweiten (Lichte)	Massivholzdecke: 500 - 600 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigenergiehaus
Kontrollierte Wohnraumlüftung	mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe
Heizung	Heizung und Kühlung über Stahlbetonkern
Ökologie	Rohbau aus CO2-neutralen Materialien, Slagstar Beton und Holz

Architekt	DI Erich Millbacher & Franz Gschwantner
Herstellerfirma	Glöckel Holzbau GmbH

- Steuerberatungskanzlei Röthis, Reinhard Drexel

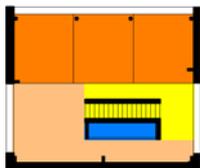


Abbildung 38 Reinhard Drexel , Steuerberatungskanzlei Röthis

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrale Erschließung
-------------------------	-----------------------

Bauwerk	
Funktion	Steuerberatungskanzlei
Jahr	2001
Standort	Röthis (Ö), Schulgasse 28

Baukörperbeschreibung	ehemaliges Stallgebäude eines denkmalgeschützten Bauernhauses (bis auf die Erdgeschoßmauern abgetragen), darauf 2 Neubaugeschoße
Geschoßanzahl	3

Konstruktion	
Wand	hochwärmedämmte Holzpfostenkonstruktion (in einen Schindelpanzer aus Lärchenholz gehüllt)
Decken	Betondecken

Dach	
Kurzbeschreibung	Stahlbetonskelettbau mit aussteifendem Treppenkern, in das bis auf die Erdgeschoßmauern abgetragene Stallgebäude "hineingestellt", keine konstruktive oder thermische Verbindung zwischen Alt- und Neubau
Spannweiten:	Stahlbetondecke: 480 / 590 cm

Bautechnik	
Wäredämmstandard	Passivhaus
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Wohnraumlüftung (Planung: Drexel Solarluft GmbH)
Heizung	-
Ökologie	-

Architekt	Reinhard Drexel
Herstellerfirma	

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

- Headquarter „Die Drei“, Hermann Kaufmann

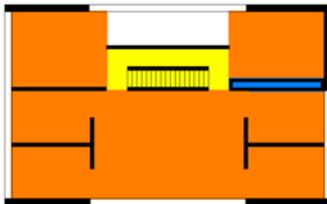


Abbildung 39 Hermann Kaufmann, Headquarter „Die Drei“

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrale Erschließung
-------------------------	-----------------------

Bauwerk	Headquarter "die drei"
Funktion	Büro
Jahr	2001
Standort	6850 Dornbirn (Ö), Mähdegasse 1a

Baukörperbeschreibung	In der Kubatur korrespondiert das Gebäude mit den Streuboxen der Umgebung, Einzelbüros und Besprechungsräume sind in beiden Ebenen um eine offene Mitte angeordnet
Geschoßanzahl	2 + Keller

Konstruktion	
Kurzbeschreibung	Mischbau, Stahlbeton - Holz
Spannweiten (Lichte)	Stahlbeton: 370 / 490 / 745 cm

Architekt	Hermann Kaufmann
-----------	------------------

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

Mittelgang

- ID Werkstatt, Raimund Dickinger

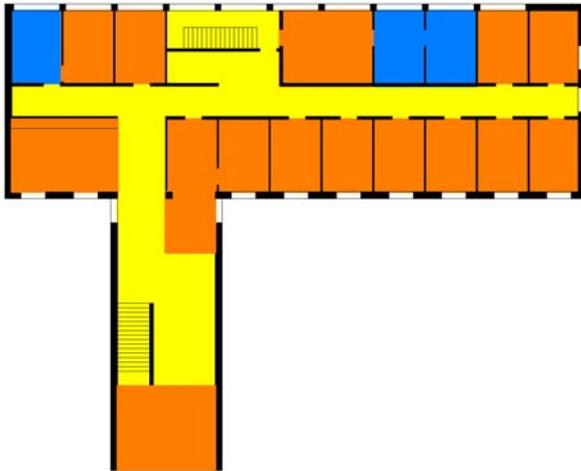


Abbildung 40 Raimund Dickinger, ID Werkstatt

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Mittig an der Außenwand + 2. Zugang zum OG als Auskragung
Bauwerk	ID-Werkstatt
Funktion	Büro
Jahr	2003-2004
Standort	Traun (Ö), Hamalingstraße 31
Baubeschreibung	Bestandssanierung, zusätzliche Räume für Besprechung, Warenlager und Büros, Sockelbau mit Auskragung im OG
Geschoßanzahl	2
Konstruktion	
Wand	zwei seitliche Betonscheiben, Sockelbau: blechverkleidete Holzkonstruktion
Kurzbeschreibung	Die bestehende Tischlerei konnte statisch nicht belastet werden, daher wurde die geforderte neue Erschließung im OG als eigenständiger Baukörper mit Auskragung über der vorhandenen Substanz errichtet. Die zwei seitlichen Betonscheiben tragen Decke und Dach.
Spannweiten (Lichte)	510 & 220 (Gang) cm
Architekt	Dickinger Raimund

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

- Gemeindehaus Raggal, Johannes Kaufmann

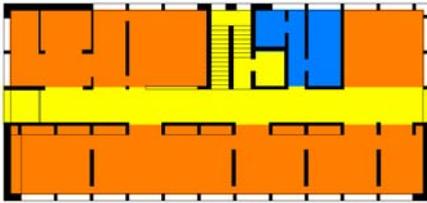


Abbildung 41 Johannes Kaufmann, Gemeindehaus Raggal

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	mittig an nordseitiger Außenwand
Bauwerk	Gemeindehaus Raggal
Funktion	Büro und Verwaltung
Jahr	2006
Standort	6741 Raggal 31 (Ö)
Baukörperbeschreibung	lang gestreckter, flacher, zweieinhalbgeschoßiger Baukörper, im Erdgeschoß befinden sich alle wichtigen Funktionen, im Obergeschoß Archiv und Sitzungszimmer, im UG Technikräume
Geschoßanzahl	2,5
Konstruktion	
Wand	Hohlkastenprofil mit 32 cm Dämmung mit großzügigen Fensteröffnungen (Dreifachverglasung)
Spannweiten	480 / 530 cm (Büroräume), 240 cm (Gang)
Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigenergiehaus mit Passivhauskomponenten
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
Heizung	Biomasse-Heizanlage (Brennstoff vorwiegend Wiedhackgut)
Ökologie	Materialien aus dem Walsertal, Firmen aus der Region; über eine Nahwärmeleitung werden benachbarte Haushalte mit Heizenergie versorgt
Architekt	Johannes Kaufmann

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

- Oststeiermarkhaus, Kaltenegger

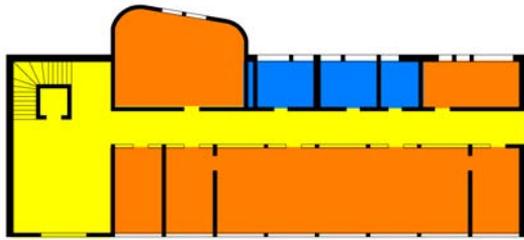


Abbildung 42 Erwin Kaltenegger, Oststeiermarkhaus

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	seitliches Stiegenhaus mit Mittelgangerschließung
Bauwerk	Oststeiermarkhaus
Funktion	Büro und Verwaltung
Jahr	2005
Standort	8263 Großwilfersdorf (Ö),
Baukörperbeschreibung	Zweigeschoßig mit nach Norden ausgerichteten Nebenräumen und nach Süden ausgerichteten Büroräumen, im UG Technik- und Versorgungsräume + Autoabstellplätze, Puffer zwischen Südfassade und Büroräumen durch Einfachverglasung einerseits als Pflanzenbereich, andererseits als Schallschutz
Geschoßanzahl	2 + UG
Konstruktion	Holzmassivbau
Spannweiten	585 cm (Büro), 335 cm (Nebenräume), 245 cm (Gang)
Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus, durchdachtes Energiekonzept mit thermischer Simulation in der Planungsphase,
Kontrollierte Wohnraumlüftung	
Heizung	Anschluss an Biomassewärmenetz
Photovoltaik	Glas_Glas_Photovoltaik-Oberlichtband
Ökologie	Erzeugung des Stromverbrauchs für etwa 4 Haushalte durch die Photovoltaikanlage (Glas_Glas_Photovoltaik-Oberlichtband)
Architekt	Erwin Kaltenegger
Herstellerfirma	Haas Fertigbau, Holzbauer GmbH & CO KG

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

Außengang

- Firma Natur&Lehm, Tattendorf, Reinberg

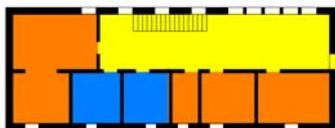


Abbildung 43 Reinberg, Firma Natur&Lehm, Tattendorf

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Mittiges, südseitiges Stiegenhaus
-------------------------	-----------------------------------

Bauwerk	Lehm-Passiv_Bürohaus Firma Natur und Lehm
Funktion	Bürogebäude, Schauraum, Seminarhaus, Forschungsstelle
Jahr	2005
Standort	Tattendorf, Oberwaltersdorferstr.2c (Ö)

Baukörperbeschreibung	Das Gebäude öffnet sich nach Süden (passive Solarnutzung und zeigt nach Norden die schwere geschlossene Lehmbaukonstruktion, südliche Zone dient der Kommunikation und dem Kundenkontakt, Büros im Norden
Geschoßanzahl	2

Konstruktion	
Wand	doppelte thermisch getrennte Holzsteher , beidseitig mit Holz verschalt, mit Lehm verputzt und mit 40cm Stroh gedämmt (3x9m große Elemente)
Decken	Londyb-Deckenelemente (modernisierte Version historischer Dübelbaumdecken)
Dach	Aufbau wie Wandmodule, größere Dämmstärke (66 cm)
Kurzbeschreibung	Konstruktion in Modulen, vorgefertigte luftdichte Durchführung, neu entwickelte Lehm-Vliestechnik (ersetzt die üblichen technischen Dampfbremshbahnen)
Spannweiten (Lichte)	365 / 400 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Passivhaus
Kontrollierte Wohnraumlüftung	Kontrollierte Be- & Entlüftung, Wärme- und Feuchterückgewinnung
Heizung	Bioäthanolofen
Ökologie	Erde-Wasser-Kollektor, Luftführung über Lehmziegel, Luftdichtigkeit über Lehmfliestechnik, Bioäthanolofen, Lehm-Panelheizelemente, Warmwasserkollektor mit Heizungseinbindung und Speicher, Strohdämmung, Lehmfußboden, Lehmputz im Außenwandbereich, neue Grasdachtechnik, PV (noch nicht ausgeführt), Passive Solarnutzung (Südverglasung und große Speichermasse), Anlieferung der Wand- und Deckenelemente mit der Bahn, Termitensicherheit, Fledermausnistplätze, Kühlung über Nachtpülung und aus Brunnenwasser, Baumassenaktivierung, Stroh-TWD-Element

Architekt	Reinberg
-----------	----------

(Meingast 2005)

Kombination

- Interpark Focus Firma Jura, Hermann Kaufmann

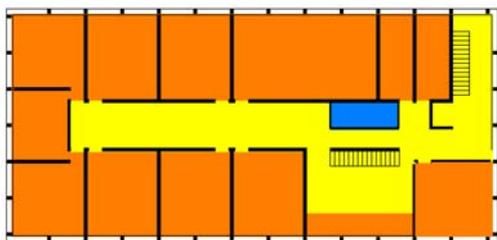


Abbildung 44 Hermann Kaufmann, Interpark Focus Firma Jura

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Zentrales und seitliches Stiegenhaus mit Mittelgangerschließung
Bauwerk	Interpark Focus Firma Jura
Funktion	Büro und Verwaltung
Jahr	2004
Standort	6832 Röthis (Ö)
Baukörperbeschreibung	Ausstellungs- und Verkaufsbereich mit Reparaturannahmestelle im Erdgeschoß, Verwaltung im 1.OG, Büroräumlichkeiten im 2.OG; die beiden Ebenen können über ein gemeinsames Treppenhaus erschlossen werden
Geschoßanzahl	3
Konstruktion	
Wand	Vertikale Stahlbeton-Fertigteilstützen, als thermische Hülle BSH-Pfosten und Riegelemente im Brüstungsbereich gedämmt, hinterlüftet und mit beschichteten Glaselementen ausgefacht, nehmen pro Feld eine Fixverglasung, bzw. einen Öffnungsflügel auf
Decken	Stahlbeton
Kurzbeschreibung	Skelettkonstruktion, vertikale Stahlbeton_Fertigteilstützen (durchlaufend über alle 3 Geschoße) tragen zusammen mit wenigen Stalstützen im Inneren die Stalbetondecken, die thermische Hülle besteht aus BSH-Pfosten und Riegelementen
Spannweiten	Stützen-Modul basierend auf 240 cm
Architekt	Hermann Kaufmann

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008)

- Impulszentrum Graz West, Hubert Rieß

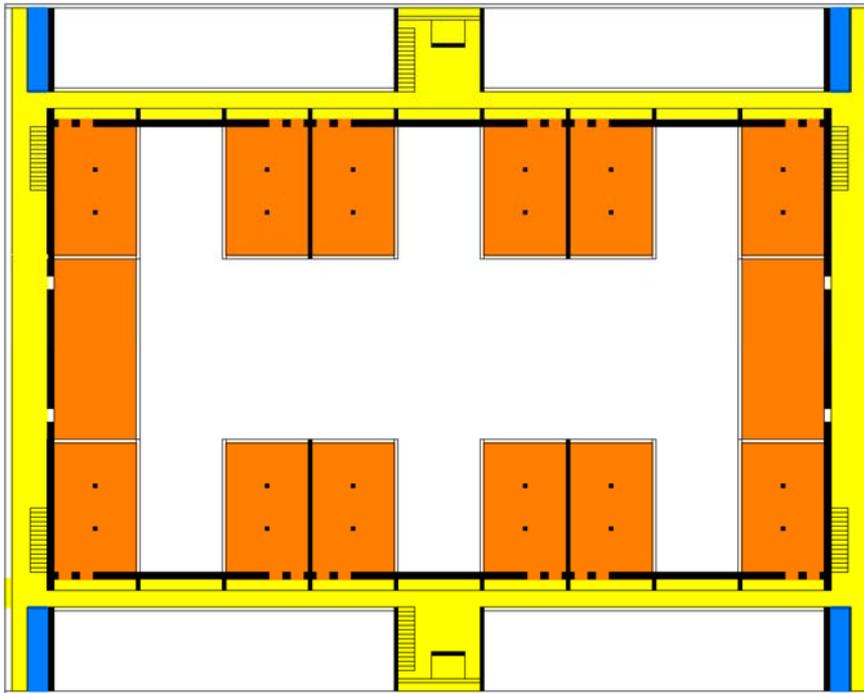


Abbildung 45 Hubert Rieß, Impulszentrum Graz West

GEBÄUDEDATEN

Erschließungstyp	Kombination - seitlich und mittig außen liegend (rundherum)
Bauwerk	Impulszentrum Graz West
Funktion	Büro und Verwaltung, Labors
Jahr	2004
Standort	Reininghausstraße 13/13a, 8020 Graz
Baukörperbeschreibung	2 parallele dreigeschoßige, unterkellerte Baukörper, die an ihren Enden durch zweigeschoßige Brückengebäude miteinander verbunden sind. Mehrschaliges Konzept, Entwicklung von einer äußeren massiven Schutzhülle zu einem großzügigen lichten Innenhof
Geschoßanzahl	3
Konstruktion	
_Wand_Büroboxen	Brettsperrholz (KLH) im Werk vorgefertigt, komplett mit Fassadenschalung , Fenstern sowie Elektro- und Haustechnikinstallationen, mit gkf-Platten
_Wand_Außenfassade	Stahlbeton-Sandwichelemente mit Vorsatzschale
_Decken	Brettsperrholz (KLH)

Kurzbeschreibung	Mischbau - Die in Massivbauweise ausgeführte Außenhülle (Labors - Brandschutz) umschließt mit den Fluchttreppen die in Massivholzmodulen (KLH) ausgeführten Büroeinheiten (Transport zur Baustelle in halben Einheiten). Die massiv ausgeführten Haustechnikschächte verbinden als Rückgrat den Massiv- mit dem Holzbau.
Spannweiten_Holzbau	280-300 cm

Bautechnik	
Wärmedämmstandard	Niedrigenergiehaus
Heizung/Kühlung	modular aufgebautes System von Fußbodenheizung und Deckenkühlung, jede Büroeinheit kann heiz- und kühltechnisch separat angesteuert werden (Kühltechnikelemente im Installationsschacht)

Architekt	Hubert Rieß
Herstellerfirma	KLH

(Nextroom, Zugriff 30.04.2008 & Guttman 2005: S.10 ff.)

2.14.2. Analyse der Spannweiten und Raummaße

Anhand der oben dargestellten Projekte wurde eine Aufstellung und Analyse der gängigen Raummaße und Spannweiten erstellt, um praxistaugliche Typologien zu entwickeln.

Wohnbau

Bei den beiden Typen mit Zentraler Erschließung wird das Stiegenhaus in Stahlbeton ausgeführt. Hubert Rieß stellt seinen Wohnbau in Judenburg auf einen eingeschossigen Stahlsockel, der Abstellräume und PKW-Stellplätze unterbringt. Die anderen Beispiele sind mit Ausnahme des Mehrfamilienhauses in Egg reine Holzbauten.

Die Abmessungen der Räume der Beispielwohnbauten weisen große Unterschiede vor allem bei den Wohnräumen auf. 3,30m bis 10,40m je Seite sind vorzufinden. Die minimale Breite für das Schlafzimmer ist bei 2,90m, jene der Sanitärräume bei 1,75m.

Wohnbauten - RAUMMAßE (RM)

Erschließung	Bauwerk/Ort	Bauweise	Wohnräume	Schlafräume	Sanitär
1_Zentrale Erschließung	Mühlweg Bauplatz C (Dietrich/Untertrifaller)	Massivholz	450 / 870 cm	340 / 400 cm	185 / 340 cm
	Mehrfamilienhaus Wolfurt (G.Zweier)	Mischbau: Holz-Stahl-Beton	330 / 540 cm	330 / 380, 540 cm	175 / 300, 350 cm
2_Laubengang	Modulares Sonnenhaus (H.G. Ambrozy)	Massivholz	350, 560 / 624 cm	250, 370 / 406 cm	208 / 218 cm
	Schlichting (H. Kaufmann)	Holztafelbau	860 / 380/ 270/ 250 cm	250, 270 / 430 cm	250 / 200, 300 cm
3_Reihenhaus	Wettbewerb Lasse (H. G. Ambrozy)	Holzrahmen	540 / 580 cm	285 / 435 cm	230 / 390 cm
	Falkenweg (J. Kaufmann)	Holzrahmen	450 / 790 cm	325 / 450, 290 / 255 cm	255 / 280 cm
4_Spänner	Mehrfamilienhaus Egg (Fink & Thurnher)	Massivbau	290, 380 / 860 cm	220, 258 / 420 cm	220 / 275 cm
	Wohnanlage Kindberg 2 (Hohensinn)	Holzmischbau	370 / 1040 cm	330, 350 / 370 cm	240, 320 / 180 cm
	Wohnbau Judenburg (Hubert Rieß)	Holzmischbau auf Stb.Sockel	440 / 430 + 480 / 360 cm	470, 510 / 290 cm	210 / 290 cm

Bürobau

Einige der untersuchten Bürobauten wurden in Holzmischbauweise ausgeführt, ein massiver Kern für Stiegenhaus und Sanitärbereiche bzw. die massive Ausführung des Untergeschoßes sind häufig vorzufinden. Bei großflächigen Fensteröffnungen in den Obergeschoßen erfolgt eine Unterstützung des Holzbaus mit Stahlträgern.

Die Raumabmessungen der Büroräumlichkeiten der Beispielbürobauten reichen je Seite von 3,1m bis 6,80m.

Bürobauten - RAUMMAße (RM)

Erschließung	Bauwerk/Ort	Bauweise	Büro	Gem. Nutzung	Sanitär
1_Zentrale Erschließung	Steuerberatungskanzlei Röhthis (R. Drexel)	Mischbau	390 / 455 cm	470 / 520 cm	110 / 446 cm
	Headquarter "Die Drei" (H. Kaufmann)	Mischbau	340 / 510 cm	710 / 980 cm	(Keller) 210 / 740 cm
2_Mittelgang	id Werkstatt (R. Dickinger)	Mischbau	330 / 480 cm	560 / 640 cm	330 / 480 cm
	Gemeindehaus Raggal (J. Kaufmann)	Holzrahmenbau	450 / 450 cm	500 / 520 cm	345 / 500 cm
	Oststeiermarkhaus (Kaltenegger)	Holzmassivbau (Haas)	310 / 560 cm	650 / 850 cm	300 cm
3_Außengang	Firma Natur&Lehm, Tattendorf (Reinberg)	Holzrahmenbau	330 cm	360 cm	330 cm
4_Kombination	Interpark Focus Firma Jura (H. Kaufmann)	Mischbau	480 / 560 cm	560 / 940 cm	160 cm
	Impulszentrum Graz West (H. Rieß)	Mischbau (KLH)	540 / 680 cm	540 / 850 cm	120 / 580 cm

Grundrissabmessungen verschiedener Bürotypen

In Rücksprache mit den Büromöbelherstellern Bene und Svoboda wurden beispielhafte Grundrisse mit Mindestabmessungen für verschieden genutzte Büros erarbeitet.

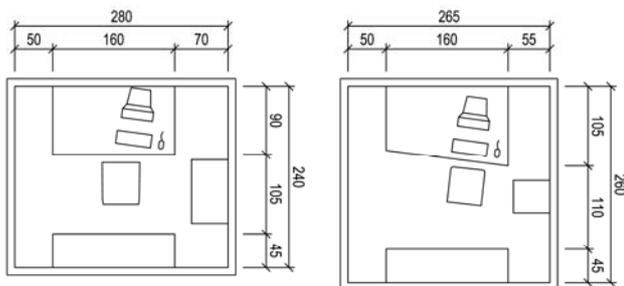


Abbildung 46 Einzelbüro

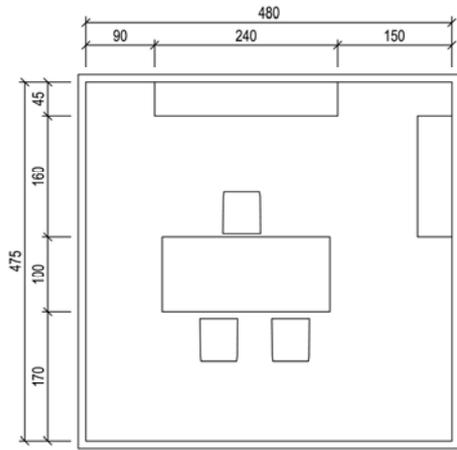


Abbildung 47 Chefbüro

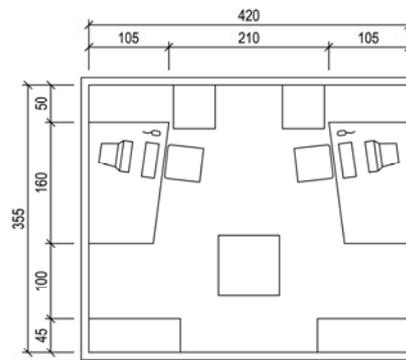
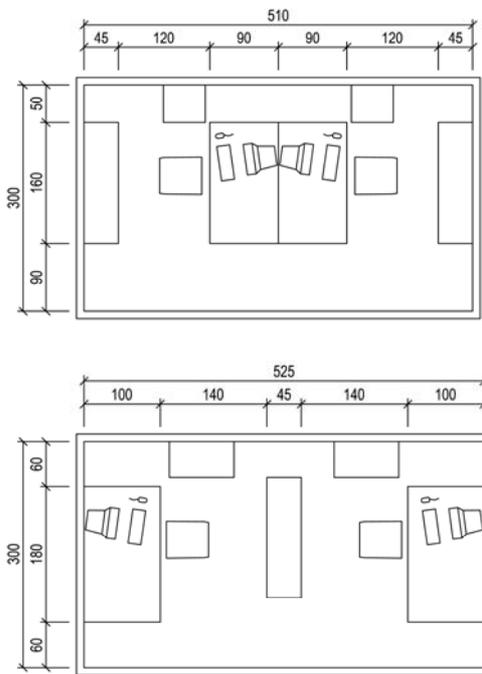


Abbildung 48 2er Büro

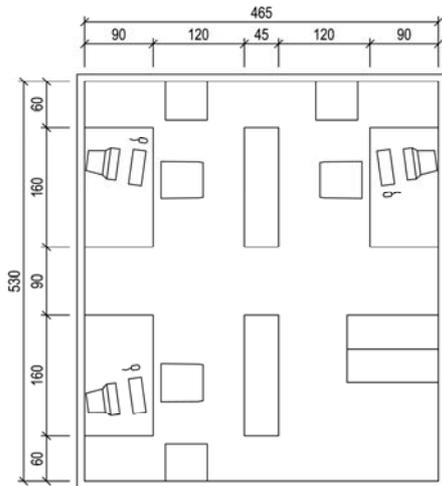


Abbildung 49 Großraumbüro

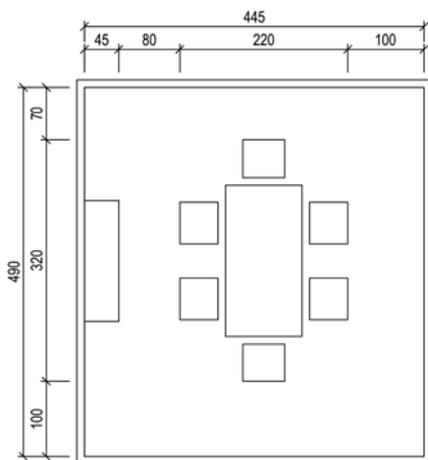
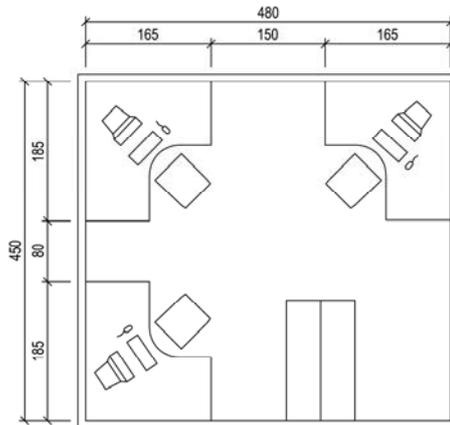


Abbildung 50 Besprechungszimmer

2.14.3. Neu entwickelte modular anwendbare Grundrisstypologien

Sowohl für den Wohnbau als auch für den Bürobau wurden vier minimale Grundrisstypologien erstellt. Diese wurden anhand der Mindestmaße jeder Nutzung entwickelt und stellen für den Software-User die kleinstmögliche zu berechnende Einheit dar. Dies stellt eine Planungshilfe für die Nutzer dar.

Die Erweiterung dieser Typen in Spannrichtung zur Berechnung der Deckenstärke der Elemente wurde ursprünglich in 25cm Schritten, analog des Ausbaurasters von 125cm, angedacht. Dies wurde zur Steigerung der Flexibilität in der Grundrissgestaltung zu einer Berechnung in Schritten von 1cm ausgebaut.

Das Ausgangskriterium der entwickelten Grundrisstypologien ist die **Art der Erschließung**:

- Wohnbau: zentraler Erschließungskern, Laubengang, Spänner und Reihenhaus
- Bürobau: zentraler Erschließungskern, Mittel- und Außengängerschließung

Weiters ist die Wahl der **Spannrichtung** entscheidend, wobei diese jeweils zur Längsseite des Gebäudes hin angegeben wird. Die Spannrichtung längs verläuft somit in Richtung der Längsseite des Gebäudes, die Spannrichtung quer normal dazu.

Ausgehend, wie zuvor bereits erwähnt, von Mindestraummaßen (unterschiedlich je Erschließungstyp) können die einzelnen Typen begrenzt durch die statische Tragfähigkeit, erweitert werden. Die statische Vordimensionierung erfolgt durch das in die Software implizierte Berechnungsprogramm.

Die **Lage der Sanitärbereiche** (Schächte), zentral oder dezentral, ist ein weiteres Auswahlkriterium. Es ergeben sich daraus einige Vor- und Nachteile, welche im Folgenden noch genauer behandelt werden.

Wohnbau - Unterscheidung nach Erschließungsart

- Zentrale Erschließung

Der Vorteil des Wohnbaus mit zentralem Erschließungskern liegt in der Minimierung der Erschließungsfläche. Werden auch die Sanitärbereiche direkt an das Stiegenhaus gesetzt, ergibt sich zusätzlich der Vorteil geringer Schachtlängen und direkter Ablesbarkeit der Zählerstände von außen. Die Anordnung der Räume ist grundsätzlich frei.

Der zentrale Erschließungskern wird in der Praxis aufgrund von schalltechnischen Vorteilen häufig in Stahlbeton ausgeführt. Die Lage der Sanitärbereiche sollte ebenfalls in diesem Bereich liegen, damit für die Befestigung aller Installationen eine massive Wand zur Verfügung steht. Dies führt wiederum zur Minimierung der Schallimmissionen.

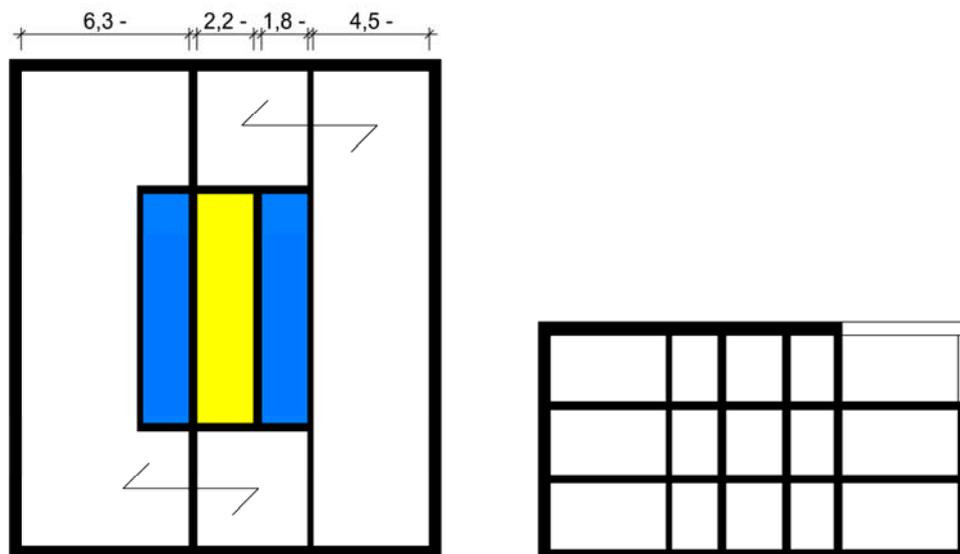


Abbildung 51 Zentrale Erschließung mit zentralen Sanitäreinrichtungen, Spannrichtung quer

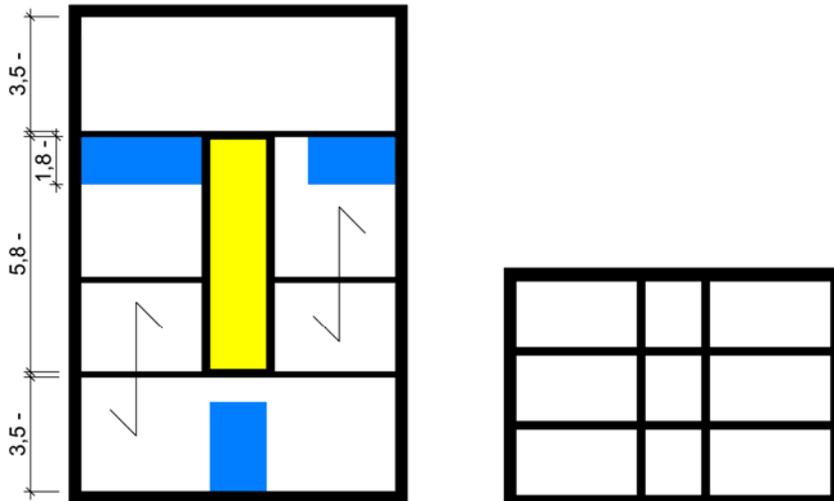


Abbildung 52 Zentrale Erschließung mit dezentralen Sanitäreinrichtungen, Spannrichtung längs

- Laubengang

Durch die Wahl der Spannrichtung ergibt sich beim Laubengangtyp die Tiefe des Baukörpers. Während bei Spannrichtung längs die Baukörpertiefe durch die Belichtung begrenzt ist, ergibt sich die maximale Tiefe bei Spannung in Querrichtung durch die Statik.

Die Führung von Schächten im Holzmassiv-Teil ist bezüglich der Einleitung von haustechnischen Anlagen in die Wohnung von Nachteil. Installationsleitungen (insbesondere Abwasser, Druckwasserleitungen) müssen auf eigenen Ständerkonstruktionen schallentkoppelt montiert werden und jedenfalls in Nebenräumen angeordnet sein (WC, eventuell Bad). Eine gute Schallentkopplung der allgemeinen Erschließung (Laubengang) ist verhältnismäßig einfach möglich (mit einer eigenen Tragkonstruktion für den Laubengang).

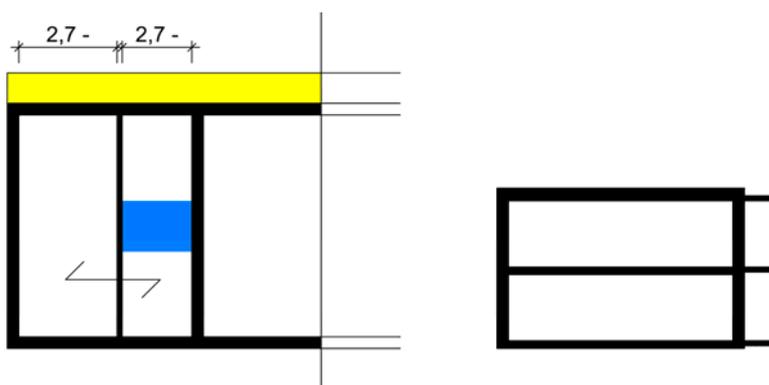


Abbildung 53 Laubengang mit innen liegendem Sanitärbereich, Spannrichtung längs

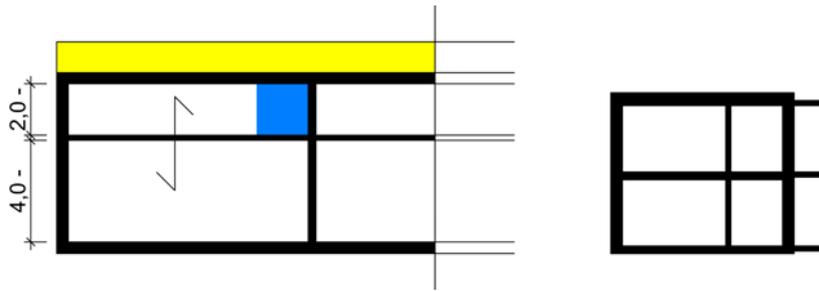


Abbildung 54 Laubengang mit außen liegendem Sanitärbereich, Spannrichtung quer

- Reihenhaus

Beim Reihenhaus ist es günstig, die Spannrichtung je nach Lage der Erschließung zu wählen (siehe Abb. 49 & 50), da somit wenige Auswechslungen nötig sind.

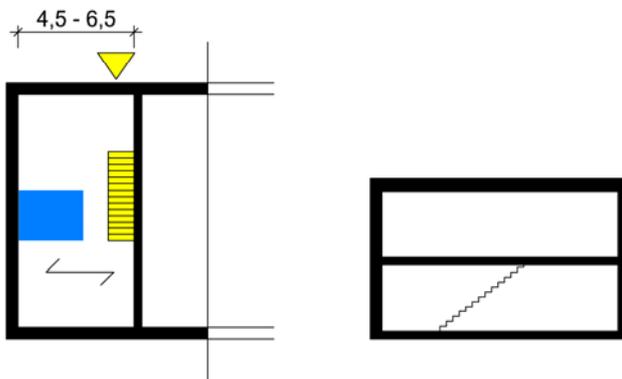


Abbildung 55 Reihenhaus mit innen liegendem Sanitärbereich, Spannrichtung längs

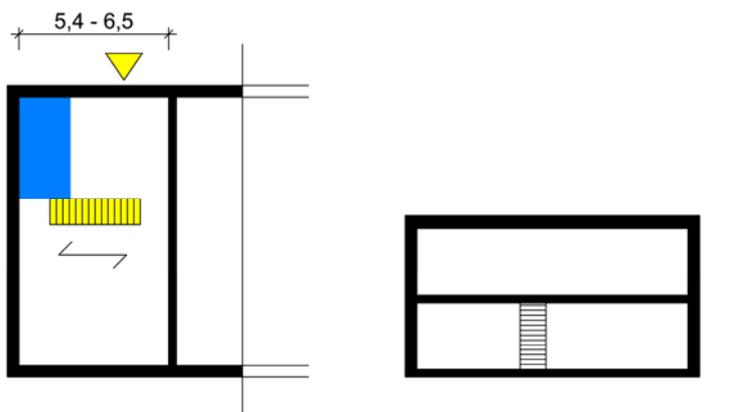


Abbildung 56 Reihenhaus mit außen liegendem Sanitärbereich, Spannrichtung längs

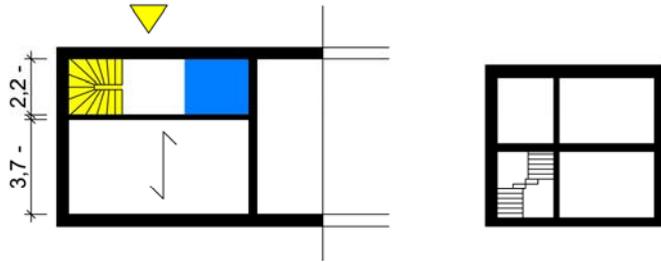


Abbildung 57 Reihenhaus mit außen liegendem Sanitärbereich, Spannrichtung quer

- Spänner

Beim Spänner ergibt sich bei der Wahl der Spannrichtung eine ähnliche Situation wie beim Laubengangtyp - während bei der Spannrichtung längs des Baukörpers die Tiefe desselben durch die Belichtung begrenzt ist, ergibt sich die maximale Tiefe beim in Querrichtung gespannten Baukörper durch die Statik.

Werden die Sanitärbereiche zentral an das Stiegenhaus angeschlossen ergeben sich, wie bereits zuvor erwähnt, Vorteile im Bezug auf den Schallschutz und die direkte Ablesbarkeit vom Stiegenhaus. Bei Anordnung im Bereich Wohnungstrennwand ist die Montage von Sanitärinstallationen aus Schallschutzgründen nur auf eigenen Ständerkonstruktionen möglich.

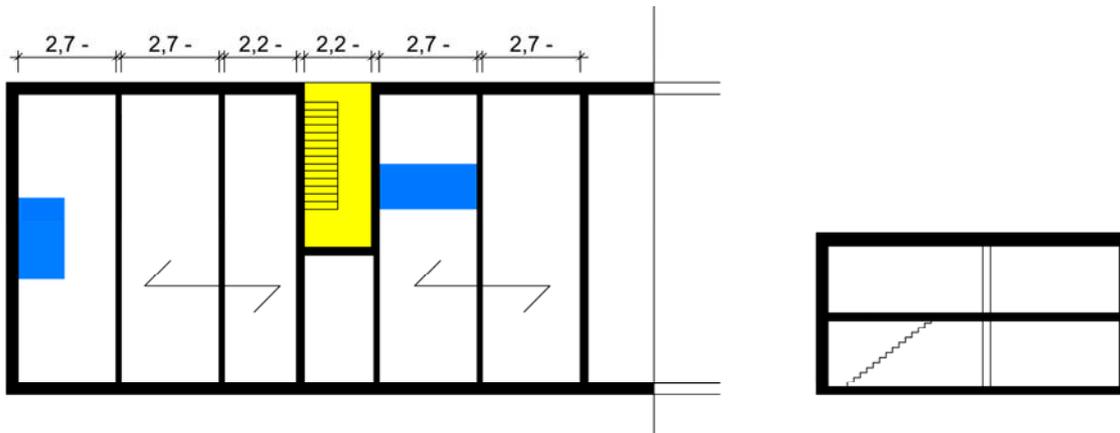


Abbildung 58 Spänner mit dezentralen Sanitärbereichen, Spannrichtung längs

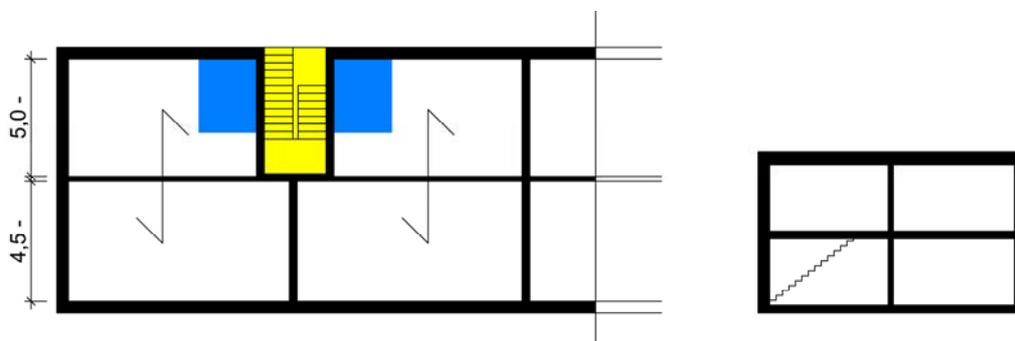


Abbildung 59 Spänner mit zentralen Sanitärbereichen, Spannrichtung quer

Bürobau Unterscheidung nach Erschließungsart

Bezüglich des Schallschutzes sind die Anforderungen gemäß aktueller ÖNORM jenen aus dem Wohnbau sehr ähnlich. In der Praxis ist die Lage durch den meist hohen Eigen-Schallpegel in Bürobauten deutlich entspannter. Im Prinzip gelten die schalltechnischen Bewertungen und Maßnahmen aus dem Wohnbau.

- Zentrale Erschließung

Der positive Effekt der Minimierung der Erschließungsflächen durch den zentralen Erschließungskern fällt im Bürobau etwas geringer als im Wohnbau aus, da von der Erschließungsfläche wesentlich mehr Räume direkt erschlossen werden müssen. Auch ist die zentrale Positionierung des Sanitärbereiches aus diesem Grund nicht so einfach realisierbar. Eine Ausnahme bilden sehr kleine Bürobauten.

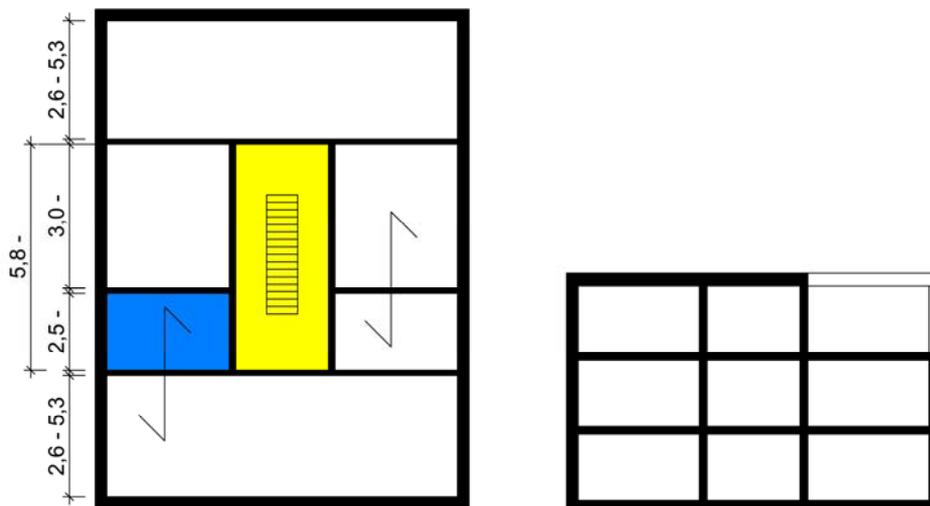


Abbildung 60 Zentrale Erschließung mit dezentralem Sanitärbereich, Spannrichtung längs

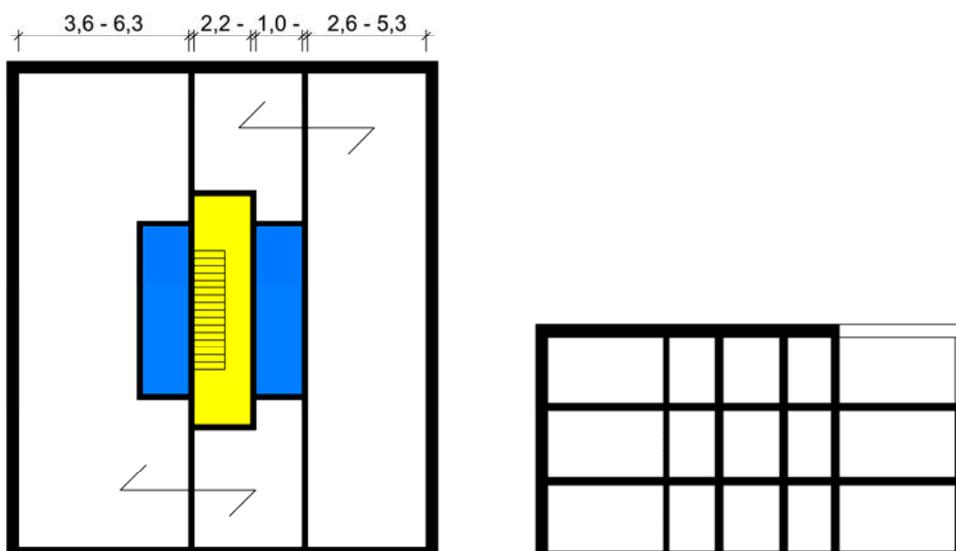


Abbildung 61 Zentrale Erschließung mit innen liegendem zentralen Sanitärbereich, Spannrichtung quer

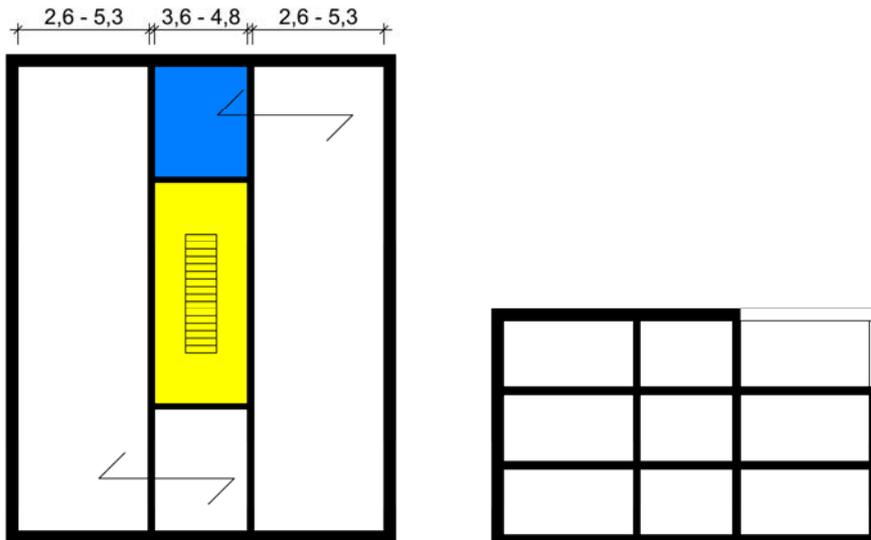


Abbildung 62 Zentrale Erschließung mit außen liegendem zentralen Sanitärbereich, Spannrichtung quer

- Mittelgang

Grundsätzlich gibt es die Möglichkeit, zwei gleichwertige Gebäudeteile (siehe Abb.57) durch den Mittelgang zu erschließen oder einen weniger tiefen Sanitär- und Versorgungsteil einer Bürozone gegenüberzustellen (siehe Abb.58 & 59).

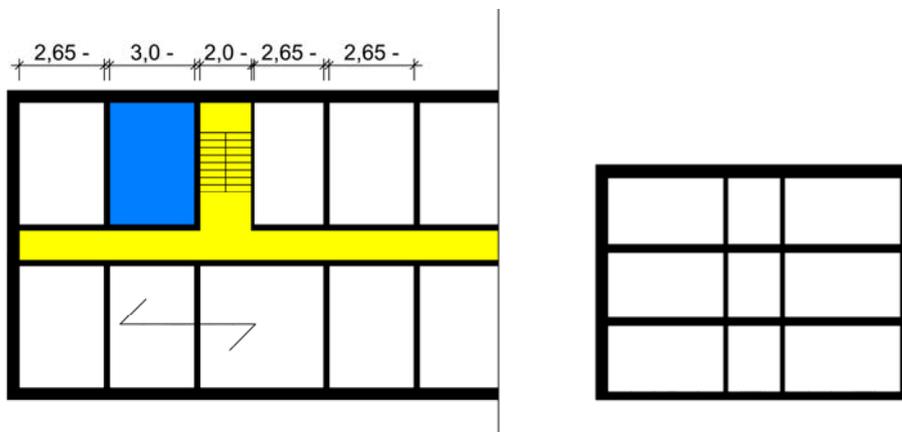


Abbildung 63 Mittelgangerschließung Spannrichtung längs

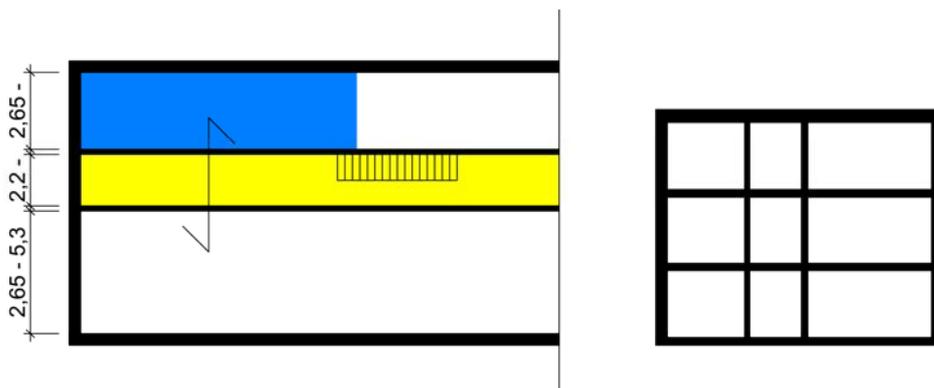


Abbildung 64 Mittelgangerschließung Spannrichtung quer

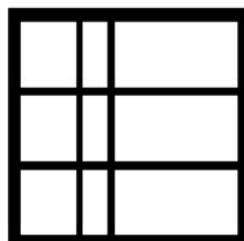
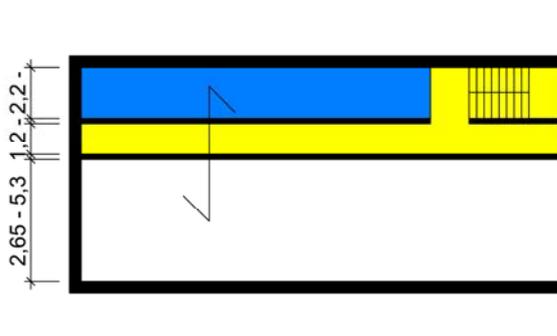


Abbildung 65 Mittelgangerschließung Spannrichtung quer, Treppe außen liegend

- Außengang

Bei der Außengängerschließung weisen alle Büroräume grundsätzlich die gleiche Orientierung auf. Bei der Spannrichtung quer sind lediglich Aussteifungen in Spannrichtungen in gewissen Abständen zu bedenken.

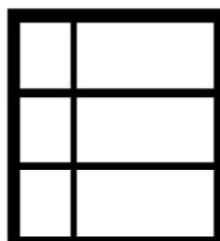
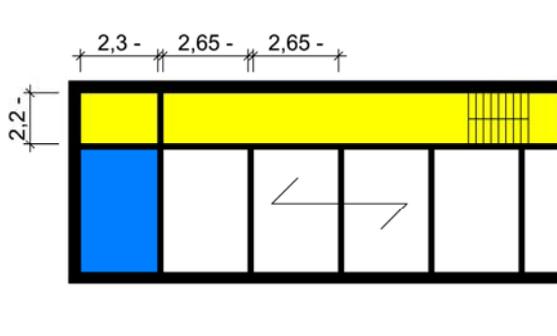


Abbildung 66 Außengängerschließung, Spannrichtung längs

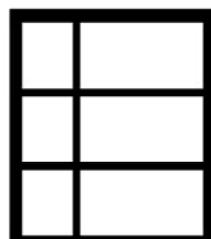
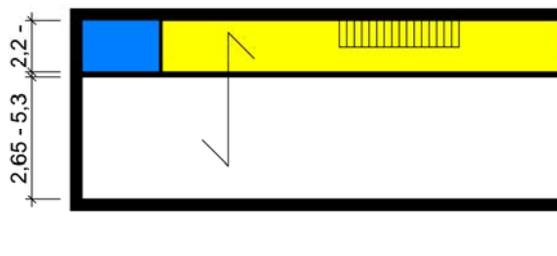


Abbildung 67 Außengängerschließung, Spannrichtung quer

2.15. Bauteile – Aufbauten

Bei den Aufbauten ist grundsätzlich keine Unterscheidung zwischen Wohn- und Büropassivhaus nötig. Eine Ausnahme bilden lediglich die im Bürobau geforderten Elektroinstallationen (Kabelkanäle) im Fußbodenaufbau.

Für die genannten Aufbauten werden die U-Werte und die ökologischen Indikatoren berechnet, sowie der Luft- und Trittschallschutz anhand von Vergleichskonstruktionen nachgewiesen. Des Weiteren werden zusätzlich zu den gängigen Konstruktionen ökologische Alternativen entwickelt (Aufbauten gekennzeichnet mit Endung E)

Im Folgenden sind die Aufbauten mit ihren ökologisch optimierten Pendants in textlicher Form aufgelistet, im Anhang ist der gesamte Aufbauten- und Detailkatalog, mit den Aufbauten- und Detailblättern wie sie in der Software als pdf ausgegeben werden, zu finden.

2.15.1. Wände

AW.01 Außenwand tragend, Holzschalung

AW.01 Außenwand hinterlüftet						Bauteil Nr. / Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _s :	0,13
						außen R _s :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Massivholzelement	0,130					120	
2. PE-Dampfbremse	0,250					0	
3. Mineralwolle zwischen	0,040	Holz C-Trägern	0,275			300	
4. MDF-Platte	0,080					16	
5. Hinterlüftung/Lattung						50	
6. Holzschalung						25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	2,0%
						Flächenanteil Teilfläche 3	
OI3 _{kon}	35	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-97	Ist-Werte		Summe	51,1 cm
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,416	U-Wert:	0,121	Soll-Werte	0,12 W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	971	Rw:	> 47	47	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmoho02a-02							

AW.01-E Außenwand tragend, Holzschalung

AW.01-E Außenwand hinterlüftet						Bauteil Nr. / Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _s :	0,13
						außen R _s :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Massivholzelement	0,130					120	
2. PE-Dampfbremse	0,250					0,2	
3. Zelluloseflocken zwischen	0,040	Holz C-Trägern	0,275			300	
4. Holzschalung	0,130					24	
5. PE-Folie, diffusionsoffen	0,250					0,2	
6. Hinterlüftung/Lattung						50	
7. Holzschalung						25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	2,0%
						Flächenanteil Teilfläche 3	
OI3 _{kon}	15	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-117	Ist-Werte		Summe	51,9 cm
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,337	U-Wert:	0,121	Soll-Werte	0,12 W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	775	Rw:	> 47	47	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmoho02a-02							

AW.02 Außenwand tragend, WDVS, verputzt

AW.02 Außenwand WDVS						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
2. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)				50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Dampfbremse	0,250					0,2
5. Massivholzelement	0,130					94
6. Steinwolle	0,040					240
7. Putz	0,700					25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						44,4 cm
OI _{3kon}	91	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	7	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,593	U-Wert:	0,120	0,12 W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1408	Rw:	> 49	47 dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmopi01a-03						

AW.02-E Außenwand tragend, WDVS, verputzt

AW.02-E Außenwand WDVS						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
2. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)				50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Dampfbremse	0,250					0,2
5. Massivholzelement	0,130					94
6. Holzfaserdämmplatten	0,040					240
7. Putz	0,700					25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						44,4 cm
OI _{3kon}	54	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-77	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,453	U-Wert:	0,120	0,12 W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1294	Rw:	> 49	47 dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmopi01a-03						

AW.03 Außenwand tragend, verputzt

AW.03 Außenwand verputzt						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
2. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)				50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Dampfbremse*	0,250					0,2
5. Massivholzelement	0,130					102
6. Mineralwolle zwischen	0,040		TJI	0,275		241
7. Holzwoleplatte	0,090					50
8. Kalkzementputz	0,800					20
9. Spachtel + Armierung	0,700					3
10. Silikatputz, dampfdiffusionsoffen	0,800					2
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
					3,0%	50,3 cm
* auch außenseitig möglich				Ist-Werte		Soll-Werte
OI _{3kon}	60	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-33	U-Wert:	0,119	0,12 W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,467	Rw:	> 47	47 dB
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1179	Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmopi01a-03		

AW.03-E Außenwand tragend, verputzt

AW.03-E Außenwand verputzt						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,04
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
2. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbugel (70 mm)				50	
3. Luftspalt	0,190					20	
4. Dampfbremse*	0,250					0,2	
5. Massivholzelement	0,130					102	
6. Zelluloseflocken zwischen	0,040		TJI		0,275	241	
7. Holzplatte	0,090					50	
8. Kalkzementputz	0,800					20	
9. Spachtel + Armierung	0,700					3	
10. Silikatputz, dampfdiffusionsoffen	0,800					2	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
							3,0%
*auch außenseitig möglich						Summe	50,3 cm
OI3 _{kon}	23	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-61	Ist-Werte		Soll-Werte	0,12 W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,303	U-Wert:		0,119	W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	866	Rw:		> 47	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz awmpoi01a-03							4,7 dB

IW.01 Innenwand, tragend, doppelt beplankt

IW.01 Scheidewand, doppelt beplankt						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
2. Massivholzelement	0,130					95	
3. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{kon}						0,4	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]
						-50	AP [kg SO ₂ eq./m ²]
						0,193	PEI n.e. [MJ/m ²]
						578	
Vergleichbarer Aufbau: iwmxo01b-00							
						U-Wert:	0,814 W/(m ² K)
						Rw:	38 dB
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Soll-Werte	- dB

IW.01-E Innenwand, tragend, doppelt beplankt

IW.01-E Scheidewand, doppelt beplankt						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Lehmputz	0,810					10	
1. Lehmplatten	0,070					25	
2. Massivholzelement	0,130					95	
1. Lehmplatten	0,070					25	
3. Lehmputz	0,810					10	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{kon}						-8,2	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]
						-127	AP [kg SO ₂ eq./m ²]
						0,223	PEI n.e. [MJ/m ²]
						587	
Vergleichbarer Aufbau: iwmxo01b-00							
						U-Wert:	0,578 W/(m ² K)
						Rw:	38 dB
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Soll-Werte	- dB

IW.02 Innenwand, Vorsatzschale

IW.02 Scheidewand, mit Vorsatzschale						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipskarton(feuerschutz)platten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
2. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				60	
3. Luftspalt	0,190					10	
4. Massivholzelement	0,130					94	
5. Luftspalt	0,190					10	
6. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				60	
7. Gipskarton(feuerschutz)platten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{kon}						26	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]
						-33	AP [kg SO ₂ eq./m ²]
						0,296	PEI n.e. [MJ/m ²]
						836	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxo04b-01							
						U-Wert:	0,231 W/(m ² K)
						Rw:	58 dB
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Soll-Werte	- dB

IW.02-E Innenwand, Vorsatzschale

IW.02-E Scheidewand, mit Vorsatzschale						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]		innen R _{si} :	0,13	
				außen R _{se} :	0,13	
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Lehmputz	0,810					10
2. Lehmplatten	0,070					25
3. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				60
4. Luftspalt	0,190					10
5. Massivholzelement	0,130					94
6. Luftspalt	0,190					10
7. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				60
8. Lehmplatten	0,070					25
9. Lehmputz	0,810					10
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						30,4 cm
OI3 _{Kon}	1	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-122	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,256	U-Wert:	0,243	-
		PEI n.e. [MJ/m ²]	712	Rw:	58	-
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo04b-01						

IW.03 Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)

IW.03 Trennwand Stiegenhaus mit Sanitärbereich						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]		innen R _{si} :	0,13	
				außen R _{se} :	0,13	
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 3.lagig	0,210					40
2. Metallständer freistehend	0,000	Luftraum Vorsatzschale nach Erfordernis				30
3. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15
4. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50
5. Dampfbremse	0,250					0,2
6. Massivholzelement	0,130					102
7. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				75
8. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						32,7 cm
OI3 _{Kon}	39	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-37	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,349	U-Wert:	0,222	-
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1061	Rw:	> 60	-
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo01-00						

IW.03-E Stiegenhauswand mit Sanitärbereich (Vorsatzschale)

IW.03-E Trennwand Stiegenhaus mit Sanitärbereich						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]		innen R _{si} :	0,13	
				außen R _{se} :	0,13	
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 3.lagig	0,210					40
2. Metallständer freistehend	0,000	Luftraum Vorsatzschale nach Erfordernis				30
3. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15
4. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50
5. Dampfbremse	0,250					0,2
6. Massivholzelement	0,130					102
7. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				75
8. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						33,7 cm
OI3 _{Kon}	26	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-50	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,286	U-Wert:	0,220	-
		PEI n.e. [MJ/m ²]	981	Rw:	> 60	-
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo01-00						

IW.04-1 Stiegenhaustrennwand zweischalig

IW.04-1 Trennwand Stiegenhaus						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]		innen R _{si} :	0,13	
				außen R _{se} :	0,13	
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25
2. Massivholzelement	0,130					94
3. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040					60
4. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
5. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040					60
6. Massivholzelement	0,130					94
7. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						37,3 cm
OI3 _{Kon}	53	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-89	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,460	U-Wert:	0,199	-
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1292	Rw:	61	58
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo03b-01						

IW.04-1-E Stiegenhaustrennwand zweischalig

IW.04-1-E Trennwand Stiegenhaus						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teillfläche 1	+ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teillfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
2. Massivholzelement	0,130					94	
3. Schafwolle zwischen	0,040					60	
4. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
5. Schafwolle zwischen	0,040					60	
6. Massivholzelement	0,130					94	
7. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
						Summe	37,3 cm
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Rw:	61 dB
OI3 _{Kon} : 46						GWP [kg CO ₂ eq./m ²] : -95	
						AP [kg SO ₂ eq./m ²] : 0,425	
						PEI n.e. [MJ/m ²] : 1235	
						Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo03b-01	

IW.04-2 Stiegenhaustrennwand einschalig

IW.04-2 Trennwand Stiegenhaus ohne Sanitärbereich						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teillfläche 1	+ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teillfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15	
2. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
3. Dampfbremse	0,250					0,2	
4. Massivholzelement	0,130					102	
5. Mineralwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				75	
6. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15	
						Summe	25,7 cm
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Rw:	60 dB
OI3 _{Kon} : 25						GWP [kg CO ₂ eq./m ²] : -40	
						AP [kg SO ₂ eq./m ²] : 0,307	
						PEI n.e. [MJ/m ²] : 821	
						Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo01-00	

IW.04-2-E Stiegenhaustrennwand einschalig

IW.04-2-E Trennwand Stiegenhaus ohne Sanitärbereich						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teillfläche 1	+ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teillfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15	
2. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
3. Dampfbremse	0,250					0,2	
4. Massivholzelement	0,130					102	
5. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				75	
6. Gipsfaserplatte (F60)	0,210					15	
						Summe	25,7 cm
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Rw:	60 dB
OI3 _{Kon} : 9						GWP [kg CO ₂ eq./m ²] : -52	
						AP [kg SO ₂ eq./m ²] : 0,235	
						PEI n.e. [MJ/m ²] : 683	
						Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo01-00	

IW.05-1 Wohnungstrennwand

IW.05-1 Wohnungstrennwand						Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung	
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teillfläche 1	+ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teillfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20	
2. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
3. Luftspalt	0,190					20	
4. Massivholzelement	0,130					102	
5. Luftspalt	0,190					20	
6. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
7. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20	
						Summe	28,2 cm
						Soll-Werte	- W/(m ² K)
						Rw:	58 dB
OI3 _{Kon} : 24						GWP [kg CO ₂ eq./m ²] : -50	
						AP [kg SO ₂ eq./m ²] : 0,299	
						PEI n.e. [MJ/m ²] : 869	
						Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo04b-01	

IW.05-1-E Wohnungstrennwand

IW.05-1-E Wohnungstrennwand							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]	
						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20	
2. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
3. Luftspalt	0,190					20	
4. Massivholzelement	0,130					102	
5. Luftspalt	0,190					20	
6. Schafwolle zwischen	0,040	zwischen Metallständer freistehend				50	
7. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{Kon} <input type="text" value="11"/>						Ist-Werte	
GWP [kg CO ₂ eq./m²] <input type="text" value="-60"/>						U-Wert: <input type="text" value="0,253"/> W/(m²K)	
AP [kg SO ₂ eq./m²] <input type="text" value="0,241"/>						Rw: <input type="text" value="58"/> dB	
PEI n.e. [MJ/m²] <input type="text" value="758"/>						Soll-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo04b-01						Summe <input type="text" value="28,2"/> cm	
						Soll-Werte	
						- W/(m²K)	
						<input type="text" value="58"/> dB	

IW.05-2 Wohnungstrennwand zweischalig

IW.05-2 Wohnungstrennwand, 2-schalig							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]	
						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
2. Massivholzelement	0,130					95	
3. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040					60	
4. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
5. Mineralwolle (Steinwolle)	0,040					60	
6. Massivholzelement	0,130					95	
7. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{Kon} <input type="text" value="46"/>						Ist-Werte	
GWP [kg CO ₂ eq./m²] <input type="text" value="-94"/>						U-Wert: <input type="text" value="0,199"/> W/(m²K)	
AP [kg SO ₂ eq./m²] <input type="text" value="0,438"/>						Rw: <input type="text" value="61"/> dB	
PEI n.e. [MJ/m²] <input type="text" value="1181"/>						Soll-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo03b-01						Summe <input type="text" value="37,5"/> cm	
						Soll-Werte	
						- W/(m²K)	
						<input type="text" value="58"/> dB	

IW.05-2-E Wohnungstrennwand zweischalig

IW.05-2-E Wohnungstrennwand, 2-schalig							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]	
						innen R _{si} :	0,13
						außen R _{se} :	0,13
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
2. Massivholzelement	0,130					95	
3. Schafwolle zwischen	0,040					60	
4. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
5. Schafwolle zwischen	0,040					60	
6. Massivholzelement	0,130					95	
7. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2 x 12,5 mm	0,210					25	
						Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3
OI3 _{Kon} <input type="text" value="30"/>						Ist-Werte	
GWP [kg CO ₂ eq./m²] <input type="text" value="-106"/>						U-Wert: <input type="text" value="0,199"/> W/(m²K)	
AP [kg SO ₂ eq./m²] <input type="text" value="0,369"/>						Rw: <input type="text" value="61"/> dB	
PEI n.e. [MJ/m²] <input type="text" value="1048"/>						Soll-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz twmxxo03b-01						Summe <input type="text" value="37,5"/> cm	
						Soll-Werte	
						- W/(m²K)	
						<input type="text" value="58"/> dB	

2.15.2. Decken

DE.01-1 Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Massivholz

DE.01-1 Kellerdecke Massivholz							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _i :	0,17		
				außen R _e :	0,17		
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Trennlage PE-Folie	0,250					0,2	
4. Mineralwolle TDPS	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					50	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					160	
8. Mineralwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			200	
9. Holzschalung Nut + Feder						25	
			Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe		
			10,0%		51,5	cm	
OI _{3kon}	48	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-96	U-Wert	0,147	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,474	Rw	58	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1118	Ist-Werte		Soil-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00				Rw	58	dB	58

DE.01-1_E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Massivholz

DE.01-1-E Kellerdecke Massivholz							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _i :	0,17		
				außen R _e :	0,17		
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Baupapier	0,170					0,2	
4. Holzfaser-Trittschalldämmplatte	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					50	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					160	
8. Schafwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			200	
9. Holzschalung Nut + Feder						25	
			Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe		
			10,0%		51,5	cm	
OI _{3kon}	29	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-119	U-Wert	0,147	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,393	Rw	58	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	990	Ist-Werte		Soil-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00				Rw	58	dB	58

DE.01-2 Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton

DE.01-2 Kellerdecke Stahlbeton							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _i :	0,17		
				außen R _e :	0,17		
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. PE-Dampfbremse	0,250					0,2	
4. EPS, zementgebunden	0,080					140	
5. Stahlbetondecke	2,300					200	
6. Mineralwolle m. Deckschicht	0,050					220	
7. in Schalung gelegt							
			Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe		
					61,0	cm	
OI _{3kon}	100	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	150	U-Wert	0,151	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,457	Rw	64	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1521	Ist-Werte		Soil-Werte	
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00				Rw	64	dB	58

DE.01-2_E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton

DE.01-2-E Kellerdecke Stahlbeton							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Baupapier	0,170					0,2	
4. Holzfaser-Trittschalldämmplatte	0,040					20	
5. Perlite gebunden/verkeilt	0,042					120	
6. Stahlbetondecke	2,300					200	
7. Mineralwolle m. Deckschicht	0,050					220	
8. in Schalung gelegt							
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe
							61,0 cm
OI3 _{kon}	59	GWP [kg CO ₂ eq./m²]	87	Ist-Werte		Soll-Werte	
		AP [kg SO ₂ eq./m²]	0,336	U-Wert:	0,122 W/(m²K)	- W/(m²K)	
		PEI n.e. [MJ/m²]	1074	Rw	64 dB	58 dB	

DE.02 Decke über Außenluft, Nassestrich

DE.02 Außendecke							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Trennlage PE-Folie	0,250					0,2	
4. Mineralwolle TDPS	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					50	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					160	
8. Mineralwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			160	
9. Mineralwolle zwischen	0,040			Querlatten	0,130	160	
10. Windsperre diffusionsoffen						0,2	
11. Holzschalung Nut + Feder						25	
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe
					6,0%	7,0%	63,6 cm
OI3 _{kon}	74	GWP [kg CO ₂ eq./m²]	-83	Ist-Werte		Soll-Werte	
		AP [kg SO ₂ eq./m²]	0,587	U-Wert:	0,102 W/(m²K)	- W/(m²K)	
		PEI n.e. [MJ/m²]	1383	Rw	58 dB	47 dB	

Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnx01a-00

DE.02_E Decke über Außenluft, Nassestrich

DE.02-E Außendecke							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Baupapier	0,250					0,2	
4. Mineralwolle TDPS	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					50	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					160	
8. Zellulosedämmplatten zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			160	
9. Zellulosedämmplatten zwischen	0,040			Querlatten	0,130	160	
10. Windsperre diffusionsoffen						0,2	
11. Holzschalung Nut + Feder						25	
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe
					6,0%	7,0%	63,6 cm
OI3 _{kon}	49	GWP [kg CO ₂ eq./m²]	-118	Ist-Werte		Soll-Werte	
		AP [kg SO ₂ eq./m²]	0,480	U-Wert:	0,102 W/(m²K)	- W/(m²K)	
		PEI n.e. [MJ/m²]	1218	Rw	58 dB	47 dB	

Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnx01a-00

DE.03 Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke

DE.03 Geschossdecke							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					1	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Trennlage PE-Folie	0,000					0,2	
4. Mineralwolle TDPS	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					70	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					143	
8. Luftspalt	0,190					20	
9. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50	
10. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 37,9 cm	
O13 _{Kon}	34	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-63	Ist-Werte	U-Wert: 0,269	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,369		Rw: > 58	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	951		Ln,w: 48	dB	48
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa02a-01							

DE.03_E Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke

DE.03-E Geschossdecke							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Zementestrich	1,400					50	
3. Baupapier	0,170					0,2	
4. Mineralwolle TDPS	0,035					30	
5. Splittschüttung schwer	0,700					70	
6. Rieselschutz	0,000					0,1	
7. Massivholzelement	0,130					140	
8. Luftspalt	0,190					20	
9. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50	
10. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15	
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 37,5 cm	
O13 _{Kon}	30	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-66	Ist-Werte	U-Wert: 0,270	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,350		Rw: > 58	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	906		Ln,w: 48	dB	48
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa02a-01							

DE.04 Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Massivholz - Bürobau

DE.04 Kellerdecke Massivholz Bürobau							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung							
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17							
außen R _{se} : 0,17							
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. Fußbodenbelag	0,000					0	
2. Spanplatte	0,130					32	
3. Mineralwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80	
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erfordernis	1,400					80	
5. Massivholzelement	0,130					160	
6. Mineralwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			200	
7. Holzschalung Nut + Feder						25	
		Flächenanteil Teilfläche 2	10,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 57,7 cm	
O13 _{Kon}	76	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-112	Ist-Werte	U-Wert: 0,123	W/(m ² K)	-
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,600		Rw: -	dB	58
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1520				

DE.04-E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Massivholz- Bürobau

DE.04-E Kellerdecke Massivholz Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{se} : 0,17						
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					0
2. Spanplatte E0	0,130					32
3. Schafwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erforde	1,400					80
5. Massivholzelement	0,130					160
6. Schafwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			200
7. Holzschalung Nut + Feder						25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		10,0%				57,7 cm
O13 _{Kon}	43	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-140	U-Wert:	0,123 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,450	Rw	- dB	58 dB
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1284			

DE.05 Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton - Bürobau

DE.05 Kellerdecke Stahlbeton Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{se} : 0,17						
PEI ne 1521 MJ/m ²						
Teilfläche 1	+ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					0
2. Spanplatte	0,130					32
3. Mineralwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Stahlbetondecke	2,300					200
5. Mineralwolle m. Deckschicht	0,050					220
6. in Schalung gelegt						
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						53,2 cm
O13 _{Kon}	226	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	163	U-Wert:	0,141 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	1,080	Rw	- dB	58 dB
		PEI n.e. [MJ/m ²]	2743			

DE.05-E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton - Bürobau

DE.05-E Kellerdecke Stahlbeton Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{se} : 0,17						
PEI ne 1521 MJ/m ²						
Teilfläche 1	+ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					0
2. Spanplatte E0	0,130					32
3. Schafwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Stahlbetondecke	2,300					200
5. Mineralschaumplatte	0,045					200
6.						
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
						51,2 cm
O13 _{Kon}	61	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	55	U-Wert:	0,140 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,340	Rw	- dB	58 dB
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1275			

DE.06 Decke über Außenluft, Nassestrich - Bürobau

DE.06 Außendecke Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{se} : 0,17						
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					0
2. Spanplatte	0,130					32
3. Mineralwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erforder	1,400					80
5. Massivholzelement	0,130					160
6. Mineralwolle zwischen	0,040	Holzstaffel	0,130			160
7. Mineralwolle zwischen	0,040			Querlatten	0,130	160
8. Windsperre diffusionsoffen						0,2
9. Holzschalung Nut + Feder						25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		6,0%		7,0%		69,7 cm
O13 _{Kon}	95	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-100	U-Wert:	0,090 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,680	Rw	- dB	47 dB
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1707			

DE.06-E Decke über Außenluft, Nassestrich - Bürobau

DE.06 Außendecke Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _s : 0,17						
außen R _s : 0,17						
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					0
2. Spanplatte E0	0,130					32
3. Schafwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erforde	1,400					80
5. Massivholzelement	0,130					160
6. Zellulosedämmplatten zwischen	0,040	Holzstafel	0,130			160
7. Zellulosedämmplatten zwischen	0,040			Querlatten	0,130	160
8. Windsperre diffusionsoffen						0,2
9. Holzschalung Nut + Feder						25
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		6,0%		7,0%		69,7 cm
O13 _{Kon}	61	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-146	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,530	U-Wert:	0,090 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1525	Rw:	- dB	47 dB
				Rw:	- dB	

DE.07 Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke - Bürobau

DE.07 Geschossdecke Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _s : 0,17						
außen R _s : 0,17						
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					1
2. Spanplatte	0,130					32
3. Mineralwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erforde	1,400					80
5. Massivholzelement	0,130					143
6. Luftspalt	0,190					20
7. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
8. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		8,0%				42,1 cm
O13 _{Kon}	50	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-81	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,440	U-Wert:	0,199 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1225	Rw:	- dB	58 dB
				Ln,W:	- dB	48 dB

DE.07-E Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke- Bürobau

DE.07 Geschossdecke Bürobau						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _s : 0,17						
außen R _s : 0,17						
Teilfläche 1	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	ξ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	ξ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000					1
2. Spanplatte E0	0,130					32
3. Schafwolle zwischen	0,040	höhenverstellbaren, trittschalldämmenden Distanzfüßen				80
4. Verbundbeton, 8 cm bzw. nach statischen Erforde	1,400					80
5. Massivholzelement	0,130					143
6. Luftspalt	0,190					20
7. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
8. Gipskartonfeuerschutzplatten	0,210					15
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
		8,0%				42,1 cm
O13 _{Kon}	38	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-95	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,380	U-Wert:	0,199 W/(m ² K)	- W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1163	Rw:	- dB	58 dB
				Ln,W:	- dB	48 dB

2.15.3. Dächer

DA.01 Flachdach als Warmdach

DA.01 Flachdach als Warmdach						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2-lagig	0,210					30
2. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
3. Massivholzelement	0,130					200
4. Dampfdruckausgleichsschicht	0,250					0,2
5. Bitu-Alu-Bahn	0,250					0,5
6. Mineralwolleplatten (hart)	0,040	2-lagig, eine Lage im Gefälle, im Mittel				260
7. Polymerbitumen-Abdichtung, 2-lag.	0,250					10
8. Gummigranulatmatte						10
9. Kies 16/32						60
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 64,1 sm
O13 _{kon}	140	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-61	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,768	U-Wert:	0,104	W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	2516	Rw	> 48	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz fdmngi01a-03						

DA.01-E Flachdach als Warmdach

DA.01-E Flachdach als Warmdach						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2-lagig	0,210					30
2. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
3. Massivholzelement	0,130					200
4. PE-Dampfbremse	0,250					0,2
6. Kork	0,040	2-lagig, eine Lage im Gefälle				260
7. PE-Abdichtung, mechanisch befestigt	0,250					10
9. Kies 16/32						60
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 63,0 sm
O13 _{kon}	112	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-128	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,692	U-Wert:	0,104	W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	2326	Rw	> 48	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz fdmngi01a-03						

DA.02-2 Flachdach; Terrasse

DA.02-2 Flachdach Terrasse						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2-lagig	0,210					30
2. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Massivholzelement	0,130					143
5. Dampfdruckausgleichsschicht	0,250					2
6. Dampfsperre Alu-Bitu	0,250					5
7. Trittschalldämmung	0,035					30
8. EPS W30	0,040					80
9. EPS-Gefälledämmung W30, 7 - 20 cm	0,040					135
10. Dampfdruckausgleichsschicht	0,250					2
11. Polymerbitumen-Abdichtung, 2-lag.	0,250					10
12. XPS, CO ₂ geschäumt	0,038					40
13. Vlies	0,250					10
14. Kies 20 - 150 mm	0,700					85
15. Betonplatten						40
16. Lattung						45
17. Holzrost						30
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 75,7 sm
O13 _{kon}	192	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-23	Ist-Werte		Soll-Werte
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,887	U-Wert:	0,096	W/(m ² K)
		PEI n.e. [MJ/m ²]	3422	Rw	> 58	dB
				Ln,w	48	dB
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00						

DA.02-2-E Flachdach; Terrasse

DA.02-2-EFlachdach Terrasse						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipskartonfeuerschutzplatten, 2-lagig	0,210					30
2. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Massivholzelement	0,130					146
5. PE-Abdichtung	0,250					2
6. Dampfsperre Alu-Bitu	0,250					5
7. Trittschalldämmung	0,035					30
8. Kork	0,040					80
9. Kork, im Gefälle verlegt, 7 - 20 cm	0,040					135
10. PP-Schutzvlies	0,250					2
11. PE-Abdichtung	0,250					10
12. XPS, CO ₂ geschäumt	0,038					40
13. Vlies	0,250					10
14. Kies 20 - 150 mm	0,700					85
15. Betonplatten						40
16. Lattung						45
17. Holzrost						30
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 76,0 cm
OI _{3kon} 177	GWP [kg CO ₂ eq./m ²] -70	Ist-Werte		U-Wert: 0,096 W/(m ² K)	0,10 W/(m ² K)	
	AP [kg SO ₂ eq./m ²] 0,888	Rw > 58 dB		Rw 47 dB		
	PEI n.e. [MJ/m ²] 3198	Ln,w 48 dB		Ln,w 48 dB		
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00						

DA.02-3 Flachdach; Terrasse

DA.02-3 Flachdach Terrasse						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20
2. Mineralwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Massivholzelement	0,130					146
5. Dampfsperre Alu-Bitu	0,250					5
6. Splittschüttung schwer	0,700					50
7. Trittschalldämmung TDPT	0,035					30
8. EPS W25 Gefälledämmung, im Mittel 20 cm	0,040					200
9. Polymerbitumen-Abdichtung, 2-lag.	0,250					10
10. XPS, CO ₂ geschäumt	0,038					50
11. Vlies						10
12. Kies, im Mittel > 50 mm						50
13. Holzrost auf Alulatten (im Kiesbett)						
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 64,1 cm
OI _{3kon} 178	GWP [kg CO ₂ eq./m ²] -34	Ist-Werte		U-Wert: 0,098 W/(m ² K)	0,10 W/(m ² K)	
	AP [kg SO ₂ eq./m ²] 0,855	Rw > 58 dB		Rw 47 dB		
	PEI n.e. [MJ/m ²] 3192	Ln,w 48 dB		Ln,w 48 dB		
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00						

DA.02-3-E Flachdach; Terrasse

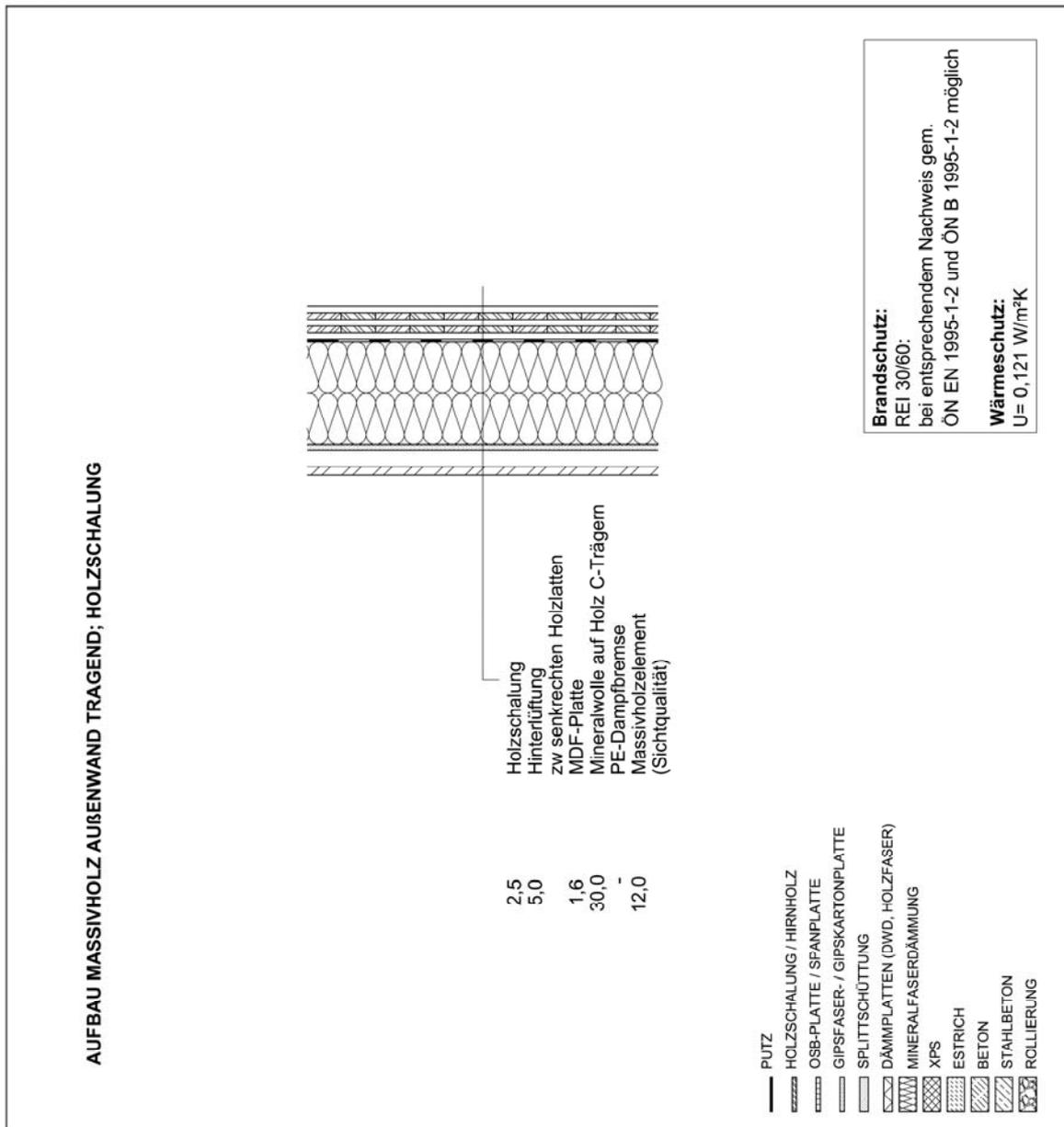
DA.02-3-EFlachdach Terrasse						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10 außen R _{se} : 0,04						
Teilfläche 1	+{W/(mK)}	Teilfläche 2 (optional)	+{W/(mK)}	Teilfläche 3 (optional)	+{W/(mK)}	Summe Breite Dicke [mm]
1. Gipsfaserplatte, 2 x 10 mm	0,210					20
2. Schafwolle zwischen	0,040	Lattung auf Schwingbügel (70 mm)	0,130			50
3. Luftspalt	0,190					20
4. Massivholzelement	0,130					146
5. PE-Dampfbremse	0,250					5
6. Splittschüttung schwer	0,700					50
7. Holzfaser-Trittschalldämmplatten	0,035					30
8. Holzfaser-Gefälledämmplatten, im Mittel 20 cm	0,040					200
9. PE-Abdichtung	0,250					10
10. XPS, CO ₂ geschäumt	0,038					50
11. Vlies						10
12. Kies, im Mittel > 50 mm						50
13. Holzrost auf Alulatten (im Kiesbett)						
		Flächenanteil Teilfläche 2	8,0%	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe 64,1 cm
OI _{3kon} 211	GWP [kg CO ₂ eq./m ²] -74	Ist-Werte		U-Wert: 0,098 W/(m ² K)	0,10 W/(m ² K)	
	AP [kg SO ₂ eq./m ²] 1,041	Rw > 58 dB		Rw 47 dB		
	PEI n.e. [MJ/m ²] 3618	Ln,w 48 dB		Ln,w 48 dB		
Vergleichbarer Aufbau: dataholz tdmnxa01a-00						

DA.03 Geneigtes Dach

DA.03 Steildach					
Bauteil Nr.: Bauteil-Bezeichnung					
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10					
außen R _{se} : 0,10					
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]
1. Gipsfaserplatte	0,210			Lattung	0,130
2. Mineralwolle zwischen	0,040				
3. Dampfbremse	0,250				
4. Massivholzelement	0,130				
5. Mineralwolle zwischen	0,040	TJI-Träger	0,275		
6. Unterdachplatte	0,080				
7. PE-Dachauflegebahn, diffusionsoffen					
8. Hinterlüftung/Staffel					
9. Schalung					
10. Strukturmatte					
11. Blechdeckung					
		Flächenanteil Teilfläche 2	3,0%	Flächenanteil Teilfläche 3	10,0%
OI3 _{kon}	116	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-75	Ist-Werte	
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,758	U-Wert:	0,086
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1925	Rw	47
Vergleichbarer Aufbau: dataholz fdmngi01a-03					
					Summe Breite
					Dicke [mm]
					15
					50
					0,2
					143
					401
					16
					0,2
					80
					24
					5
					1
					Summe
					73,5 cm
					Soll-Werte
					0,10 W/(m ² K)
					47 dB

DA.03-E Geneigtes Dach

DA.03-E Steildach					
Bauteil Nr.: Bauteil-Bezeichnung					
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10					
außen R _{se} : 0,10					
Teilfläche 1	+ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	+ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	+ [W/(mK)]
1. Gipsfaserplatte	0,210			Lattung	0,130
2. Schafwolle zwischen	0,040				
3. Dampfbremse	0,250				
4. Massivholzelement	0,130				
5. Zelluloseflocken zwischen	0,040	TJI-Träger	0,275		
6. Holzschalung	0,130				
7. PE-Dachauflegebahn, diffusionsoffen					
8. Hinterlüftung/Staffel					
9. Schalung					
10. Strukturmatte					
11. Blechdeckung					
		Flächenanteil Teilfläche 2	3,0%	Flächenanteil Teilfläche 3	10,0%
OI3 _{kon}	59	GWP [kg CO ₂ eq./m ²]	-132	Ist-Werte	
		AP [kg SO ₂ eq./m ²]	0,525	U-Wert:	0,087
		PEI n.e. [MJ/m ²]	1413	Rw	47
Vergleichbarer Aufbau: dataholz fdmngi01a-03					
					Summe Breite
					Dicke [mm]
					15
					50
					0,2
					143
					401
					16
					0,2
					80
					24
					5
					1
					Summe
					73,5 cm
					Soll-Werte
					0,10 W/(m ² K)
					47 dB



Autor.: Arch. DI Heinz Geza Ambrozy

Modularer und standardisierter Holzmassivbau bei Passivhäusern

Abbildung 68 Beispiel-Aufbautenblatt

2.16. Ökologische Bewertung der Aufbauten

Für den ökologischen Vergleich wurden die Umweltindikatoren der oben beschriebenen Aufbauten mit einer Massivholzelementdicke von 10,5 cm berechnet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Innerhalb einer Bauteilgruppe ist jeweils der höchste (rot) und der niedrigste (grün) $OI3_{KON}$ markiert.

Bauteil	Variante Standard				Variante Ökologisch			
	$OI3_{KON}$	GWP	AP	PEI n.e.	$OI3_{KON}$	GWP	AP	PEI n.e.
Plattenstärke 105 mm								
AW.01	35	-97,1	0,4	971	15	-117,3	0,3	775
AW.02	91	6,6	0,6	1408	54	-77,0	0,5	1294
AW.03	60	-32,9	0,5	1179	23	-60,5	0,3	866
DA.01	140	-61,3	0,8	2516	112	-127,8	0,7	2326
DA.02-2	192	-22,7	0,9	3422	177	-69,6	0,9	3198
DA.02-3	178	-33,6	0,9	3189	211	-73,5	1,0	3614
DA.03	116	-74,7	0,8	1925	59	-133,0	0,5	1421
DE.01	48	-96,3	0,5	1118	29	-119,1	0,4	990
DE.01-2	100	149,5	0,5	1521	59	86,9	0,3	1074
DE.02	74	-83,1	0,6	1383	49	-118,4	0,5	1218
DE.03	34	-62,6	0,4	951	30	-66,0	0,3	906
IW.01	0	-49,8	0,2	578	-8	-127,1	0,2	587
IW.02	26	-33,4	0,3	840	1	-122,0	0,3	712
IW.03	39	-37,2	0,3	1061	26	-49,5	0,3	981
IW.04-1	53	-89,0	0,5	1292	46	-96,6	0,4	1243
IW.04-2	25	-40,1	0,3	821	9	-52,3	0,2	683
IW.05-1	24	-50,1	0,3	869	11	-59,8	0,2	758
IW.05-2	46	-94,5	0,4	1181	30	-106,2	0,4	1048
DE.04	76	-74,7	0,8	1925	43	-144,0	0,5	1149
DE.05	226	163,1	1,1	2743	61	86,9	0,3	1074
DE.06	95	-100,2	0,7	1707	61	-118,4	0,5	1218
DE.07	50	-81,3	0,4	1225	38	-69,1	0,4	926

Tabelle 25 Ökologischen Bewertung der Herstellung der Aufbauten

In der Software werden für die jeweilige Massivholzelementdicke die ökologischen Kenndaten Treibhauspotenzial, Versauerungspotential und Bedarf an nicht erneuerbaren Energien und der daraus resultierende Ökoindex der Konstruktion ($OI3_{KON}$) einzeln berechnet

Nutzung

Die Nutzungsdauer von Gebäuden, Bauteilen, funktionalen Einheiten und Baustoffen beeinflusst in hohem Maß die ökologische Gebäudequalität. Sie ist daher ein wichtiger Meilenstein in der ökologischen Lebenszyklusanalyse von Gebäuden.

Für den ökologischen Vergleich der Aufbauten unter Berücksichtigung ihrer Nutzungsdauer wurden die Umweltindikatoren der oben beschriebenen Aufbauten mit einer Massivholzelementdicke von 10,5 cm berechnet. Die Nutzungsdauern der verwendeten Baustoffe sind [BTK 2008] und [Nachhaltig Massiv AP 3 2009] zu entnehmen. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Innerhalb einer Bauteilgruppe ist jeweils der höchste (rot) und der niedrigste (grün) $OI3_{KON}$ markiert.

Bauteil	Variante Standard mit Nutzung				Variante Ökologisch mit Nutzung			
	Plattenstärke 105 mm	OI3 _{KON}	GWP	AP	PEI n.e.	OI3 _{KON}	GWP	AP
AW.01	94	-43,6	0,7	1519	59	-69,1	0,5	1167
AW.02	234	91,2	1,2	2864	160	-15,8	0,9	2518
AW.03	153	36,1	0,8	2151	86	-5,2	0,5	1608
DA.01	317	95,5	1,3	5087	210	-0,2	0,9	3621
DA.02-2	451	129,2	1,7	7287	367	63,0	1,5	5755
DA.02-3	419	112,3	1,6	6777	363	37,3	1,5	5735
DA.03	256	41,9	1,3	3348	149	-40,8	0,8	2357
DE.01	101	-12,3	0,7	1564	61	-44,4	0,5	1261
DE.01-2	179	241,3	0,7	2395	91	118,6	0,4	1431
DE.02	152	23,7	0,9	2062	107	-25,8	0,7	1773
DE.03	71	-4,9	0,5	1322	64	-8,4	0,5	1254
IW.01	30	-35,9	0,3	958	9	-124,0	0,3	778
IW.02	81	-3,1	0,5	1480	32	-108,6	0,4	1071
IW.03	106	10,5	0,6	1866	84	-3,7	0,5	1744
IW.04-1	127	-55,7	0,8	2185	117	-61,4	0,7	2123
IW.04-2	69	-10,9	0,5	1316	46	-26,8	0,4	1148
IW.05-1	76	-12,5	0,5	1483	53	-27,0	0,4	1291
IW.05-2	72	-6,4	0,5	1406	44	-23,9	0,3	1177
DE.04	143	-25,0	0,8	2142	84	-60,9	0,5	1722
DE.05	431	300,1	1,9	4768	123	107,2	0,5	2087
DE.06	183	5,2	1,0	2537	121	-53,9	0,7	2172
DE.07	95	-26,3	0,6	1700	74	-38,4	0,5	1598

Tabelle 26 Ökologischen Bewertung der Herstellung und Nutzung der Aufbauten

In der Software werden analog zum aktuellen Berechnungsverfahren der Wohnbauförderungen die ökologischen Kenndaten ohne Nutzungsdauer berücksichtigt. Die Implementierung der Nutzungsdauern wird mittelfristig angestrebt (Vgl. [Nachhaltig Massiv AP 3 2009]).

2.17. Energetische Gesamtbewertung

Zur praktischen Veranschaulichung wurden die energetischen Kennzahlen eines Beispielgebäudes mit dem Passivhaus Projektierungspaket 2007 ermittelt. Die Grundlage für die Pläne dieses Beispielgebäudes orientiert sich an der Wohnhausanlage Murdorf, 8750 Judenburg von Architekt Hubert Rieß (Abb.69 & Abb.70). Dieses Gebäude wurde im Niedrigenergiestandard errichtet. Durch die Verwendung der im Rahmen des Forschungsberichtes entwickelten Aufbauten wird Passivhausstandard erreicht.

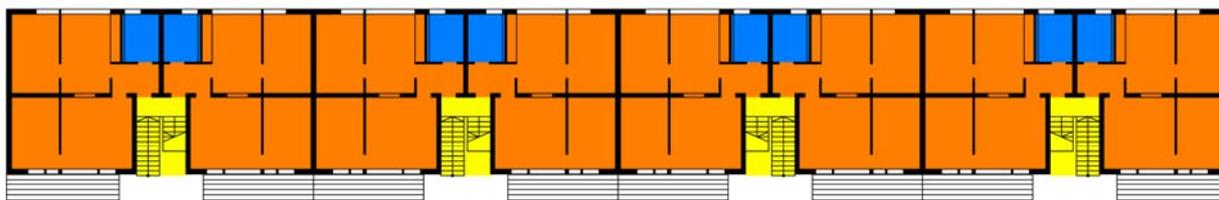


Abbildung 69 Hubert Rieß, Judenburg, Grundriss

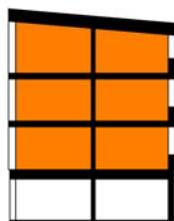


Abbildung 70 Hubert Rieß, Judenburg, Schemaschnitt

Fensterflächen und Baukörpergeometrie

Der Baukörper ist kompakt, die Fensterflächen beschränken sich auf die Nord- und Südfassade, wobei die Fläche der Öffnungen im Norden mit 29,4% und im Süden mit 52% der Gesamtfassadenfläche angenommen wurde.

Die Aufbauten bei sämtlichen außenluft- und erdreichberührenden Flächen sind passivhaustauglich und die solaren Gewinne wurden für die Erreichung der Passivhaustauglichkeit ausreichend hoch angenommen. Die Fenster weisen ebenfalls einen energetisch hohen Standard auf. Durch den Einsatz dieser passivhaustauglichen Fenster kann die solare Einstrahlung zur Erwärmung genutzt werden, während die Abstrahlung von den Innenräumen nach außen vermindert wird. Somit ergibt sich eine positive Energiebilanz: Die Transmissionswärmeverluste über Fenster von 17 kWh/m²a stehen solaren Wärmegegewinnen von 22,6 kWh/m²a gegenüber. Verglichen mit den inneren Wärmegegewinnen von 10,3 kWh/m²a sind die solaren Wärmegegewinne mehr als doppelt so hoch.

Die Flächenanteile der einzelnen Außenbauteile an der thermischen Gebäudehülle, deren U-Werte und die Verteilung der Transmissionswärmeverluste sind der Tabelle 20 zu entnehmen:

Bauteile	Flächenanteil	Durchschnittliche U-Werte [W/m ² K]	Anteil der Transmissionswärmeverluste
Fenster	16 %	0,79	52 %
Außentür	1 %	1,00	6 %
Außenwand Außenluft	43 %	0,12	27 %
Dach/Decken Außenluft	20 %	0,09	8 %
Bodenplatte	20 %	0,15	7 %

Tabelle 27 Flächenanteile der Außenbauteile an der thermischen Gebäudehülle, U-Werte und Anteile der Verluste an den Transmissionswärmeverlusten

Um den Einfluss der Orientierung auf das solare Wärmeangebot und in weiterer Folge auf den Heizwärmebedarf darzustellen, wurde das Demonstrationsgebäude im Berechnungsprogramm schrittweise nach Ost bzw. West gedreht. Die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Abweichung von der Nord-Süd Achse zeigt Tab.28.

	Abweichung von N-S-Achse	+/- 25 °	+/- 45 °	+/- 50 °	+/- 55 °	+/- 60 °	+/- 65 °
Heizwärmebedarf	kWh/m ² a	13	15	15	15	15	16
Wärmeangebot Solarstrahlung	kWh/a	38.251	35.331	34.550	33.791	33.073	32.412

Tabelle 28 Einfluss der Orientierung auf das solare Wärmeangebot und den Heizwärmebedarf des Beispielgebäudes

Der Heizwärmebedarf und das solare Wärmeangebot ändern sich bei identer Abweichung von Süd nach West bzw. Ost um gleiche Beträge. Bis zu einer Abweichung von 60 ° wird das Passivhauskriterium des Heizwärmebedarfs $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ eingehalten. Erst bei 65 ° Abweichung verringern sich die solare Einstrahlung und damit die passiven solaren Wärmegevinne so stark, dass der maximal zulässige Heizwärmebedarf von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ überschritten wird.

Zu berücksichtigen ist bei diesen Ergebnissen die Prämisse, dass keine Verschattung durch Gebäude, Bäume etc. die solaren Gewinne schmälert. In der Praxis muss die zum Zeitpunkt der Errichtung vorhandene und die zukünftige mögliche Bebauung unbedingt in die Berechnung miteinbezogen werden.

Sommerliche Überhitzung und Sonnenschutz

Ein außenliegender Sonnenschutz ist in Bezug auf die Gefahr der sommerlichen Überhitzung in fast jedem Fall unumgänglich, da eine notfalls (und nicht notwendige) installierte Kühlanlage den Primärenergiebedarf gravierend erhöht. Grundsätzlich ist also unabhängig von der Abweichung des Gebäudes von der Südrichtung auf ausreichenden Sonnenschutz zu achten.

Annahmen und Berechnungsgrundlagen

Allgemeine Grundlagen

3. Gebäudeart: Wohngebäude
4. Standort und Klima: Korneuburg
5. Innentemperatur: 20 °C
6. Interne Wärmequellen: 2,1 W/m² (Nutzung des Gebäudes ist Wohnen)
7. Personenanzahl: 35 m²/Person
8. Berechnung der Energiekennwerte im Monatsverfahren

Gebäudegeometrie

9. Energiebezugsfläche: 1.764 m²
10. Thermische Gebäudehülle: 3.465 m²
11. Umbautes Volumen: 6.758m³
12. A/V-Verhältnis: 0,51
13. Fensterflächenanteil an den Fassaden:

	Nord	Süd	Ost	West
Fensterflächenanteil	29,4 %	52 %	0 %	0 %

Erdreich/Keller

14. Unbeheizter Keller
15. Wärmeleitfähigkeit Erdreich 2,0 W/(mK)
16. Wärmekapazität Erdreich 2,0 MJ/(m³K)
17. Tiefe Keller 3,43 m
18. Luftwechsel im unbeh. Keller n 0,50 h⁻¹
19. Höhe Kellerwand oberirdisch h 0,00 m

Fenster

20. Holzfenster, Zwei-Scheiben-Verglasung, Argon-Füllung, Epsilon=0,05
21. Sämtliche Fenster 90° zur Horizontalen geneigt
22. Verschmutzungsfaktor 0,95
23. g-Wert 0,5
24. U_g-Wert 0,6 W/(m²K)
25. U_f-Wert 0,93 W/(m²K)
26. Y_{glasrand} 0,036 W/(mK)
27. Y_{einbau} 0,010 W/(mK)
28. Rahmenbreite links, rechts, oben 0,1 m, unten 0,12 m

Verschattung

29. Laibungstiefe 0,05m
30. Abstand des Verglasungsrandes zur Laibung 0,04m
31. Bei Balkon: Tiefe des Überstands 1,7m, Abstand des oberen Verglasungsrandes zum Überstand 0,35m

Lüftung

32. Frischluft pro Person: 30m³/Person*h
33. Auslegungsvolumenstrom 2400 m³/h
34. Mittlere Luftwechsel 0,42 (1/h) (Betriebsart Standard)
35. Art der Lüftungsanlage: Balancierte Passivhauslüftung
36. Infiltrationsluftwechsel 0,042 (1/h)
37. Effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 74,7%
38. Gerät außerhalb der thermischen Hülle

Bauteile

39. AW.02-E Außenwand tragend, verputzt
40. IW.02-E Innenwand, Vorsatzschale
41. IW.05-2-E Wohnungstrennwand zweischalig
42. DE.01-2-E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton
43. DA.03-E Geneigtes Dach

Anforderungen nach Passivhausinstitut Dr. Feist

- Wärmeschutz opake Bauteile < 0,15 W/(m²K), anzustreben sind 0,1 W/(m²K)
- Wärmeschutz Fenster und Türen < 0,8 W/(m²K) für den gesamten Bauteil samt Rahmen und Stock, maximierter g-Wert für hohen solaren Wärmegewinn (g > 50%).
- Grenzwert Heizwärmebedarf < 15 kWh/m²a
- Primärenergiebedarf < 120 kWh/m²a
- Grenzwert Luftdichtigkeit n₅₀ < 0,6/h
- Heizlast (Kannkriterium) < 10 W/m²
- Richtwert für Endenergiebedarf 42 kWh/(m²a)
- Grenzwert für Primärenergiebedarf 120 kWh/(m²a)

Ergebnisse nach PHPP 2007

Wärmeschutz opake Bauteile (thermische Gebäudehülle)

- AW.02-E 0,12 W/m²K
- DE.01-2-E 0,15 W/m²K
- DA.03-E 0,09 W/m²K

Energiebedarf

- Heizenergiebedarf 13 kWh/(m²a)
- Endenergiebedarf 19 kWh/(m²a)
- Primärenergiebedarf 83 kWh/(m²a)
- Heizlast 13,8 W/m²
- Kühllast 7 W/m²

Empfehlungen

- Verschattungsarme oder -freie Lage, Beachtung der Windverhältnisse
- Optimierung der Orientierung des Gebäudes zur Sonne
- Möglichst kompakter Baukörper – gutes A/V Verhältnis
- Minimierung der Nordfassadenfläche
- Optimierung der Fensterflächen hinsichtlich der möglichen Solareinstrahlung

Das vorgestellte Beispielgebäude mit den optimierten Aufbauten gibt einen guten Überblick über günstige Geometrien und Flächenverhältnisse, über Wärmegewinne und -verluste und kann als Referenzbeispiel herangezogen werden.

Weitere Hinweise zur Planung von Passivhäusern sind dem Kapitel 2.5.3. zu entnehmen.

2.18. Ökologische Gesamtbewertung

Für die ökologische Gesamtbewertung werden aus den oben beschriebenen Grundrisstypologien der Erschließungstyp Spänner (Projekt Judenburg, Hubert Rieß) ausgewählt und die ökologischen Indikatoren Treibhauspotential (GWP), Versäuerungspotential (AP) und Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen (PEI n. e.) sowie der OI3 Index des Gesamtgebäudes (eine Erschließungseinheit) berechnet.

Für die Berechnung werden folgende Aufbauten herangezogen:

- AW.02 Außenwand tragend, verputzt
- IW.01 Innenwand, tragend, doppelt beplankt
- IW.02 Innenwand, Vorsatzschale
- IW.05-1 Wohnungstrennwand
- IW.05-2 Wohnungstrennwand zweischalig
- DE.01-2 Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton
- DE.03 Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke
- DA.03 Geneigtes Dach

Zusätzlich werden Holz-Passivhausfenster mit 3-fach-Verglasung und Argon-Füllung sowie Wohnungseingangs- und Innentüren aus Holz eingesetzt. Stiegenläufe und –podeste bleiben bei der Berechnung unberücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die ökologischen Indikatoren Treibhauspotential (GWP), Versäuerungspotential (AP), Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen (PEI n. e.) und OI3 Index des Gebäudes.

Standard

BGF	686,83 m ²
I _c	2,50 m

O13 _{V2,Ic}	34
O13 _{V2,BGF}	548
O13	52

Bauteil	Fläche [m ²]	GWP [kg CO ₂ -eq./m ²]	AP [kg SO ₂ -eq./m ²]	PEI n.e. [MJ/m ²]
AW03	1.548,54	-50.871	723	1.825.853
DE01_2	686,82	102.710	314	1.044.576
DE03	1.373,65	-86.054	506	1.306.293
DA03	689,79	-51.502	523	1.327.862
IW01	881,88	-43.889	170	510.035
IW02	486,78	-15.937	144	406.801
IW05_2	755,39	-71.369	331	891.980
Innentueren	292,32	-8.900	69	314.418
Wohnungstueren	45,36	-2.948	11	53.978
Holz-Passivhausfenster, K	542,96	9.097	228	593.546
Summe	7.303,49	-219.663	3.019	8.275.343

Die verwendeten Aufbauten werden ökologisch optimiert, wobei Wärme- und Schallschutzkennwerte unverändert bleiben. Für die Berechnung werden folgende ökologischen Aufbauten herangezogen:

- AW.02-E Außenwand tragend, verputzt
- IW.01-E Innenwand, tragend, doppelt beplankt
- IW.02-E Innenwand, Vorsatzschale
- IW.05-1-E Wohnungstrennwand
- IW.05-2-E Wohnungstrennwand zweischalig
- DE.01-2-E Decke über unbeheizt (Kellerdecke) / Stahlbeton
- DE.03-E Decke über beheizt – Wohnungstrenndecke
- DA.03-E Geneigtes Dach

In der Gesamtbewertung ergeben sich für das betrachtete Gebäude mit den oben beschriebenen ökologisch optimierten Aufbauten die folgenden ökologischen Indikatoren:

Ökologisch optimiert

BGF	686,83 m ²
I _c	2,50 m

O13 _{V2,Ic}	20
O13 _{V2,BGF}	313
O13	29

Bauteil	Fläche [m ²]	GWP [kg CO ₂ -eq./m ²]	AP [kg SO ₂ -eq./m ²]	PEI n.e. [MJ/m ²]
HdZ_AW03E	1.548,54	-93.718	469	1.340.724
HdZ_DE01_2-E	686,82	59.711	230	737.522
HdZ_DE03-E	1.373,65	-89.792	505	1.348.224
HdZ_DA03-E	689,79	-90.908	362	974.524
HdZ_IW01-E	881,88	-112.050	197	517.807
HdZ_IW02-E	486,78	-59.256	125	346.602
HdZ_IW05_2-E	755,39	-80.208	279	791.906
HdZ_Innentueren	292,32	-8.900	69	314.418
HdZ_Wohnungstueren	45,36	-2.948	11	53.978
Dreifach_Ar_Holz_Passiv	542,96	5.578	209	515.997
Summe	7.303,49	-472.491	2.455	6.941.702

Durch die ökologische Optimierung konnte der bereits gute OI3 von 52 weiter auf 29 reduziert werden.

2.19. Anschlüsse

Die auf der Homepage befindlichen Details sind im Folgenden aufgelistet. Ein Beispieldetail wird dargestellt, die restlichen Anschlüsse sind im Anhang zu finden.

Schnitt:

- S01-1 Anschluss Außenwand an Fundamentplatte
- S01-2 Anschluss Außenwand, hinterlüftet an Plattenfundament, unterseitig gedämmt, Nassestrich
- S01-3 Anschluss Brettstapelaußenwand, hinterlüftet / Kellerdecke beidseitig gedämmt, Nassestrich
- S02 Anschluss Außenwand-Terrassentüre EG / Fundamentplatte
- S03 Anschluss Außenwand-Terrasse / Fundamentplatte, Balkon
- S04 Anschluss Außenwand / Geschoßtrenndecke
- S05-1 Anschluss Außenwand / Zwischendecke innerhalb einer Wohneinheit
- S05-2 Außenwand, hinterlüftet / Geschoßdecke, Nassestrich
- S06 Anschluss Außenwand-Terrassentür (Fenster) / Geschoßtrenndecke
- S07 Anschluss Außenwand – Balkontür / Geschoßtrenndecke, Balkon
- S08 Detail Fensteranschluss Außenwand
- S09 Detail Außenwand / Dachterrasse (gleiche Wohneinheit)
- S10 Detail Traufenanschluss Außenwand / Dach
- S11 Detail Anschluss Ortgang Außenwand / Dach
- S12-1 Detail Anschluss Außenwand-Fenster / Dach Sonnenschutz
- S13 Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet / Massivholzflachdach als Warmdach

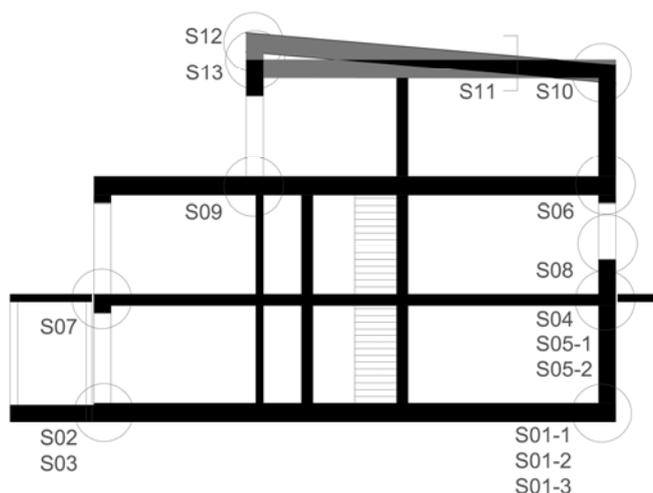


Abbildung 71 Übersicht der Anschlüsse im Schnitt

GESCHOSSWOHNBAU DET. S05-2

Beschreibung Detail Holzbau

- Anwendung für**
- o Außenwand mit Geschoßdeckenanschluss und Holzfassade

- Konstruktion/Statik**
- o Ausführung geschosßweise, Deckenelement liegt auf tragendem Teil des Wandelements auf

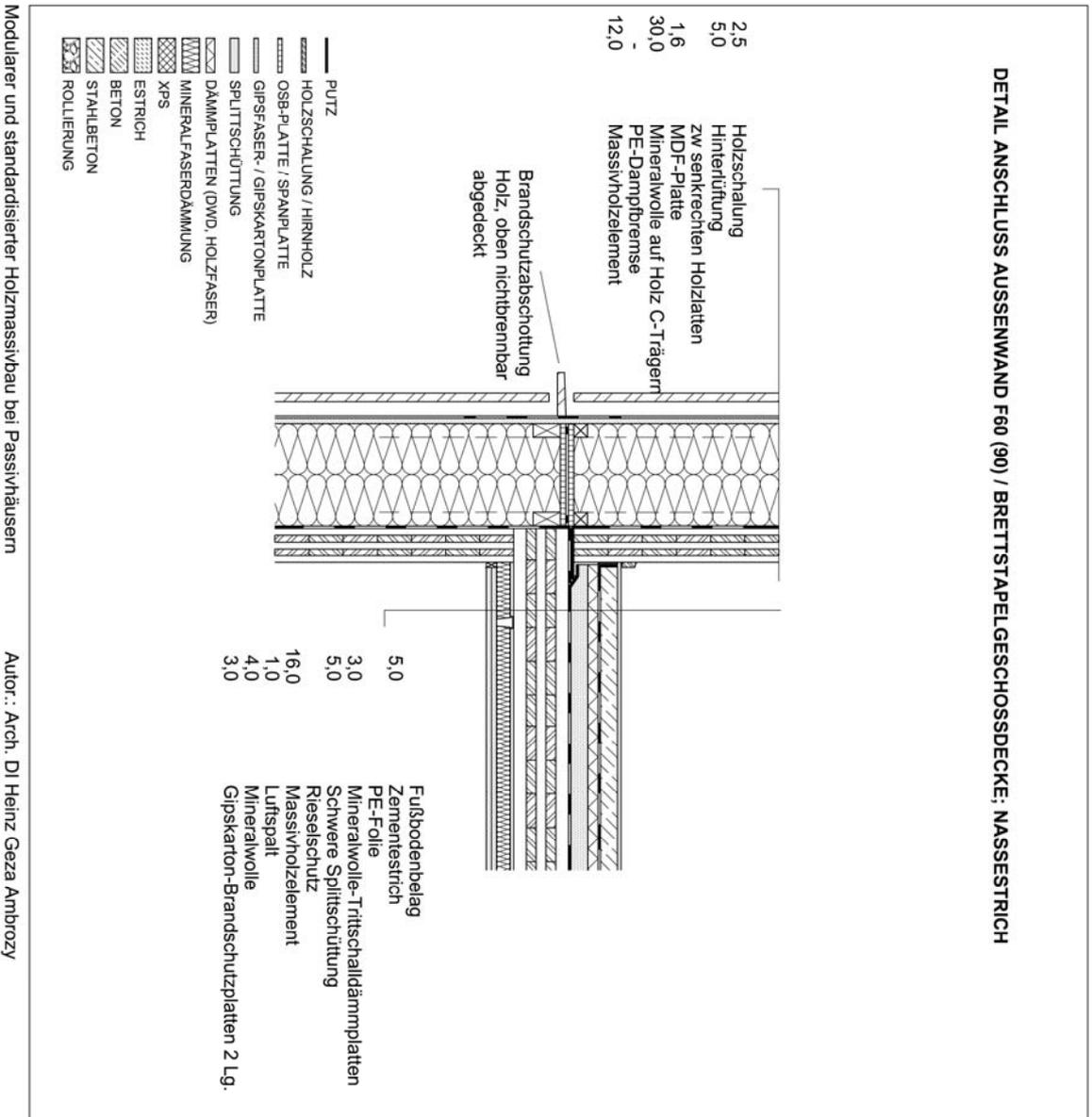
- Hinweise zu Bauablauf und Montage**
- o Bei Holzfassade geschosßweise Brandabschottung nötig, bei Ausführung in Holz, oben nichtbrennbar abgedeckt

- Wärmeschutz**
- o Durch die Ausführung des Elementstoßes mit einem halben I-Träger werden die Wärmebrücken je Ement minimiert.

- Luftdichtheit / Winddichte / Brandschutz**
- o Bei Holzfassade geschosßweise Brandabschottung nötig, bei Ausführung derselben in Holz, oben nichtbrennbar abgedeckt

- Ökologie**
- o Holz und Holzwerkstoffe: Holz regional bezogen (Transportwege) oder aus nachhaltiger Forstwirtschaft (in Österreich vollständig etabliert)
 - o Dampfsperre/Dampfbremse: PVC-frei, keine Aluminium-Folien! Vorzugsweise Polyolefinbahnen, Kraftpapiere (ohne Kunststoffbeschichtung/-imprägnierung) oder feuchteadaptive Dampfbremsen auf Polyamidbasis, wenn möglich lose verlegt, oder mechanisch befestigt (eingeklemmt, geheftet); bei Verwendung von Klebstoffen ist auf Lösemittelfreiheit zu achten (Trennbarkeit)

- Schallschutz**
- o Hinweis: Ausführung mit schalltechnischem Lager (lt. Bauphysik) notwendig, da keine Vorsatzschale vorhanden ist.



Modularer und standardisierter Holzmassivbau bei Passivhäusern

Autor.: Arch. DI Heinz Geza Ambrozy

Abbildung 72 Beispiel-Detailblatt

Grundriss:

- G01 Anschluss Außenwand / Wohnungstrennwand
- G02 Anschluss Außenwand / Stiegenhaustrennwand
- G03 Außenwand / Anschluss Reihenhaustrennwand

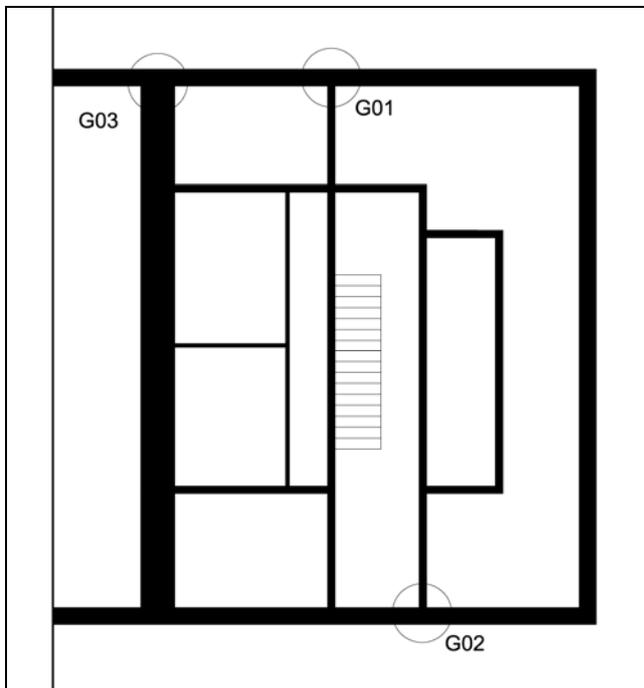


Abbildung 73 Übersicht der Anschlüsse im Grundriss

2.20. Softwareentwicklung

Das Ergebnis der Entwicklung ist auf <http://holz.erol.at> zu besichtigen.

2.20.1. Navigationsstruktur



Abbildung 74 Kopfzeile der Homepage

Die Navigationsstruktur gliedert sich in Informationsseiten und den Hauptteil „Meine Planung“. Während sich auf den Informationsseiten Informationen über und rund um das Projekt befinden, befindet sich unter „Meine Planung“ der Kern der Software – ein stufenweise aufgebautes Informationsservice für die Zielgruppe Planer.

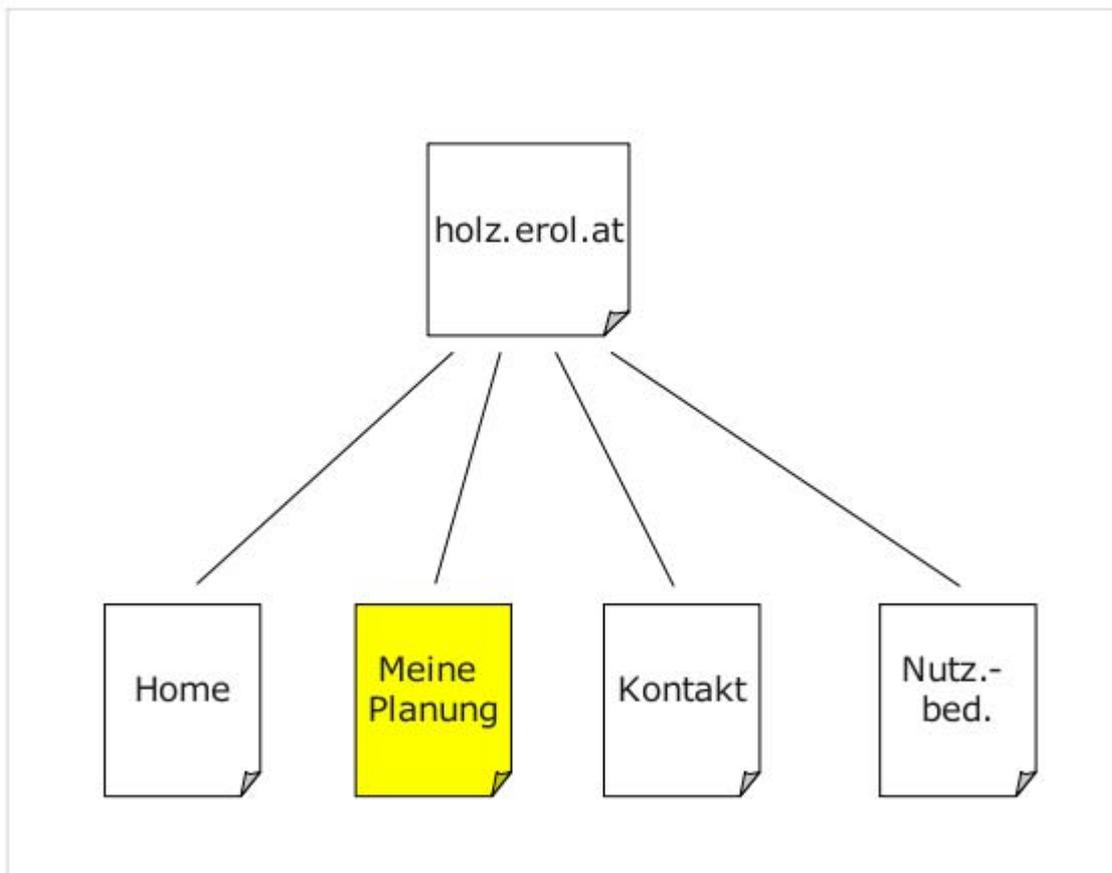


Abbildung 75 Navigationsstruktur

Home

Unter Home befindet sich eine generelle Information über den Nutzen und die Handhabung des angebotenen Service.

Kontakt/Impressum

Dieser Punkt beinhaltet Kontaktinformationen der Projektpartner. Im Falle von Fragen sollen zu den verschiedenen Themen Ansprechpartner auf verschiedenen Wegen erreichbar sein.

Nutzungsbedingungen

Diese Seite beschreibt die Rahmenbedingungen der Nutzung dieses Service. Insbesondere wird darauf hingewiesen welchen rechtlichen und technischen Einschränkungen das Service unterliegt.

Meine Planung

Es wurde eine schrittweise Navigation festgelegt. Ähnlich einem Assistenten, wird der Benutzer durch die einzelnen Planungsschritte geführt. Dabei werden zu jedem Planungsschritt Bilder und Texte angezeigt. Im letzten Schritt werden der gesamte Planungsweg, die ausgewählten Details und Bauteile, die Ergebnisse der Berechnung einzelner Bauteile angezeigt. Der aktuelle Planungsstand ist in jedem Planungsschritt (siehe Abbildung 76 Bildschirmkopie – Planungsfortschritt) ersichtlich. Es kann jederzeit von einem Planungsschritt zurückgesprungen werden. Ein iteratives Planen ist damit gewährleistet.

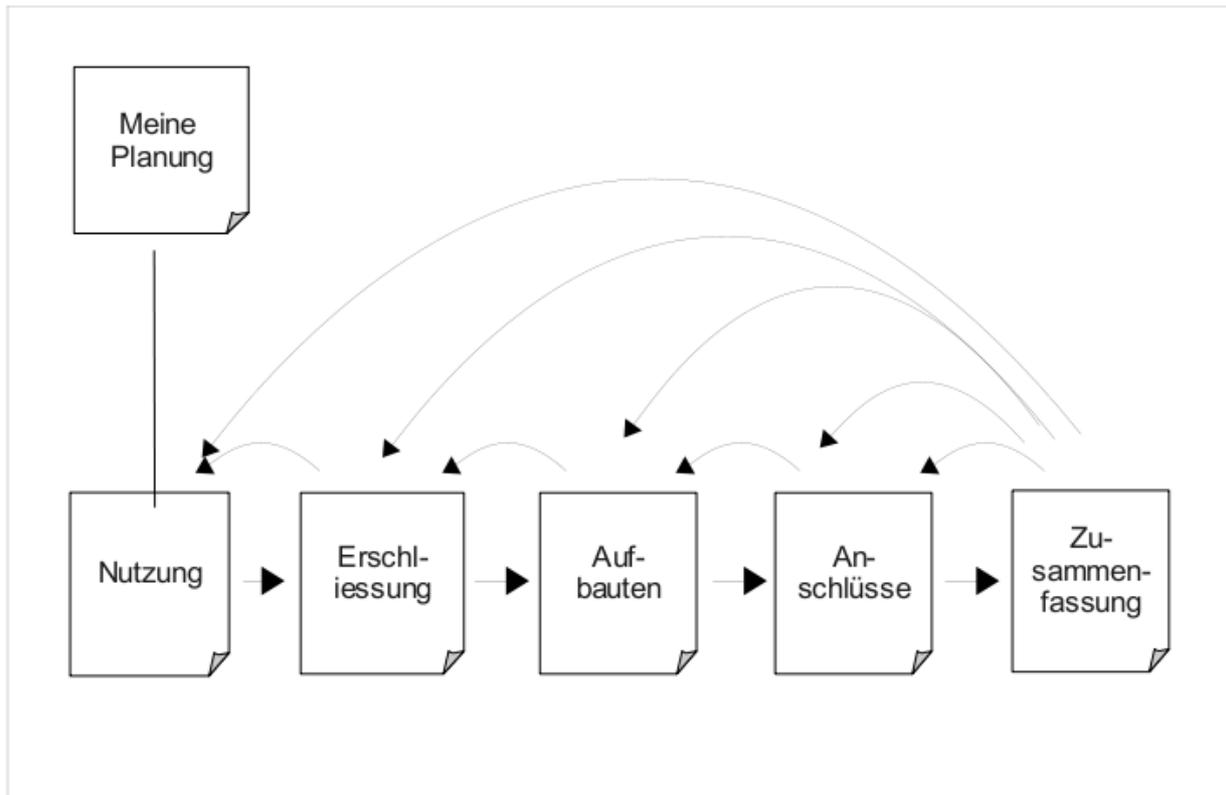


Abbildung 76 Planungsschritte

Nutzung

Hier ist das grundsätzliche Ziel der Planung festzulegen. Abhängig von der Nutzungsart „Wohnbau“ oder „Bürobau“ werden im nächsten Schritt die Erschließungstypen angeboten. (Siehe Anhang, Abbildung: Bildschirmskopie – Auswahl Nutzungsart)

Ein wesentlicher Parameter für die Planung und vor allem für die Bemessung ist die Seehöhe bzw. die Schneelastzone. Die möglichen Werte für die Eingabe sind mit ÖNORM B 1991-1-3 konform. (siehe Kap. 2.11.2. Bemessungstool – Statische Grundlagen und Eingangsdaten)

Erschließungstyp

Je nach ausgewählter Nutzungsart werden verschiedene Erschließungstypen angeboten. Die Erschließungstypen stellen häufige bzw. standardisierte Grundrisstypologien dar und können je nach Anwendungsszenario ausgewählt werden. Entsprechende Informationstexte sind unter den jeweiligen symbolischen Bildern angezeigt und erleichtern die Auswahl.

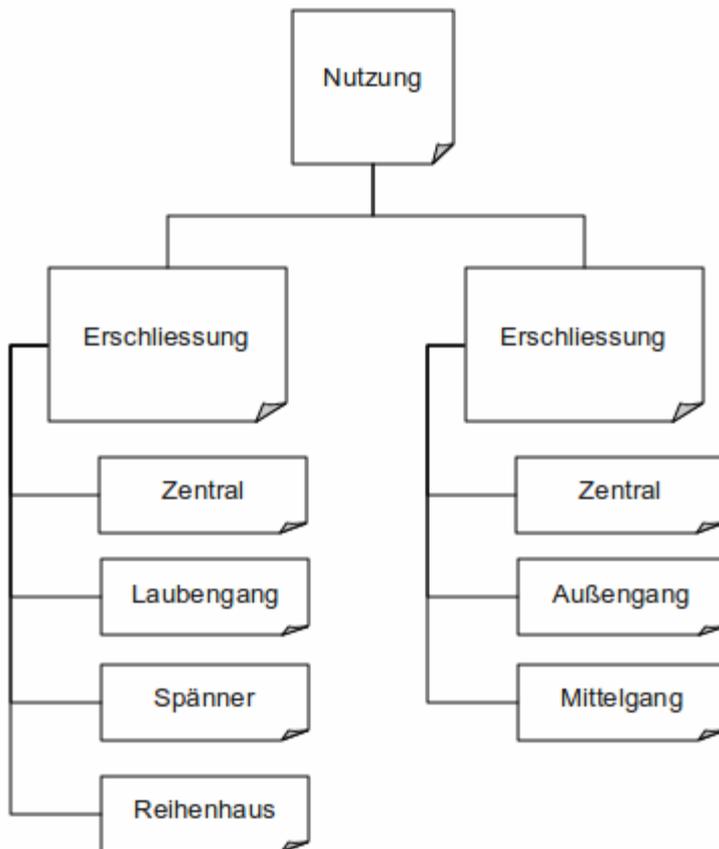


Abbildung 77 Navigationsstruktur Nutzung - Erschließung

Aufbauten

Die Aufbauten repräsentieren, die Bauelemente des Gebäudes, die sich aus der Auswahl des Erschließungstyps ergeben (Wände, Dach, Decken). In der Grundrissübersicht können in einem ersten Schritt die Bauelementgruppen ausgewählt werden. Dies führt dann zur automatisierten Markierung und Auswahl der verschiedenen Bauelementtypen in der darunter liegenden Übersicht.



Abbildung 78 Beispiel Aufbau

Die darunter liegende Übersicht zeigt symbolische Grafiken zu den einzelnen Bauelementtypen. Diese ermöglicht dem Planer eine schnelle Orientierung. Für eine detailgenaue Information können PDF-Dateien abgerufen werden und das integrierte Berechnungswerkzeug zur Vordimensionierung verwendet werden. Grundsätzlich wird für jeden Bauteiltyp eine Standardvariante und eine ökologische Variante angeboten. Dieses Prinzip wird auch in der Vordimensionierung angewendet. Die Berechnung der ökologischen Werte und Schallschutzwerte wird jeweils in einer Standardvariante und einer optimierten Variante durchgeführt (siehe Abbildung). Berechnungen zu einem Bauelement können in einer Liste am Ende der Hauptseite gespeichert (gemerkt) werden. Dadurch kann auf einmal erfolgte Berechnungen zurückgegriffen werden.

DA.02-2 Flachdach; Terrasse X

Vereinfachte Vorbemessung für Einfeldträger aus Brettsper Holzplatten mit Gleichlast!

Spannweite [m]:

mit eigenen Daten prüfen, Anz. Schichten: Dicke [mm]:

minimale Dicke rechnen

ökologische Variante 😊

Empfohlene Mindest-Dimensionen:

Schichten	Dicke	l_{erf}	W_{erf}	η	$OI3_{kon}$	U
3	87	3.823,23	878,90	0,00	196,00	0,10
5	90	3.844,32	854,29	0,00	197,00	0,10

Abbildung 79 Beispiel Rechner

Die Anschlüsse werden als PDF-Datei angezeigt, weil damit eine einfache Möglichkeit zur Aktualisierung aus einem CAD-Programm gegeben ist.

Anschlüsse

Im nächsten Schritt können Anschlussdetails ausgewählt werden. Die Anschlussdetails können im Schnitt des gewählten Erschließungstyps mittels interaktiver Grafik ausgewählt werden. Dies führt zur Markierung der entsprechenden Details in darunter liegender Liste. Die Liste zeigt eine Miniaturvorschau und eine kurze textuelle Information. Über einen Link kann dann ein Detail als PDF-Datei angezeigt werden. Mittels Klick kann ein Detail ausgewählt werden. Die Anschlüsse werden als PDF-Datei angezeigt, weil damit eine einfache Möglichkeit zur Aktualisierung aus einem CAD-Programm (z.B. AutoCAD) gegeben ist.

Zusammenfassung

In der Zusammenfassung wird der Planungsweg noch einmal übersichtlich dargestellt. Zu den einzelnen ausgewählten Bauteilelementen und Anschlüssen werden Download-Links angeboten. Die Berechnungen können ebenfalls noch einmal abgerufen werden.

2.20.3. Softwarearchitektur

Die gewählte Basisarchitektur besteht aus einem Apache Webserver mit integriertem PHP-Prozessor für die Anwendungsentwicklung auf der Basis von Webstandards. Eine Datenbank dient zur Speicherung der ökologischen Kennwerte und Wärmeschutzwerte. Darüberhinaus bildet die Datenbank die Basis für das Redaktionssystem. Die PDF-Dateien und Grafiken werden auf Filesystemebene gespeichert und sind mittels FTP einfach zugänglich.

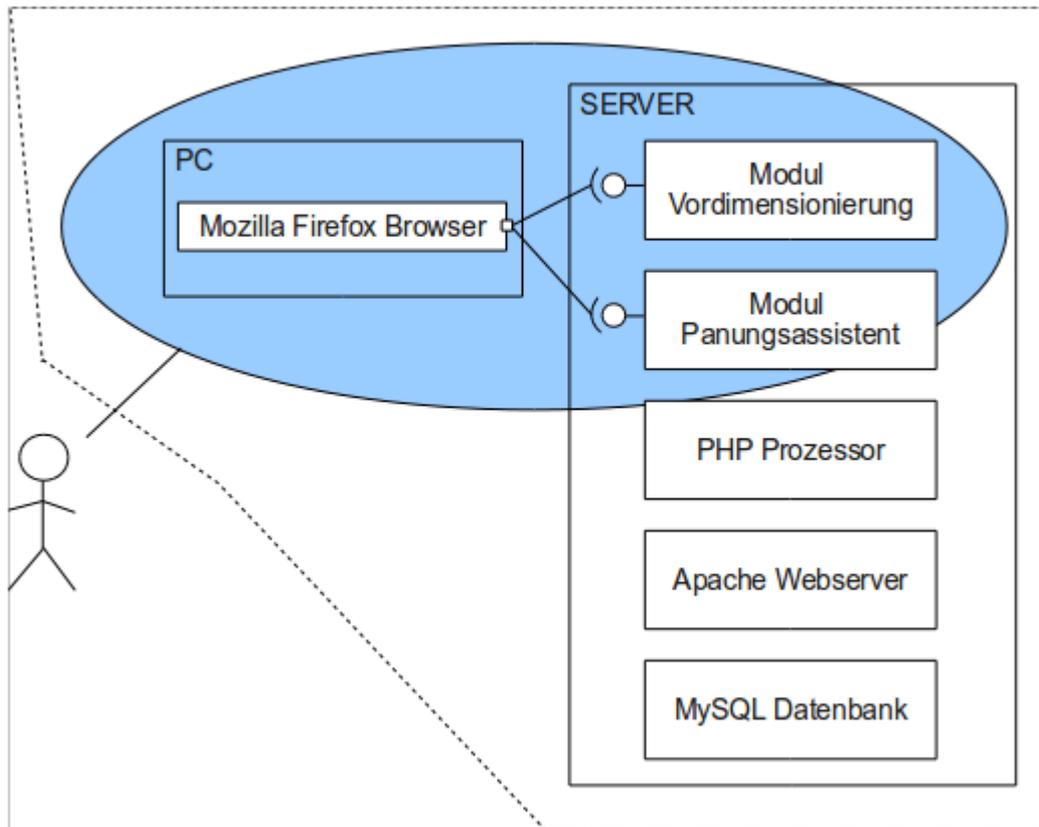


Abbildung 81 Architektur in Form eines vereinfachten UML Use-case / Komponentenstrukturdiagramms

In dieser Beschreibung wurde bewusst auf eine Darstellung des Redaktionssystems verzichtet. Dies ist eine Standardsoftware und bereits ausführlich dokumentiert. In weiterer Folge soll nur auf die Zusatzentwicklungen eingegangen werden.

Das Modul Vordimensionierung ist in der Klasse „element“ und „element_calc“ gekapselt. Diese repräsentiert den Bauteil mit seinen Attributen und den Methoden, die zur Berechnung der einzelnen Kennwerte für die Vordimensionierung dienen (siehe Abbildung).

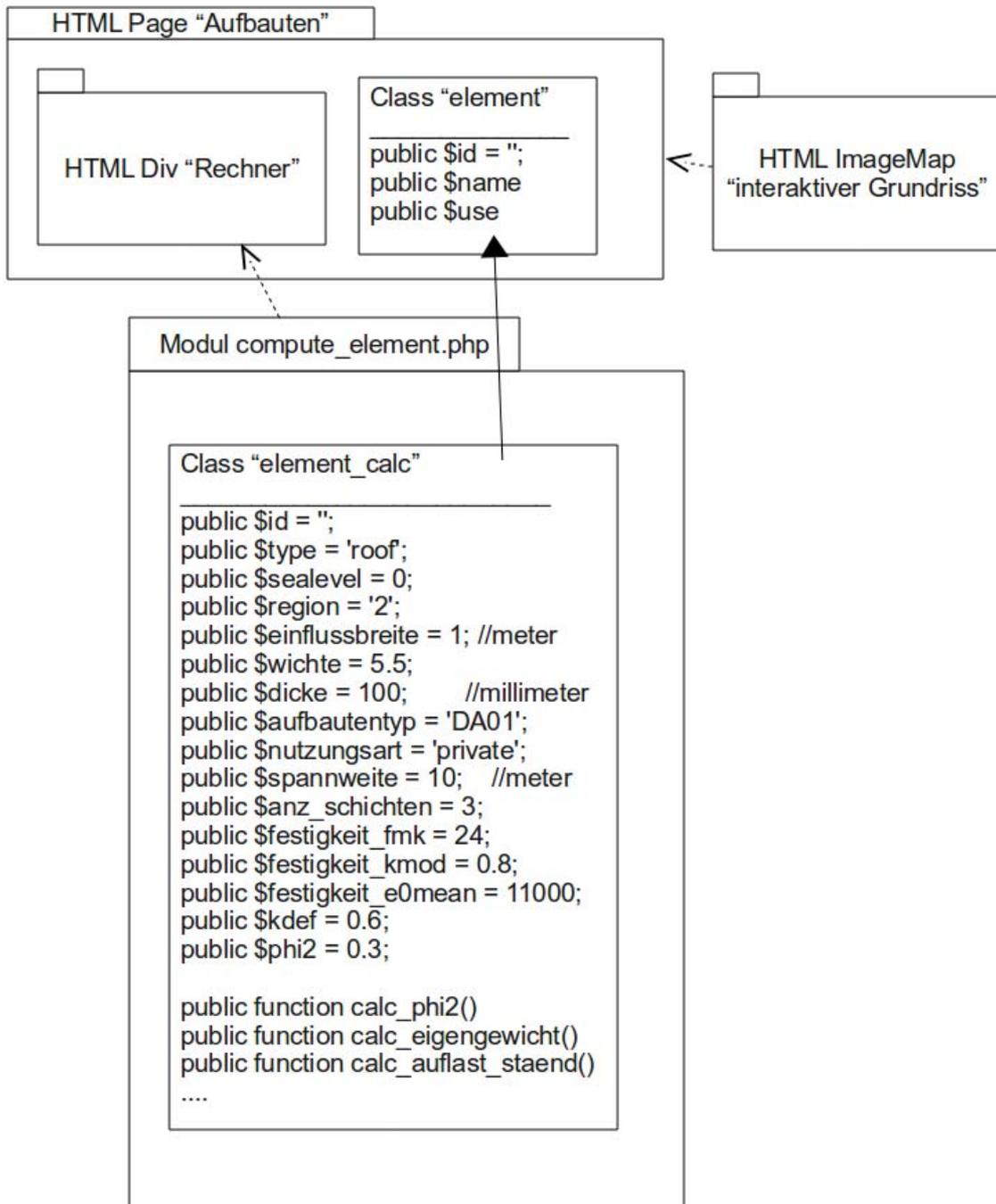


Abbildung 82 UML Paket/Klassendiagramm für Bauteilrechner, die Methoden wurden aus Darstellungsgründen nicht vollständig aufgeführt, vereinfachte Darstellung

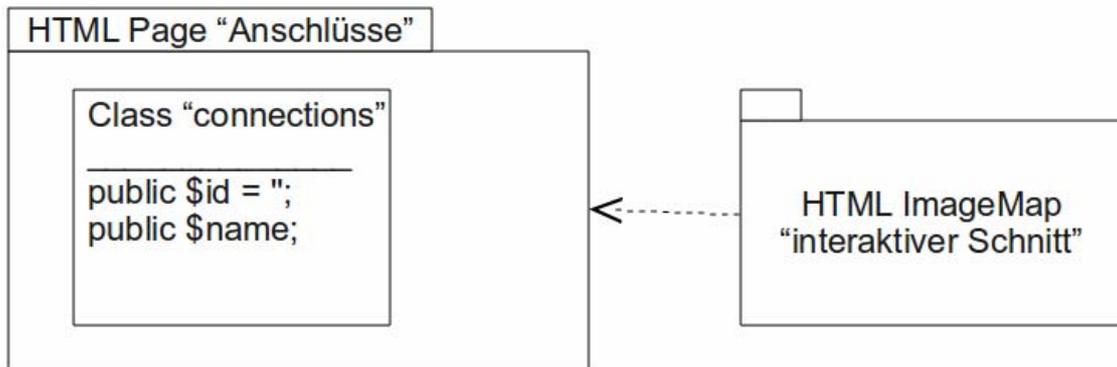


Abbildung 83 UML Paket/Klassendiagramm für Anschlüsse, vereinfacht Darstellung

2.20.4. Usability

Auf die Erfordernisse wurde einerseits durch einen assistentenbasierten Ansatz eingegangen – der Benutzer soll durch den Planungsprozess anhand von Informationen, interaktiver Auswahl und Bilder geleitet werden. Weiters kann der Planungsprozess immer wieder verworfen und neu gestartet werden, das ermöglicht einen wiederholbaren und iterativen Prozess in der Planung. Die Möglichkeit des Downloads der Kerninformationen als Datei können Daten dauerhaft auf Seiten des Benutzers gespeichert werden und wieder verwendet werden. Besonders die druckgerechte Aufbereitung der Detailzeichnungen in Form einer PDF Datei ist für den praxisnahen Planer wichtig, um diese Details auch für Besprechungen mit Bauherren und Lieferanten als Gesprächsunterlage zur Verfügung zu haben. Die Benutzertauglichkeit wurde abschließend mit einem Fragebogen evaluiert. Ergebnisse siehe Anhang.

2.21. Konsolidierung

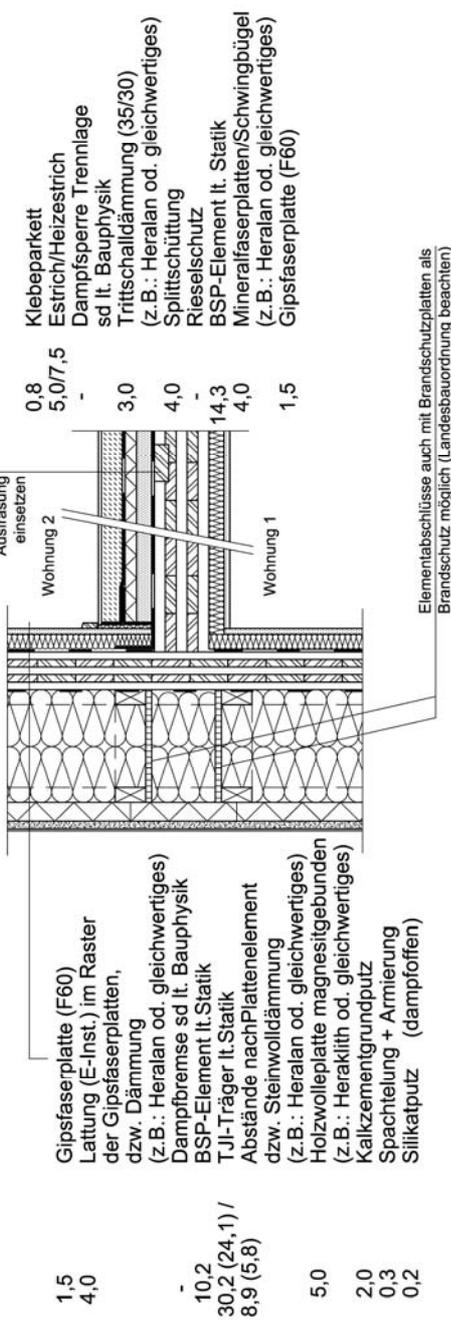
2.21.1. Überprüfung der Aufbauten und Anschlüsse auf die Praxistauglichkeit

Die Praxistauglichkeit der erarbeiteten Aufbauten und Details wurde in einem Gespräch mit Herrn Saurer, Projektleiter und Forschungsbeauftragter der Firma Kulmer-Bau, festgestellt. Ein Diskussionspunkt im Bereich der Wand- und Deckenanschlüsse wird im Folgenden näher erläutert.

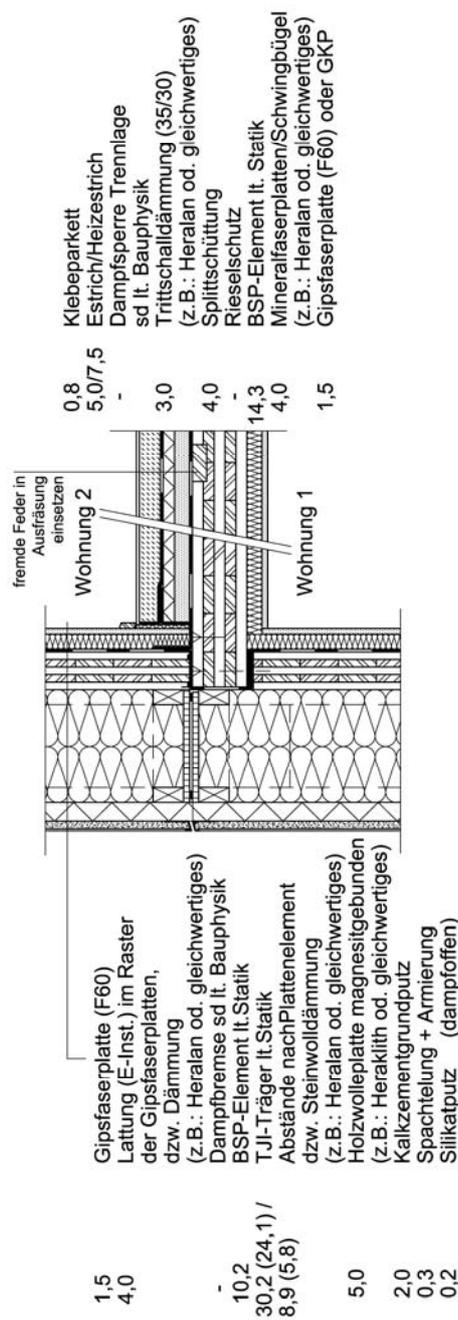
In der Ausführungspraxis wird bei Wand und Deckenanschlüssen vorrangig das System analog des Platform-framings im Holzrahmenbau verwendet. Die Wandelemente sind dadurch nur geschoßhoch und somit einfacher zu transportieren. Nachteile ergeben sich allerdings durch die Unterbrechung der Dichtungsebene und die durch die getrennten Wandelemente auftretenden Setzungsrisse im Putz, bedingt durch das Schwinden des Querholzes der massiven Holzdecke, welche durch Putzleisten ausgeglichen werden müssen. Auf die Ausbildung von Schwellen wird grundsätzlich aufgrund der dadurch einfacheren Ausführung verzichtet. Um Toleranzen dennoch aufnehmen zu können wird ein Nivellement auf der Stahlbetonrohdecke ausgeführt.

DETAIL ANSCHLUSS AUSSENWAND / GESCHOSSTRENDECKE EG - GEGENÜBERSTELLUNG

AUSSENWAND DURCHGEHEND



AUSSENWAND GESCHOSSWEISE



- PUTZ
- HOLZSCHALUNG / HIRNHOLZ
 - OSB-PLATTE / SPANPLATTE
 - GIPSFASER- / GIPSKARTONPLATTE
 - SPLITTSCHÜTTUNG
 - DÄMPLATTEN (DWD, HOLZFASER)
 - MINERalfaserDÄMMUNG
 - XPS
 - ESTRICH
 - BETON
 - STAHLBETON
 - ROLLIERUNG

M 1:20



2.21.2. Überprüfung der Berechnungsmethode

Für die Evaluierung der Berechnungsmethode wurde zum Vergleich der *CLTdesigner der holz.bau forschungs gmbh* herangezogen.

Verglichen wird die prozentuelle Ausnutzung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Bemessungsprogramme bei Variation der Plattenstärke, der Auflast oder der Spannweite.

Eine detaillierte Dokumentation dieser Überprüfung ist im Anhang (Kap. 5.5.) zu finden.

2.21.3. Evaluierung der Softwarelösung

Evaluierungen bezüglich der Nutzerfreundlichkeit und der Richtigkeit der Daten wurden laufend von den Projektpartnern bürointern durchgeführt und in die Software eingearbeitet. Die Protokolle dazu befinden sich im Anhang.

Extern wurde die Homepage durch Herrn Saurer, Projektleiter und Forschungsbeauftragter der Firma Kulmer Bau, getestet. Die Verbesserungsvorschläge werden im Folgenden angeführt.

Einführungstext

Die Grundannahmen für die Berechnungen und grundlegende Informationen über das Forschungsprojekt und das Passivhaus sollten in einem kurzen Text für die Startseite der Homepage zusammengestellt werden.

Herstellerneutralität

Grundsätzlich sollen die Aufbauten herstellerneutral gehalten werden.

Angabe des U-Werts

Für den Laien ist eine ungefähre Angabe der U-Werte als Richtwert erforderlich.

Angabe des zu erreichenden Brandschutzes

Eine ungefähre Angabe des zu erreichenden Brandschutzes für die einzelnen Aufbauten wäre für die Nutzer vorteilhaft.

Hervorhebung des Rechners

Der Rechner ist noch immer zu wenig stark hervorgehoben und wird vom Nutzer übersehen. Eine Möglichkeit wäre diesen in der oberen Zeile mit dem Arbeitsfortschritt einzubeziehen.

Zoomfunktion für Aufbauten und Anschlüsse

Zur besseren Darstellung der Aufbauten und Anschlüsse ohne das pdf-Detailblatt öffnen zu müssen, wäre eine Zoomfunktion sinnvoll.

Datenausgabe

Bei der abschließenden Seite mit der Datenausgabe wären beide Möglichkeiten zum einen der gesammelte Download aller pdfs in einem Schritt als auch die Möglichkeit wahlweise einzelne Aufbauten und Detaillösungen auszuwählen wünschenswert.

Diese Hinweise wurden von den Projektpartnern diskutiert und die Software dahingehend verbessert.

3. ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

3.1. Softwaretechnische Schlussfolgerungen

Die Entwicklung des Planungsinformationssystems ist grundsätzlich von den anwendungsspezifischen Erfordernissen bestimmt. Die Komplexität des gegenständlichen Vorhabens und die im Allgemeinen geringen Erfahrungen in diesem Bereich haben gezeigt, dass ein agiler Softwareentwicklungsprozess im Gegensatz zu gängigen linearen Wasserfallmodellen geeignet erscheint. In diesem Sinne wurde schon sehr früh mit der Softwarekonzeption begonnen. Einerseits wurde dadurch die frühe Beteiligung der Projektpartner und Wissensträger im Planungsprozess ermöglicht und andererseits können Fehlentwicklungen rechtzeitig abgefangen werden. Im weiteren Projektverlauf wird dieses Prinzip weiter beibehalten. Die Beteiligung der Softwareentwickler in der Ausarbeitung der bautechnischen Grundlagen und umgekehrt die Beteiligung der Planungsexperten im Softwareentwicklungsprozess wird als Schlüsselfaktor für den erfolgreichen Verlauf dieses Projektes gesehen.

Im Sinne des gewählten agilen Softwareentwicklungsprozesses wurde eine laufende Einbeziehung der beteiligten Partner in Form von regelmäßigen Besprechungen durchgeführt. Die frühe Entwicklung eines Prototyps hat den Vorteil gebracht, dass bereits früh zielgerichtet die erforderlichen Daten, Kennwerte, Details in ein entsprechendes Datenformat transformiert wurden.

3.2 Planerisch-gestalterische Schlussfolgerungen

Wohnbau

Grundsätzlich wurde in diesem Forschungsbericht eine Unterteilung der Wohnbautypologien anhand der Erschließungsart getroffen. Einige wichtige Punkte zu den jeweiligen Typen sind im Folgenden noch einmal kurz zusammengefasst.

Bei einem mehrgeschossigen Wohnhaus mit zentralem Erschließungskern erweist sich aufgrund der hohen Aussteifungskräfte ein massiver Kern als vorteilhaft. Auch in Bezug auf den Schallschutz ist diese Ausführung günstig. Die Lage der Sanitärbereiche am Gang und somit ihre Integration in den massiven Kern gewährleisten eine direkte Ablesbarkeit der Geräte von außen, so wie dies vielfach von Bauträgern gefordert wird. Weiters bringt dies, im Vergleich zu dezentral gelegenen Sanitärbereichen, Vorteile im Bezug auf den Schallschutz. Bei Maisonetten-Wohnungen erweist sich diese Schallschutzproblematik als unwesentlicher, da zwischen den zwei Maisonettengeschoßen keine Wohnungstrenndecke nötig ist. In der Grundrissgestaltung bietet sich bei zentraler Lage des Sanitärbereichs jedoch die Möglichkeit einer freieren Gestaltung.

Grundsätzlich erweist sich ein zentraler Erschließungskern als kostengünstig, da die Erschließungsfläche klein gehalten werden kann und alle Wohneinheiten durch nur ein Stiegenhaus erschlossen werden können. Hierbei ist allerdings die Belichtung des Erschließungstrakts, eventuell durch ein Oberlicht, zu bedenken.

Zudem weist ein zentral erschlossener Baukörper ein gutes Volumen-Oberflächenverhältnis auf. Alle Seiten sind gleichwertig, daher ist ein großes Augenmerk auf die Orientierung zu legen. Bei günstiger Ausrichtung gibt es praktisch keine reinen Nord-Wohnungen.

Im Gegensatz dazu weisen Laubengang, Spänner und Reihenhäuser meist eine eindeutige Orientierung, häufig Süd-Nord, auf.

Wenn die thermische Hülle außen durchgehend ausgeführt wird, müssen beim Spänner die Stiegenhaustrennwände nur im Bezug auf den Schallschutz optimiert werden und können so geringere Dämmstärke aufweisen.

Der Laubengangtyp erfordert aus Schall-, Wärme- und Brandschutzgründen vor die Fassade gestellte Erschließungs- und Balkonkonstruktionen. Schließen diese ohne größeren Abstand direkt an das Wohngebäude an, erweist sich die Anordnung von Aufenthaltsräumen an dieser Seite aufgrund der Einsichtigkeit als schwierig. Eine Möglichkeit besteht in der Absetzung der Erschließungskonstruktion von der Fassade und den Anschluss der Wohnungen durch Brücken. Die Kosten betreffend ist dieser Typ etwas teurer als die kompakteren Formen.

Bürobau

Die Orientierung der Aufenthalts-/Büroräume unterscheidet sich, aufgrund der geforderten Blendfreiheit der Arbeitsplätze, vom südorientierten Wohnbau. Zudem sind interne Wärmequellen (Computerarbeitsplätze) zu berücksichtigen. Höhere Fußbodenaufbauten durch die Leitungsführung sind ebenfalls gefordert, der Schallschutz ist in der Planung zu bedenken.

Der Bürobau wurde ebenfalls anhand der Erschließung nach zentralem Erschließungstyp, Mittelgang- und Außengang unterteilt.

Beim Mittelgangtyp können Probleme mit der Belichtung der langen, schmalen Erschließungsflächen auftreten. Eine Auflockerung durch offene Besprechungsbereiche, Treffpunkte der Mitarbeiter und/oder Pausenräume ist gefordert.

Die Orientierung kann grundsätzlich einseitig mit den Nebenräumen auf der einen und den Büroräumen auf der anderen Seite erfolgen, oder es werden zwei gleichwertige Seiten entwickelt.

Massivholzbau vs. Holzrahmenbau

Die Massivholzbauweise fordert im Vergleich zum Holzrahmenbau eine größere Bauteilstärke, wodurch auch eine tiefere Leibung bedingt wird. Dies sollte bei der Lage der Fenster berücksichtigt werden, da die Wirkung der Fassade durch tiefer im Bauteil liegende Fenster wesentlich beeinflusst wird.

Holzverschalung vs. Putzfassade

Wird die Fassadenverkleidung als Holzverschalung ausgeführt, stellt die nötige geschoßweise Brandabschottung ein wesentliches Gestaltungsmerkmal dar. Bei der Gestaltung einer Putzfassade ist, bei einem Anschluss analog des Platform-framings, eine Putzleiste je Geschoß anzubringen. Zu Bedenken ist hierbei die horizontal Schattenwirkung der Elemente (Tiefe der Elemente).

Bei einer Holzverschalung als Fassadenverkleidung kann ein vom kleinsten Brett ausgehendes Höhenmodul, das auf das gesamte Gebäude Bezug nimmt, entwickelt werden. Die Möglichkeit zur Hinterlüftung erweist sich zudem als günstig für die Sommertauglichkeit.

Bei der Verkleidung mit Platten (z.B. Faserzement) kann ebenfalls modulartig gearbeitet werden und die Fassade anhand der Plattenausrichtung horizontal oder vertikal gegliedert werden.

In Bereichen bei denen der Brandüberschlag horizontal verhindert werden soll, so auch bei Dachvorsprüngen, werden zementgebundene Spannplatten verwendet.

Mit Werkstoffplatten und schmalen Fugen kann ein flächiges, glattes Erscheinungsbild erreicht werden.

Die Putzfassade weist grundsätzlich ein sehr flächiges Erscheinungsbild auf, wird aber durch bewusstes Setzen der geschoßweise nötigen Dehnungsfugenprofile gestaltet. Dadurch wird auch die Vorfertigung sichtbar.

Bei solargewinnoptimierten Fassaden (einer Ausrichtung nach Süden) ist eine unverputzte, aufgelöste Südfassade mit großen Fensteröffnungen und im Norden, Osten und Westen eine verputzte Lochfassade gängig.

3.3. Schlussfolgerungen die Konstruktion betreffend

Dem – im Vergleich zu anderen – „neuen“ Baustoff Brettsperrholz werden aufgrund seiner hervorragenden statischen sowie bauphysikalischen Eigenschaften gute Chancen für die Zukunft eingeräumt. Allein bei genauerer Betrachtung und bei Vergleich der Brettsperrholzprodukte marktführender Hersteller wird klar, dass in manchen Punkten ein Entwicklungsbedarf besteht, um die Attraktivität der Anwendung von Brettsperrholzplatten zu erhöhen. Um den, durch die Produktvielfalt, sowie durch die aufwändige Bemessung bedingten Planungsaufwand zu vermindern wäre eine weitgehende Standardisierung des Produktes (Analogie Brettschichtholz) wünschenswert.

- Standardisierung des Aufbaus (Elemente mit gleichen Platten- und Lamellenstärken)
- Standardisierung der Oberflächenqualitäten (nicht Sicht-, Industrie-, Sichtqualität)
- Standardisierung der mechanischen und bauphysikalischen Eigenschaften
- Standardisierung der Herstellung (Norm, Überwachung)
- Standardisierung der Bemessung
- Standardisierung der Ausschreibung (LB-H)

Im Zuge dieses Forschungsprojektes wurde ein erster Schritt in diese Richtung gemacht werden. Unter Anwendung der „Theorie des nachgiebig verbundenen Biegeträgers“, sowie unter der Annahme eines gleichschichtigen Brettsperrholz-Querschnitts, ist es möglich eine standardisierte und produktunabhängige Vorbemessung für Einfeldträger aus Brettsperrholz mit annähernder Streckengleichlast durchzuführen. Das vorgelegte Bemessungsschema fließt als Berechnungswerkzeug in die Software ein und wird dem Anwender auf der im Zuge des Forschungsprojekts erstellten Homepage als „Rechner“ zur Verfügung gestellt. Andererseits wurden standardisierte Bemessungsdiagrammen ausgearbeitet, welche ebenfalls einer ersten Vorbemessung dienen könnten.

3.4. Bauphysikalische und bauökologische Schlussfolgerungen

Aus der Sicht des Schallschutzes ist nach der Entscheidung für einen Grundrisstyp ein hohes Maß an Sorgfalt sowohl an die Ausführung Primärkonstruktion als auch an die Qualität der Details zu legen. Die Ausführung des Stiegenhauses in Stahlbetonbauweise und die Anordnung der Sanitärbereiche (und der maßgeblichen Schächte) in diesem Bereich erleichtert wesentlich die Erfüllung und zum Teil deutliche Überbietung der Anforderungen gemäß ÖNORM B 8115-2.

Aus der Sicht des Feuchteschutzes sind für den Holzmassivbau im regulären Betrieb vor allem direkt an das Außenklima angekoppelte Bereiche (Balkone, Laubengang) als auch der gesamte Sockelbereich (Aufsteigende Feuchte, etc.) von besonderer Bedeutung. Sensibel ist die Bauphase, da dem Feuchteschutz hier ein besonderes Augenmerk geschenkt werden muss. Besondere Lösungen sind auch im Bereich von Sanitärinstallationen sinnvoll, wobei hier vor allem auf Lösungen abgestellt werden muss, die ein schnelles Bemerkten und Orten von Leckagen ermöglicht.

Aus der Sicht des Wärmeschutzes bietet die Ausführung in Holzmassivbauweise tendenziell Vorteile, da Holz eine vergleichsweise niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzt. Bezüglich Schutz vor Überhitzung ist zwar die hohe spezifische Wärmekapazität von Holz von Vorteil (Wärmekapazität pro kg Holz), von Nachteil ist allerdings in diesem Fall die niedrige Wärmeleitfähigkeit, die eine Ausnutzung der Speicherkapazität der gesamten Holzmassiv-Schicht im Tag/Nachtzyklus meist nicht ermöglicht.

Aus der Sicht der Ökologie wird empfohlen:

- Holz aus nachhaltig genutzten und regionalen Wäldern zu verwenden (Zertifikat!),
- Tropenhölzer nur zu verwenden, wenn ihre nachhaltige Gewinnung durch ein FSC- oder gleichwertiges Zertifikat nachgewiesen ist,
- natürlich getrocknete Hölzer bevorzugt zu verwenden,
- Massivholzplatten mit mechanischen Verbindungen oder emissionsarme verleimte Produkte bevorzugt zu verwenden,
- Beschichtung nur wenn notwendig zu verwenden und dann diffusionsoffene Beschichtung zu wählen,
- den Einsatz von Holzschutzmittel zu vermeiden, indem für die spezifischen Anforderungen geeignete Holzarten gewählt werden, das Holz fachgerecht gelagert, getrocknet und konstruktiv geschützt wird und bauphysikalische Vorkehrungen getroffen werden, die eine Schädigung des Holzes durch Feuchtigkeit und Schädlinge verhindern,
- falls ein chemischer Holzschutz notwendig ist, ausschließlich Mittel zu verwenden, die im österreichischen Holzschutzmittelverzeichnis enthalten sind, bzw. Präparate, deren gesundheitliche Unbedenklichkeit außer Frage steht. CKF-Salze oder Holzschutzmittel mit Inhaltsstoffen wie Permethrin sind wegen der gesundheitlichen Risiken möglichst zu ersetzen.

Umweltzeichen wie z.B. natureplus berücksichtigen die o.g. Punkte und zeichnen ausschließlich jene Produkte aus, die die jeweiligen Anforderungen erfüllen.

3.5. Marktvision und Ausblick

Durch die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse auf einer Homepage ist eine Aktualisierung bzw. Erweiterung der Aufbauten und Anschlüsse einfach möglich. Klein- und Mittelbetriebe, die im Wettbewerb oft nicht mit den großen Anbietern mithalten können, sollen gestärkt werden. Da die Erstellung von Kostenvoranschlägen für diese Betriebe einen sehr großen Aufwand bedeutet und somit einen Wettbewerbsnachteil darstellt, war es ein Ziel des Forschungsprojektes diesen Arbeitsschritt zu vereinfachen. Durch das in die Software implementierte Berechnungsprogramm mit einer statischen Vordimensionierung für die Deckenelemente und die Aufbauten und Detaillösungen wird eine Grundlage geschaffen auf der sehr einfach Kostenvoranschläge erstellt werden können.

Durch die Zusammenführung der Bereiche der Statik, der Bauphysik, der Ökologie und der baulichen Ausführung können Planer, die bis jetzt vom hohen Planungsaufwand im Passivhaus- und Holzbau abgeschreckt waren, erreicht werden. Durch die Bereitstellung von Aufbauten und Detaillösungen mit bauphysikalischen und ökologischen Bewertungen und die statische Vordimensionierung können diese für den Holzbau gewonnen werden. Dies führt zu einer besseren Durchdringung des Marktes und so zu einer besseren Auftragslage im Holzbau und bietet Chancen für die Klein- und Mittelbetriebe da sie auf Sonderwünsche der Planer flexibler eingehen können.

Durch die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse auf einer Homepage ist eine Aktualisierung bzw. Erweiterung der Aufbauten und Anschlüsse einfach möglich. Die Webplattform könnte in einem weiteren Projekt für Hersteller von Massivholzelementen geöffnet werden. Das heißt, die einzelnen Informationen zu den Massivholzelementen könnten durch Herstellerinformationen ergänzt werden bzw. von Herstellern direkt gewartet werden. Dies bedarf eines zusätzlichen Moduls, das speziell für die Bedürfnisse der Hersteller ausgelegt ist.

4. VERZEICHNISSE

4.1. Literaturverzeichnis

ABC Disposal 2009: Assessment of Buildings and Constructions (ABC) – Disposal Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung, H. Mötzl, C. Pladerer et al., Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 12/2009

Ambrozy, Heinz Geza; Giertlová, Zuzana 2005: Planungshandbuch Holzwerkstoffe – Technologie – Konstruktion – Anwendung, Wien: Springer-Verlag

Ambrozy, Heinz Geza; Lange, Kai 2007: Kriterienkatalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise, Wien: Projektbericht im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft", Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften
Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Augustin, M. u.a. (2009): BSPHandbuch, Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz, Graz

Arens, T. 2004: Methodische Auswahl von CRM-Software: Ein Referenzvorgehensmodell. In: Göttinger-Wirtschaftsinformatik Band 46, Cuvillier Verlag Göttingen

Becker, K.; Blaß, H. J. 2006: Ingenieurholzbau nach DIN 1052, Einführung mit Beispielen, Berlin

BINE 1999: Bewertung der Energie- und Stoffströme im Planungsprozess von Gebäuden. In: BINE Projektinfo 10/99

Blaß, H. J.; Fellmoser, P. 2003: Bemessung von Mehrschichtplatten, In: Bauen mit Holz 105, Köln

Blaß, H. J.; Görlacher, R. 2003: Bemessung im Holzbau, Brettsperrholz – Berechnungsgrundlagen, In: Holzbaukalender 2003, Karlsruhe

BTK 2008: Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen / Details for Passive-Houses. IBO (Hrsg): Gefördert durch „Haus der Zukunft“. Springer, Wien 2008

Bundesabfallwirtschaftsplan 2006: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

CML 2001: Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, A.; Suh, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Raw Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: An operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.

Ecoinvent 2004: Frischknecht, R., Niels Jungbluth, (Editors), ESU-services ; Uster; Hans-Jörg Althaus; Gabor Doka; Roberto Dones; Roland Hischier; Stefanie Hellweg; Sébastien Hunbert; Manuele Margni; Thomas Nemecek; Michael Spielmann.: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, Data v1.1, Dübendorf, May 2004

Frischknecht, Rolf; Jungbluth, Niels (Editors): Overview and Methodology. Data v2.0. Althaus, Hans-Doka, Jörg 2007: Jörg; Doka, Gabor; Dones, Roberto; Heck, Thomas; Hellweg, Stefanie; Hischier, Roland; Nemecek, Thomas; Rebitzer, Gerald; Spielmann, Michael; Wernet, Gregor. ecoinvent report No. 1. Dübendorf, December 2007

Guttman, Eva 2005: Getrennte Wege, Zuschnitt 18 - Juni 2005; Wien: ProHolz Austria

Guttman, Eva 2005: Schallschutz bei Wohnungstrennwänden Holzbausystemen, Zuschnitt 18 - Juni 2005 (S.22ff.); Wien: ProHolz Austria

Heimeshoff, B. 1987: Zur Berechnung von Biegeträgern aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen im Ingenieurholzbau. In: Holz als Roh- und werkstoff 45

Hollinsky, Karlheinz 1998: Mehrgeschossiger Wohnbau in Holzbauweise (S.51 ff.), Wien: ProHolz Holzinformation Österreich

IBO-Österreichisches Institut für Baubiologie und –Ökologie 2008: Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen, Wien: Springer-Verlag

IBO-Österreichisches Institut für Baubiologie und –Ökologie 2009: Methode für die Ökobilanzierung von Produkten für den Hoch- und Innenausbau“. Wien, 18.07.2007

Jöbstl, R. A. 2007: „Praxisgerechte Bemessung von Brettsperrholz“, In: Ingenieurholzbau, Karlsruher Tage 2007, Tagungsband, Köln,

Kottjé, Johannes 2004: Reihenhäuser, Doppelhäuser, München: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH

Krapmeier, Helmut; Drössler, Eckart 2001: Cepheus - Wohnkomfort ohne Heizung, Wien: Springer-Verlag

Kreuzinger, H. 1999: Platten, Scheiben und Schalen, In: Bauen mit Holz 1/99

Leeb, Franziska 2008: Nachhaltig wohnen, Zuschnitt 30 – Juni 2008; Wien: ProHolz Austria

Meingast, Roland 2005: Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf, Wien: Projektbericht im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft", Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Moosbrugger, Th. 2007: Holzbau 2, Studienblätter für Holzbau 2 – Teil 2: „Flächentragwerke im Ingenieurholzbau, TU Graz

Nachhaltig Massiv AP 3 2009: Wissenschaftliche Grundlagen für die Weiterentwicklung des Massivbaus und TQB unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte – AP 3 - Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen, IBO, 22.10.2009

Nachhaltig Massiv AP 6 2009: Wissenschaftliche Grundlagen für die Weiterentwicklung des Massivbaus und TQB unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte – AP 6 - OI3-Erweiterungen: Bilanzgrenzen, Kennzahlen und Nutzungsdauer, IBO, 30.09.2009

Nextroom Architekturdatenbank – <http://www.nextroom.at>

Schelling, W. 1987: Zur Berechnung von Biegeträgern aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen im Ingenieurholzbau. In: Holz als Roh- und werkstoff 45

Schickhofer, Gerhard 2001: Werkstoffportraits - Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperrholz; aus http://www.proholz.at/forschung_technik/portraits03.htm, Zugriff am 03.12.2008

Stahlknecht und Hasenkamp 2005: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Springer Verlag Berlin Heidelberg

Tagungsband „Holz_Haus_Tage 2009 - Fachtagung für innovatibve Holzhausbauer“, 8.-9. Oktober 2009, Holz Forschung Austria

Wallner, M. 2008: „Bemessung Holzbau nach Eurocodes“, Ein Leitfaden für Praktiker, Graz

Zschokke, Walter 2008: Nachgebohrt - Brettsperrholz aus Sicht der Planer, aus <http://www.proholz.at/zuschnitt/31/brettsperrholz-planer.htm>, Zugriff am 19.01.2009
<http://www.proholz.at/zuschnitt/31/brettsperrholz-produktportrait.htm>, Zugriff am 03.12.2008
http://www.proholz.at/forschung_dechnik/portraits03.htm, Zugriff am 03.12.2008

<http://www.blaha.co.at>

<http://bene.com>

<http://www.svoboda.at>

Normen

enBR:2007: eruocodenahe Bemessungsrichtlinie (2007), Graz

Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

ÖNORM B 1990-1: Grundlagen der Tragwerksplanung - Teil 1: Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1990 Anhang A1:2003

ÖNORM B 1991-1-1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-1 und nationale Ergänzungen

ÖNORM B 1991-1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelast, Nationale Festlegung zur ÖNORM EN 1991-1-3, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen

ÖNORM B 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, Nationale Festlegung, nationale Erläuterung und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN 1995-1-1

ÖNORM EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung

ÖNORM EN 1991-1-1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau

ÖNORM EN 1991-1-3: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten

ÖNORM EN 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

4.2. Adressverzeichnis

Projektleitung: **Atelier Ambrozy – DI Heinz Geza Ambrozy**
Architekt & Zivilingenieur für Hochbau
Schönburgstraße 7/15
1040 Wien
T+F 01/5058850
atelier@ambrozy.at
www.ambrozy.at

LUGGIN-ZT für Bauwesen DI Wilhelm Luggin
Graf Starhemberg-Gasse 43
A-1040 Wien
T: +43 (1) 504 53 33
F: +43 (1) 504 53 37
zt-wien@luggin.at

IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie
Alserbachstraße 5/8
A-1090 Wien
T: +43 (1) 319 20 05-0
F: +43 (1) 319 20 05-50
ibo@ibo.at

DI Selim Erol, EDV
T 01/313364441
T 0664/5274095
selim.erol@erol.at

Kulmer Holz-Leimbau GmbH
Hart 65
A-8212 Pischelsdorf
www.kulmerbau.at
T 03113/33880

4.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Brettstapeldeckenelemente	15
Abbildung 2 Brettsperrholzelemente,	16
Abbildung 3 Ökonomisches Bauen mit großflächigen Brettsperrholzelementen	18
Abbildung 4 Wohnhausanlage Wernersdorf, tragende Konstruktion aus Brettsperrholz	23
Abbildung 5 Bemessungsdiagramm zur Vorbemessung eines „KLH“-Einfeldträgers	40
Abbildung 6 Bemessungsdiagramm zur Vorbemessung eines „KLH“-Einfeldträgers	40
Abbildung 7 Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „CLT“-Einfeldträgers	41
Abbildung 8 Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „BBS“-Einfeldträgers	42
Abbildung 9 Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „MDH“-Einfeldträgers	43
Abbildung 10 Screenshot CLT-Bemessungsprogramm	44
Abbildung 11 Screenshot CLT-Bemessungsprogramm	45
Abbildung 12 Bemessungstabelle zur Vorbemessung eines „CLT“-Einfeldträgers	47
Abbildung 13 Querschnitt einer Dreischichtplatte (li.) und einer Fünfschichtplatte (re.)	49
Abbildung 14 Statisches System Deckenelement (li.) u Dachelement (re.)	51
Abbildung 15 Modifikationsbeiwerte lt. ÖNORM EN 1995-1-1	53
Abbildung 16 Auszug aus der ÖNORM B 1991-1-3, Anhang B	60
Abbildung 17 Bemessungsdiagramm zur Ermittlung des erforderlichen effektiven Trägheitsmomentes I_{eff} für einen Einfeldträger aus	61
Abbildung 18 Bemessungsdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Höhe eines Einfeldträgers aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken	62
Abbildung 19 Bemessungsdiagramm zur Ermittlung der erforderlichen Höhe eines Einfeldträgers aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken	62
Abbildung 20 Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ der Fa. WallnerMild. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.	64
Abbildung 21 Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „Bemessung Holzbau EN (bEN)“ der Fa. WallnerMild. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.	65
Abbildung 22 Screenshot des Softwaretools „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh	66
Abbildung 23 Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 3-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.	67
Abbildung 24 Vergleich des entwickelten Bemessungsprogrammes mit dem Programm „CLTdesigner“ der holz.bau forschungs gmbh. Ausgewiesen wird die erforderliche Höhe in Abhängigkeit von der Stützweite der tragenden Brettsperrholzplatte einer Decke; unter Annahme eines Einfeldträgers mit Gleichlast aus 5-schichtigem Brettsperrholz mit gleichen Schichtstärken.	67
Abbildung 25 Planungsphasen nach HOAI mit Hervorhebung	76
Abbildung 26 Beispielhafte Informationsstruktur Holmassiv-Passivhaus (eine detaillierte Ausarbeitung findet sich in Kapitel 2.20.)	77
Abbildung 27 Planungsprozess Holmassiv-Passivhaus (Datenflussdiagramm)	77
Abbildung 28 Dietrich / Untertrifaller, Mühlweg Bauplatz C	81
Abbildung 29 Gerhard Zweier, Wolfurt	82
Abbildung 30 Heinz Geza Ambrozy, Wettbewerb Modulares Sonnenhaus	84
Abbildung 31 Hermann Kaufmann, Schlichting	85
Abbildung 32 Heinz Geza Ambrozy, Wettbewerb Lassee	86
Abbildung 33 Johannes Kaufmann, Falkenweg	87
Abbildung 34 Hubert Rieß, Judenburg	88

Abbildung 35 Hohensinn Architektur, Kindberg	89
Abbildung 36 Fink & Thurnher, Egg	90
Abbildung 37 Erich Millbacher & Franz Gschwantner, Wirtschaftszentrum NÖ	91
Abbildung 38 Reinhard Drexel , Steuerberatungskanzlei Röthis	92
Abbildung 39 Hermann Kaufmann, Headquarter „Die Drei“	93
Abbildung 40 Raimund Dickinger, ID Werkstatt	94
Abbildung 41 Johannes Kaufmann, Gemeindehaus Raggal	95
Abbildung 42 Erwin Kaltenegger, Oststeiermarkhaus	96
Abbildung 43 Reinberg, Firma Natur&Lehm, Tattendorf	97
Abbildung 44 Hermann Kaufmann, Interpark Focus Firma Jura	98
Abbildung 45 Hubert Rieß, Impulszentrum Graz West	99
Abbildung 46 Einzelbüro	102
Abbildung 47 Chefbüro	103
Abbildung 48 2er Büro	103
Abbildung 49 Großraumbüro	104
Abbildung 50 Besprechungszimmer	104
Abbildung 51 Zentrale Erschließung mit zentralen	105
Abbildung 52 Zentrale Erschließung mit dezentralen	106
Abbildung 53 Laubengang mir innen liegendem	106
Abbildung 54 Laubengang mir außen liegendem	107
Abbildung 55 Reihenhaus mit innen liegendem	107
Abbildung 56 Reihenhaus mit außen liegendem	107
Abbildung 57 Reihenhaus mit außen liegendem	108
Abbildung 58 Spänner mit dezentralen Sanitärbereichen, Spannrichtung längs	108
Abbildung 59 Spänner mit zentralen Sanitärbereichen, Spannrichtung quer	108
Abbildung 60 Zentrale Erschließung mit dezentralem	109
Abbildung 61 Zentrale Erschließung mit innen liegendem	109
Abbildung 62 Zentrale Erschließung mit außen liegendem	110
Abbildung 63 Mittelgangerschließung Spannrichtung längs	110
Abbildung 64 Mittelgangerschließung Spannrichtung quer	111
Abbildung 65 Mittelgangerschließung Spannrichtung quer,	111
Abbildung 66 Außengangerschließung, Spannrichtung längs	111
Abbildung 67 Außengangerschließung, Spannrichtung quer	111
Abbildung 68 Beispiel-Aufbautenblatt	126
Abbildung 69 Hubert Rieß, Judenburg, Grundriss	129
Abbildung 70 Hubert Rieß, Judenburg, Schemaschnitt	129
Abbildung 71 Übersicht der Anschlüsse im Schnitt	134
Abbildung 72 Beispiel-Detailblatt	135
Abbildung 73 Übersicht der Anschlüsse im Grundriss	136
Abbildung 74 Kopfzeile der Homepage	136
Abbildung 75 Navigationsstruktur	137
Abbildung 76 Planungsschritte	138
Abbildung 77 Navigationsstruktur Nutzung - Erschließung	139
Abbildung 78 Beispiel Aufbau	139
Abbildung 79 Beispiel Rechner	140
Abbildung 80 UML Datenfluss Vordimensionierung	141
Abbildung 81 Architektur in Form eines vereinfachten UML Use-case / Komponentenstrukturdiagramms	142
Abbildung 82 UML Paket/Klassendiagramm für Bauteilrechner, die Methoden wurden aus Darstellungsgründen nicht vollständig aufgeführt, vereinfachte Darstellung	143
Abbildung 83 UML Paket/Klassendiagramm für Anschlüsse, vereinfacht Darstellung	144

5. ANHANG

5.1. Bauphysikalische und -ökologische Daten der Massivholzplattenhersteller

5.2. Aufbauten

5.3. Anschlüsse

5.4. Beispielablauf der Software

5.5. Evaluierungsprotokolle

5.6. Handbuch der Homepage

6. UNTERSCHRIFT

Ich bestätige, dass der Bericht vollinhaltlich durch die Partner des Projektes akzeptiert wurde.

Datum

Unterschrift und Stampiglie des Antragstellers (Koordinators)