DI Jürgen P. Wirnsberger

über holz

monoholz

Einstofflichkeit im Holzbau

Universität für künstlerische und industrielle Gestaltung –
Kunstuniversität Linz

Institut für Raum und Design
überholz - Universtätslehrgang für Holzbaukultur

monoholz

Einstofflichkeit im Holzbau

DI Jürgen Philipp Wirnsberger

Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science (MSc) Culture Timber Architecture“

Betreut von Arch DI Helmut Dietrich

Unterschrift des Betreuers

Linz 2013

inhalt

vorwort 4

1.0 monolithisch konstruieren 8
1.1 Warum? 9
1.2 Entwicklung monolithischer Massivbaukonstruktionen ab 2000 9
1.3 Vor- und Nachteile monolithischer Konstruktionen 12
1.4 Problematik der U-Wert Berechnung bei monolithischen Konstruktionen 14
1.5 monolithische Konstruktionen im Vergleich 14

2.0 monolithisch bauen in holz 18
2.1 Vorteile monolithischer Holzkonstruktionen 19
2.1.1 Auswirkung von Massivholz auf Innenraum und Mensch 21
a) Wohlbefinden und Raumluft 21
b) Haptik 22
c) Akustik 22
2.1.2 Positive bauphysikalische Eigenschaften von Holz 22
a) Wärmespeicherung 22
b) Feuchteausgleich 22
2.1 Blockbau - traditonelle Form des monolithischen Bauens in Holz 23
2.1.3 Der Blockbau und seine Entwicklung 24
a) von der Kammer zum fließenden Raum 24
b) von der 16 zur 35 cm Blockwand 30
2.1.4 Blockbau - eine Bauform für das 21. Jahrhundert? 32
2.1.5 lernen vom Blockbau 33
2.2 industrieller Holzmassivbau
Möglichkeiten zeitgemäßer monolithischer Konstruktionen 33
2.2.1 Entwicklung vom Stab zur Platte - 2. große Phase des Holzmassivbaus 34
2.2.2 massive Holzplattenerzeugnisse für Wand und Decke 35
a) Brettsperrholz 36
b) Brettstapelholz 38
c) kreuzweise gedübelt - Holz100 40
d) kreuzweise genagelt - MHM Massiv-Holz-Mauer 42
e) mehrschichtig stehender Block - Soligno 44

3.0 fallstudie anhand eines bürohauses 46
3.1 Rahmenbedingungen 46
3.2 Definition 46
3.3 räumliches Konzept 50
3.4 konstruktives Konzept 54
3.5 brandschutztechnisches Konzept 56
3.6 Detail- und Materialkonzept 58
3.7 Vergleich monolithischer Holzmassivbau versus Passivhaus 62
3.7.1 Betrachtungsebenen 62
3.7.2 Datengrundlagen und Einschränkungen 62
3.7.3 Ergebnisse Energieauweis monolithisches Holzgebäude 63
3.7.4 ökologischer Vergleich monolithisches Holzgebäude mit Passivhaus 64
3.7.5 Zusammenfassung 67

4.0 ausblick 68

5.0 anhang 72
Interview mit DI Dr. Karl Torghele 73
Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013, Kurzbericht
erstellt von Ressourcen Management Agentur GmbH 78
eidesstattliche erklärung 112
abbildungsverzeichnis 114
literaturverzeichnis 118

vorwort

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Qualitäten und Herausforderungen monolithischer Holzkonstruktionen.
Ausgehend von der Fazination für den traditionellen Blockbau, bei dem massives Holz sämtliche bautechnische Anforderungen wie Konstruktion, Raumbildung, Witterungsschutz und Dämmung übernimmt, geht die Arbeit der Frage nach, ob diese „reinste“ Bauform eine geeignete für das 21. Jahrhundert ist, und in welchem Maß sich deren Qualitäten mit neuen industriell gefertigten Produkten erreichen lassen. Es geht in erster Linie um Alternativen zu den heute üblichen und vor allem im Holzbau immer komplexer gewordenen Aufbauten und um die Verwendung von massiven, im Innenraum sichtbaren Holzkonstruktionen, einschließlich ihrer positiven Eigenschaften auf die Raumatmosphäre.

„There is a special feel to living in a room of solid joined beams, a room that is not simply clad in wood but made of wood through and through [...] and there is that special atmosphere of intimacy and warmth in a room made out of solid wood.“[1]

1 Zumthor: Body of Wood, Zumthor - Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.10

Abb.1, fließender Innenraum Wohnhaus Annalisa, Architekt Zumthor

1.0 monolithisch konstruieren

1.1 Warum?

Monolithisch zu konstruieren war eine Jahrhunderte alte Tradition. Beginnt man sich heute mit monolithischen Konstruktionen zu beschäftigen, führt der Weg unweigerlich zur vernakulären Architketur. Ausgehend von den vor Ort vorhanden Materialien und der überlieferten Handwerkskunst entwickelten sich unterschiedlichste Bauweisen, meist als einschichtige Aufbauten bzw. Konstruktionen. Rurale Bauten, analog in Europa, Asien oder dem arabischen Raum, fazinieren einerseits durch ihre Reinheit in Materialwahl und Konstruktion, und andererseits durch den Umgang mit der vorgefunden Landschaft, in die ein Haus, ein Dorf oder eine Stadt implementiert wurde. Die Qualität dieser Bauten wird nicht nur durch ihre lange Lebensdauer und Akzeptanz, sondern vor allem durch die Möglichkeit des sehr einfachen nachträglichen Hinzufügens und Wegnehmens bewiesen.
Monolithische Gebäude vermitteln eine Robustheit, die den Witterungseinflüssen augenscheinlich standhalten. Die Konstruktion ist nicht Mittel zum Zweck - wie beim Großteil der heutigen Bautätigkeit - sie bestimmt außen wie innen den Charakter des Gebäudes. Beispielhaft für diese Art des Denkens und Bauens war die „Beton-brut-Bewegung“ der 50iger und 60iger Jahre des 20. Jahrhunderts. Diese, sehr stark von der Konstruktion und der Materialität geprägten Gebäude haben auch nach über einem halben Jahrhundert ihre Strahlkraft nicht verloren. Sie sind vielmehr durch den Einsatz haltbarer und unbehandelter Materialien in Würde gealtert und haben auf diese Weise ihr Erscheinungsbild gestärkt.
Vor allem alte, leerstehende und heute ungenutze Industriegebäude bieten uns durch ihre reine Konstruktionsweise und ihren sorgsamen Materialeinsatz die Möglichkeit weiterzudenken. Dies ist eine Fähigkeit, die der Großteil der heutigen Gebäude nicht besitzt. Ganz im Gegenteil es muss davon ausgegangen werden, dass die heute üblichen mehrschichtigen Aufbauten in Zukunft große Probleme bei Aufspaltung und Entsorgung bereiten werden.

1.2 Entwicklung monolithischer Massivbaukonstruktionen ab 2000

Heute sind wir in einer Zeit angelangt, in der auf Grund der Ansprüche unserer Gesellschaft und der geltenden Vorschriften und Normen eine Bewältigung von Bauaufgaben mit monolithischen Konstruktionen fast nicht mehr möglich erscheint.
Umso erfreulicher ist es, dass es immer wieder Versuche gibt, sich den üblichen komplexen Systemen zu entziehen. Eine überblickbare Gegenbewegung, die als Alternative einfachere Wege bei gleichbleibender Qualität sucht. Einfachheit bedeutet jedoch keinesfalls Verzicht, vielmehr erfordert es umfassende Materialkenntnis und das Know-how unserer hochentwickelten Gesellschaft. Die Entwicklungen der letzten Jahre reichen von einfachen monolithischen Stampflehmwänden über monolithische Betonwände, auch Dämmbeton genannt, bis hin zu industriell hochentwickelten Ziegelwänden. Alles sehr

unterschiedliche Herangehensweisen, um am Ende zu einer monolithischen Bauweise zu gelangen. Bedient sich die Stampflehmbauweise hauptsächlich alter, vergessener Bautraditionen so ist z.B. der Dämmbeton ein Beispiel von hochentwickeltem Know-how, wo auf Gramm genau Rezepturen gemischt und getestet werden um den bauphysikalischen Anforderungen zu entsprechen.

Abb.2+3, 50 cm Dämmbeton, Haus Meuli in Graubünden, 2001, Bearth & Deplazes Architekten

Abb.3, 45 cm Stampflehmwand, Lehmhaus Rauch in Vorarlberg, 2008, Architekt Boltshauser

Abb.4, 64 cm verzahntes Ziegelmauerwerk

Wandkonstruktionen, die aus mehreren Schichten, aber durch und durch aus einem Material bestehen, werden in der vorliegenden Arbeit gleichermaßen zu den monolithischen Konstruktionen gezählt. Diese Konstruktionsarten, bei denen aus mehreren Elementen ein großes Ganzes geschaffen wird, finden sich hauptsächlich im Mauerwerksbau.

Abb.5, 64 cm Ziegelmauerwerk, Mittelpunktbibliothek Köpenick in Berlin, 2008, Bruno Fioretti Marques Architekten

Das Vorarlberger Architekturbüro Baumschlager & Eberle, das für seine energieeffizienten Gebäude bekannt ist, geht mit dem 2013 eröffneten eigenen Bürogebäude in Lustenau ebenfalls neue Wege im Mauerwerksbau.
Das Bürohaus besteht aus 75 cm dicken monolithischen Ziegelwänden, die in zwei Schichten mit unterschiedlicher Dichte (die Äußere mit Dämmwirkung und die Innere mit Speicher- und Tragwirkung) verzahnt vermauert werden. Darüberhinaus wurde das Gebäude mit Raumhöhen von 3,40 Metern konzipiert, ähnlich den Gründerzeithäusern. Die Höhe der Räume bringt mehr Tageslichteintrag und vergrößert die Kubatur pro Person, die dicken, massiven Wände erzeugen ein konstantes Raumklima und benötigen keine zusätzlichen Verschattungsvorrichtungen an der Fassade. Gelüftet wird über schmale Lüftungsflügel, die per Hand oder mit CO2 Senoren (einzige techinsche Anlage) geöffnet werden können.[2]

2 vgl. Aicher: in einem Gespräch mit Dietmar Eberle, Ich will selbst über das Verhältnis zu meiner Umgebung bestimmen, Bauwelt, 2012 #27-28, 103. Jahrgang, Berlin, S.7ff

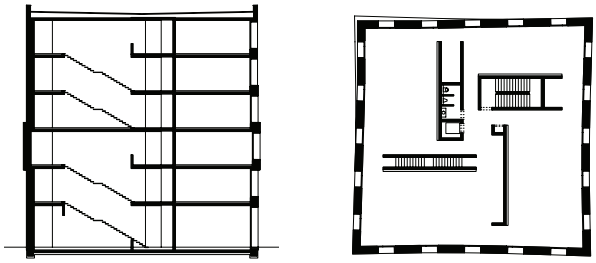


Abb.6, Schnitt und Grundriss Bürohaus Lustenau

Abb.7, 75 cm Ziegelmauerwerk, Bürohaus in Vorarlberg, 2013, Baumschlager & Eberle Architekten

Es wird interessant zu beobachten sein, ob dieser „Versuchsbau“ von Dietmar Eberle den versprochenen Aufenthaltskomfort tatsächlich erreichen wird, und inwiefern die doch sehr dicken Wände den Ansprüchen des modernen Alltags gerecht werden.

1.3 Vor- und Nachteile monolithischer Konstruktionen

Die positiven Aspekte monolithischer Konstruktionen sind in einer ersten Betrachtung vor allem bautechnischer Natur. Die Schadensanalyse ist meist

ähnlich einfach, wie die Konstruktion selbst. Auch ein späteres Entfernen oder Hinzufügen ist ohne gröbere Umbauarbeiten möglich - es sind keine Schichtdurchdringungen zu beachten und keine komplizierten Schichtweiterführungen (Folienebenen) zu bewältigen. Einschichtige Konstruktionen sind „leichter“ herstellbar, vermeiden unnötige Fehlerquellen durch ihre Einstofflichkeit, und schaffen ein ausgwogenes Raumklima ohne überdimensionierter technischer Ertüchtigung. Weiters besitzen monolithische Aufbauten auch eine emotionale Ebene. Sie vermitteln Robustheit und haben die Fähigkeit sowohl Konstruktion als auch Raumabschluss, Oberfläche und Fassade zu sein. Das eingesetzte Material, ob Holz, Lehm oder Beton ist wieder unmittelbar den Umwelteinflüssen ausgesetzt und hinterlässt demnach auch Gebrauchs- und Lebensspuren.

Die Nachteile monolithischer Aufbauten sind einerseits meist dickere Konstruktionen bei gleichen U-Werten und damit einhergehend weniger verwertbare Nutzfläche bei gleichen Grundstücksausnutzungen. Dies kann vor allem in beengten Grundstücksverhältnissen ein Nachteil sein. Weiters führen monolithische Konstruktionen zu einem sehr hohen Ressourcenverbrauch. Dieser Nachteil kann aber auch positiv gesehen werden, da diese Bauweisen weitgehend auf Erdöl basierende Folien- und Dämmprodukte verzichten und die Wertschöpfung in der Region (Kieswerk, Lehmgrube oder Sägewerk und Bauer) bleibt. Außerdem wird vom ausführenden Handwerker bereits im Rohbau präzise Arbeit gefordert. Eine handwerkliche Qualität, die auf Grund der heute üblichen, mehrschichtigen Bauweisen praktisch am Aussterben ist. Nachträgliches „kaschieren“ von Fehlern ist hier kaum mehr möglich. Dieser Umstand kann jedoch als Chance gesehen werden, dass das Handwerk wieder einen höheren Stellenwert erlangt.

Vorteile:

- unkomplizierter in der Ausführung
- weniger Fehlerquellen in Planung und Ausführung
- einfacheres Hinzufügen und Wegnehmen von Gebäudeteilen
- raumklimaregulierend (je nach Materialeigenschaft)
- robust gegen äußere Witterungseinflüsse
- Tragkonstruktion als raumprägendes Charakteristikum
- Stärkung der Handwerkskunst

Nachteile:

- meist dickere Wände bei gleichen U-Werten
- geringere Ausnutzung der bebaubaren Fläche
  vor allem bei beengten Platzverhältnissen
- unsachgemäße Ausführung mit direktem Einfluss auf die Tragkonstruktion
  (Gefahr der Standsicherheit eines Gebäudes)
- höherer Ressourcenverbrauch
- heute unüblich, daher meist teurer

1.4 Problematik der U-Wert Berechnung bei monolithischen Konstruktionen

Die derzeit anerkannte und praktizierte U-Wert Berechnung mittels einer statischen Betrachtungsweise führt zu einer Benachteiligung monolithischer Konstruktionen. Prinzipiell gilt bei der Ermittlung der U-Werte: je geringer die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes, desto höher seine Wärmedämmwirkung.
Parameter wie Feuchtigkeitsverhalten, Wärmespeichervermögen, Rohdichte und Temperaturleitzahl spielen hingegen keine Rolle bei der U-Wert Berechnung. Dabei wäre gerade bei monolithischen Konstruktionen eine dynamische Betrachtung, die alle Parameter miteinbezieht, sinnvoll.[3]
Ein monolithisches System kann von den oben angeführten Parametern natürlich viel stärker und auf direktem Wege beeinflusst werden als ein mehrschichtiger Aufbau, der durch Schichtentrennung einen physikalischen Transport, jeglicher Art, sofort unterbindet. Unter den Experten gibt es jedoch Uneinigkeit über die Sinnhaftigkeit dynamischer Berechnungen solcher Konstruktionen.
Dr. Karl Torghele etwa spricht von einer vernachlässigbaren Größe der tatsächlichen Gewinne. Der Wärmestrom wird zwar durch die direkte Besonnung einer monolithischen Wand verringert, kann jedoch nur einen Bruchteil der Energie einsparen, die im gleichen Zeitraum über einen Quadratmeter Fensterfläche an solaren Gewinnen in den Raum gelangt.[4]
Wie deutlich jedoch Theorie und Praxis voneinander entfernt sind, zeigt das Forschungsergebnis der ETH Zürich, vom Institut für Baustoffe. Bei der dynamischen Betrachtung kommt es gegenüber der statischen Berechnung zu einer Reduktion des U-Wertes von ca. 27%.[5]
Eine endgültige Aussage zur Problematik der U-Wert Berechnung und insbesondere der dynamischen Betrachtung kann hier nicht geliefert werden. Weder die Erfahrungswerte noch die derzeitigen Berechnungsmethoden führen zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Wenn sich jedoch in Zukunft die Ergebnisse des Forschungsprojektes der ETH Zürich bestätigen, wäre ein Nährboden für eine Rückbesinnung auf monolithische Konstruktionen gegeben. Eine Chance um mit unserem hochentwickelten Know-how nach Lösungen und Berechnugnsmethoden zur dynamischen Gebäudesimulation zu forschen.

1.5 monolithische Konstruktionen im Vergleich

Im folgenden Vergleich werden ausschließlich Baustoffe, mit denen monolithisch Bauen sinnvoll erscheint, untersucht, wie Beton, Ziegel, Lehm und Holz. Die erste Gegenüberstellung zeigt die jeweils notwendige Konstruktionsstärke bei einem U-Wert von 0,35 W/m²K. Dies entspricht der Mindestanforderung an Außenwandaufbauten laut der derzeit geltenden OIB-Richtlinie 6. Die zweite Gegenüberstellung entspricht einem U-Wert von 0,20 W/m²K, der Obergrenze für Niedrigenergiehausstandard.

3 vgl. Barth: Wieviel U-Wert braucht der Mensch, o.J., o.O., S.1
4 vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
5 vgl. Niemz und Joscak: Vergleichende Untersuchungen zum optimierten Wärmeschutz in unterschiedlichen Holzbausystemen, Forzschungsprojekt Nr. 2-71114-07, ETH Zürich Institut für Baustoffe, 2008, Zürich, S.15

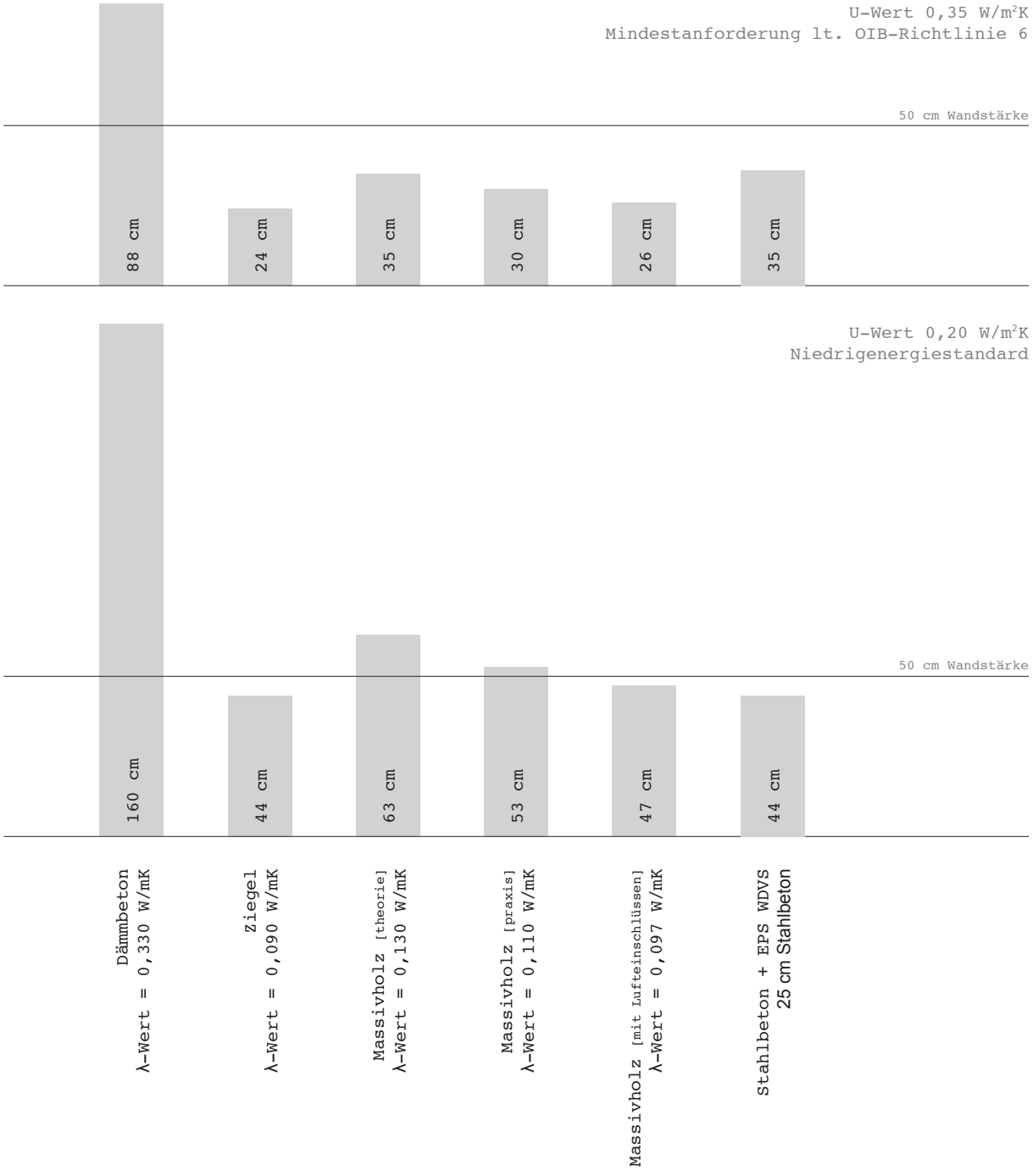


Abb.8, Vergleich Wandstärken monolithischer Bauweisen, statische U-Wert Berechnung

Bei den U-Wert Berechnungen wurde die statische Betrachtungsweise herangezogen. Wie aus dem Vergleich ersichtlich, können vor allem monolithische Ziegel- und Holzkonstruktionen mit den heute üblichen Stahlbetonkonstruktionen mit EPS Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) verglichen werden. Je stärker jedoch der Anspruch an U-Werten unter 0,2 W/m2K ist, desto stärker fallen die positiven Eigenschaften der Dämmstoffe ins Gewicht. Der übermäßige Einsatz von Dämmstoffen muss jedoch immer unter Berücksichtigung der aktuellen Bautätigkeit begutachtet werden. Der Großteil der in den letzten Jahren errichteten Gebäude beinhalten auf Erdöl basierende Dämmstoffassaden, die hinsichtlich der grauen Energiebelastung negativ abschneiden.
Wie unter 1.4 beschrieben kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei einer dynamischen Betrachtungsweise monolithische Bauweisen gegenüber mehrschichtigen Aufbauten eine höhere Leistungsfähigkeit erbringen. Somit würde sich der Unterschied in den Aufbaustärken nochmals verringern und die monolithischen Bauweisen konkurenzfähiger machen.

> Abb.9, Dörfliche Verdichtung monolithischer Holzbauten, Wallis

„Für den Menschen ist Holz das vertrauteste aller Materialien. Er liebt es, damit umzugehen, mag es unter seinen Händen fühlen, es schmeichelt seiner Berührung und seinen Augen. Überall auf der Welt finden die Menschen Holz schön.“[6]

2.0 monolithisch bauen in holz

6 Wright: Die Bedeutung der Materialien - Holz, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.88

Holz nimmt unter den monolithischen Bauweisen vor allem im Alpenraum einen besonderen Stellenwert ein, nicht nur auf Grund der großen Rohstoffvorkommen, sondern vor allem angesichts der kulturellen Bedeutung.
Der traditionelle Blockbau ist der Ausgangspunkt sämtlicher Überlegungen im monolithischen Bauen mit Holz. Er prägt seit Jahrhunderten die Wahrnehmung und Einstellung der Menschen zum Bauen mit dem heimischen Baustoff und fasziniert durch die Verschmelzung von Konstruktion, Raumbildung, Atmosphäre und Materialität zu einem unteilbaren Ganzen. Inwieweit der Blockbau jedoch eine taugliche Konstruktion für das 21. Jahrhundert ist, wird im Folgenden untersucht.
Im Wesentichen lassen sich monolithische Holzkonstruktionen auf zwei Arten herstellen. Entweder nach der traditionellen Blockbauweise oder mittels industriell gefertigten Massivholzplatten. Insbesondere stellt sich die Frage, ob mit den heute verfügbaren industriell gefertigten Holzprodukten dieselben Qualitäten erreicht werden können, wie beim traditionellen Blockbau. Das monolithische Bauen mit Holz bedingt einerseits die Kenntnis der traditionellen Blockbauweise und es erfordert anderseits das Ausnutzen der Möglichkeiten von den heute am Markt erhältlichen Massivholzplattenerzeugnissen.

2.1 Vorteile monolithischer Holzkonstruktionen

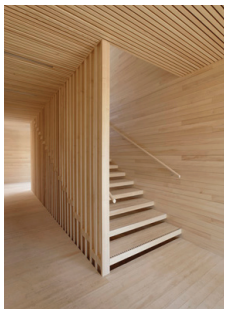
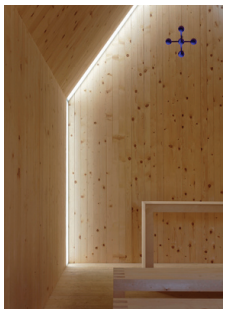
Neben den oben angeführten bautechnischen Vorteilen monolithischer Konstruktionen (siehe 1.3) kommen beim Bauen mit monolithischen Holzkonstruktionen vor allem die positiven Eigenschaften des Materiales zum tragen.
Holz hat eine sehr günstige Kombination von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärmekapazität, was in der Temperaturleitzahl ablesbar ist.[7]

Die Temperaturleitzahl wird wie folgt ermittelt:
Temperaturleitzahl = Lambda / Rohdichte x spezifische Wärmekapazität
Sie beschreibt die zeitliche Veränderung der räumlichen Temperaturverteilung durch Wärmeleitung.[8]

	Rohdichte kg/m³	Wärmeleitfähigkeit W/mK	spezifische Wärmekapazität J/kgK	Temperaturleitzahl cm²/h
Holz	600	0,130	2500	3
Vollziegel	1800	0,800	1000	16
Stahlbeton	2200	1,400	1050	22

Abb.10, Vergleich Temperaturleitzahlen

7 vgl. Barth: Wieviel U-Wert braucht der Mensch, o.J., o.O., S.2
8 vgl. http://www.hanffaser.de/Worterbuch/Temperaturleitfahigkeit.php (29.07.2013)

Dies hat zur Folge, dass Holz im Sommer durch eine Phasenverschiebung von ca. 10 bis 12 Stunden ein ausgeglichenes Raumklima erzeugt und im Winter fähig ist, die auftreffende Sonnenstrahlung zu speichern und zeitversetzt nach innen abzugeben. Die Studie „Der 10.000-Stundentest“ hat nachgewiesen, dass der tatsächliche Wärmeverlust monolithischer Massivholzwände um bis zu 50% unter den errechneten Werten liegt.[9]
Eine genaue dynamische Betrachtung wie sich die bauphysikalischen Eigenschaften von Holz tatsächlich auf den U-Wert auswirken, kann dazu beitragen, einerseits Beobachtungen dahingehend zu untermauern und andererseits die immer kompliziertere und anspruchsvollere Haustechnik auf ein tatsächlich notwendiges Miniumum zu reduzieren.[10]
Die Studie Holz2020+ im Auftrag des Landes Salzburg hat sich genau das zum Ziel gesetzt. Erste Ergebnisse bestätigen bereits, dass sich Holz wesentlich besser verhält, als ursprünglich angenommen. Der übliche Lambdawert zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeit von Holz wird mit 0,130 W/mK bei einer Holzfeuchte von 18-20% angesetzt. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass gerade in der Heizperiode auf Grund des trockenen Klimas das Holz eine durchschnittliche Holzfeuchte von 8% aufweist. Dies entspricht im Mittel einer Reduktion des berechneten Heizenergieverbrauchs von ca. 40%.[11]
Holz ist also viel mehr im Stande zu leisten, als bisher anerkannt wird. Die Untersuchungen zur Neubewertung der Wärmeleitfähigkeit von Holz kann somit als Chance für den Massivholzbau gesehen werden.

Ein weiteres interessantes Ergebnis ergab die wissenschaftliche Untersuchung von Dr. Maximilian Moser vom Institut für Physiologie der Medizinischen Universität Graz.
In seiner Studie SOS „Schule ohne Stress“, bei der Schulklassen mit Massivholz ausgekleidet wurden, hat Prof. Moser im Laufe eines Schuljahres bei über 50 SchülerInnen regelmäßige psychophysiologische Untersuchungen vorgenommen. Hierbei mussten die Testpersonen Fragebögen zu Schlafqualität, Befindlichkeit, Beanspruchung, Erholung und sozialen Stress beantworten und wurden parallel mit einem Langzeit-EKG gemessen. Bemerkenswert ist die Beobachtung, dass die Herzfrequenz der untersuchten SchülerInnen eine Herzschlagverminderung von ca. 7% (ca. 8600 Herzschläge pro Tag weniger) ergab und die Herzfrequenz während der Schulzeit unter der des Ferienniveaus blieb. Diese Erkenntnis ist interessant, da die Kardiologie zum Teil die Lebenserwartung anhand der Herzfrequenz abschätzt. Das bedeutet, je langsamer die Herzfrequenz ist, desto höher ist die Lebenserwartung. Weiters wurde untersucht, ob die Massivholzklassen wegen der niedrigeren Herzfrequenz zu Konzentrationsschwierigkeiten und Müdigkeit bei den Kindern führt. Diese Befürchtung trat jedoch nicht ein, es kam sogar tendenziell zu besseren Ergenissen.[12]

Heutzutage ist unsere Gesellschaft bestrebt Erfahrungswerte in wissenschaftlichen Zahlen auszudrücken. Die positiven Eigenschaften des Baustof-

9 vgl. Barth: Wieviel U-Wert braucht der Mensch, o.J., o.O., S.2
10 vgl. Pöschl: Potentiale und Grenzen, Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft, Kaufmann und Nerdinger, Prestel Verlag, 2011, 2. Auflage 2012, München, S.96
11 vgl. Egle: Holz2020+, Forschungsarbeit, Zwischenstand 03.07.2013, Übersee, S.3ff
12 vgl. Moser: SOS-“Schule ohne Stress“, http://www.ecswe.org/wren/documents/2010-Nov-Artikel-Holzwirkung-Schule-Haus.pdf, 29.07.2013, S.2ff

< links Abb.11, Innenraum aus massivem Holz, Architekt Pascal Flammer
< mitte Abb.12, Innenraum aus massivem Holz, Cucrowicz Nachbaur Architekten
< rechts Abb.13, Innenraum aus massivem Holz, Cucrowicz Nachbaur Architekten

fes Holz können heute sehr präszise mit den bauphysikalischen Fähigkeiten definiert werden. Für Holz sprechen aber vor allem Argumente auf der Gefühlsebene wie z.B. das Wohlbefinden, die Hapitk oder der Geruch. Diese Argumente haben mit Erfahrungswerten zu tun, die nicht immer nachweisbar sind und die jeder Mensch in unterschiedlicher Intensität erlebt und wahrnimmt.

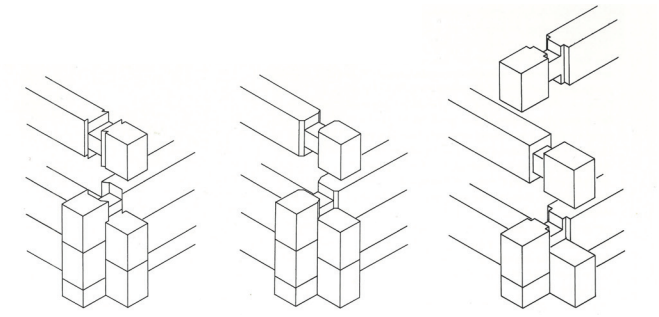
2.1.1 Auswirkung von Massivholz auf Innenraum und Mensch

Die Struktur des massiven Holzes schwächt den oft vorgefunden abstrakten Habitus zeitgenössischer Innenräume ab - Räume aus Holz leben, sie riechen gut und vermitteln Wärme und Wohlgefühl. Holz hat eine ganz spezielle Art mehrschichtig interpretiert, gelesen, und vor allem empfunden zu werden. Sein einmaliger Charakter und seine Aura werden vom Aussehen und der Farbe, vom Geruch, von der Oberflächenstruktur, von der Oberflächentemperatur und von der Eigenschaft, Feuchtigkeit anzupassen, bestimmt.[13]
Auf jeden Menschen wirken die Charaktereigenschaften von Holz in unterschiedlicher Intensität, je nach Erinnerung und Erfahrung.
Die norwegischen Architekten Geir Brendeland und Olav Kristoffeersen beschreiben ihre Raumerfahrungen mit massivem Holz wie folgt:
Eine Massivholzwand *„vermittelt eine Dichte, Festigkeit und ein Gefühl von Qualität, das mit den vergleichsweise windigen Holzrahmenkonstruktionen nicht zu erreichen ist. [...] Winzige Variationen in Oberfläche, Farbe und Maserung reflektieren das Tageslicht auf subtile Weise. Die Oberfläche ist fest, jedoch weich genug, um die Spuren von Gebrauch und Leben innerhalb des Gebäudes aufzunehmen, wodurch sie im Lauf der Zeit immer interessanter wird. Die Farben verändern sich durch ultraviolettes Licht und Oxidation und dunkeln allmählich nach. Die Fasern scheinen lebendig zu sein und reagieren auf Feuchtigkeitswechsel mit Rissen und neuen Mustern. Die Oberfläche fühlt sich wärmer an als Gips oder Mauerwerk, sie eignet sich für das nördliche Klima.“*[14]

a) Wohlbefinden und Raumluft

Untersuchte Holzräume weisen eine sehr hohe Konzentration von Aldehyden (Innenraumschadstoffe) auf, die bei der Raumluft als wohnhygienisch schädlich eingestuft werden. Diese Aldehyde haben jedoch eine positive Wirkung auf den Menschen.[15]
Für Prof. Moser gibt es vier ausschlaggebende Faktoren, warum Holz eine wohltuende Wirkung auf den Menschen hat:
1. auf Grund seiner großen Oberfläche (Porenstruktur) besitzt Holz die Eigenschaft, Feuchte zu puffern und somit das Raumklima positiv zu beeinflussen
2. die Oberflächenstruktur von Holz ist zusätzlich verantwortlich für seine guten akustischen Materialeigenschaften
3. Holz beeinflusst die Lichtspektralzusammensetzung und führt zu einer angenehmen Lichtstimmung
4. Holz hat eine schlechte elektrostatische Wirkung und besitzt daher die Fähigkeit den Feinstaubanteil in der Luft zu senken (abhängig von der Konzentration negativ geladener Luftionen).[16]

13 vgl. Kolb: Material, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.33
14 Brendeland und Kristoffersen: Bauen mit Massivholz, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.31
15 vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
16 vgl. Reitberger: Lebst du schon?, holzbauaustria, 2013 #1, Wien, S.31



< Abb.14, Fügung der Balken

b) Haptik
Der Baustoff Holz hat den Vorteil, dass er eine hohe Wärmekapazität und eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Holz fühlt sich daher im Vergleich mit anderen Baustoffen warm an. Außenwände aus unterschiedlichen Konstruktionen können bei gleichem U-Wert die gleiche Oberflächentemperatur besitzten, Holz hat jedoch auf Grund der Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der innersten Schicht eine wesentlich höhere Kontakttemperatur.[17]

c) Akustik
Prinzipiell hängt die Akustik eines Raumes sehr stark von der Konstruktion der raumabschließenden Wände und Decken ab. Holz ist aber mit Sicherheit das Wichtigste Baumaterial für akustische Räume. Direkte Unterschiede auf die Akustik gibt es nur zwischen gehobelten und sägerauen Oberflächen, wobei diese Unterschiede erst jenseits von 2.000 bis 4.000 Hertz wirksam werden.[18]

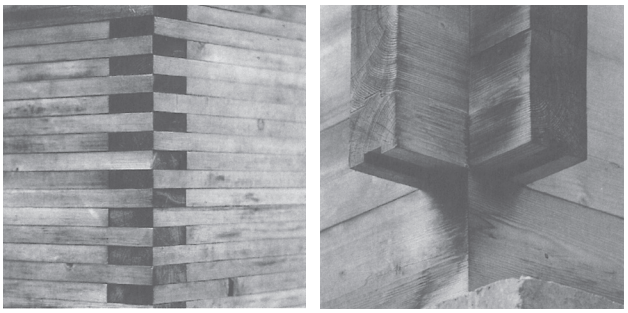
2.1.2 Positive bauphysikalische Eigenschaften von Holz

a) Wärmespeicherung
Holz hat die Fähigkeit Wärme zu speichern und wieder an die Raumluft abzugeben. Diese Eigenschaft wird physikalisch als wirksame Wärmespeicherkapazität beschrieben. Die Speicherung der Wärme hängt von zwei Faktoren ab: Erstens dem Lambda-Wert, der den zu überwindenden Widerstand angibt, und zweitens die Wärmeleitfähigkeit, ein Wert für die Schnelligkeit des Eindringens von Wärme. Holz kann, je nach Holzart (Rohdichte), 3-6 cm Volumen im Tagesgang bewirtschaften. Bei Holzmassivwänden mit Lufteinschlüssen wird diese Eigenschaft etwas verringert.[19]

b) Feuchteausgleich
Der Feuchteausgleich läuft im Wesentlichen unter den zwei Transportphänomenen Sorption und Desorption. Holz hat somit die Fähigkeit Feuchte aufzunehmen und wieder an die Raumluft abzugeben. Dies wird besonders klar ersichtlich bei Holzfenstern. Sie können das an kalten Wintertagen oft anfallende Kondensat kapillar aufnehmen. Dies ist eine Fähigkeit, die andere Materialien nicht haben, was bei Kondensatanfall schließlich zu Schimmelbildung führt.[20]

Für Holz spricht also sowohl eine monolithische Bauweise, als auch der Einsatz von sichtbaren massiven Holzoberflächen im Innenraum. Die oben angeführten positiven Eigenschaften von Holz bleiben jedoch nur dann erhalten, wenn die Offenporigkeit gegeben ist (ausgenommen der Wärmespeicherkapazität). Holz muss also, um seine Fähigkeiten ausspielen zu können, entweder unbehandelt eingesetzt werden, oder darf maximal mit Öl oder Wachs behandelt werden.
Ein weiterer Aspekt, der bei SOS „Schule ohne Stress“ nicht untersucht aber beobachtet wurde, ist die Erkenntnis, dass edle Materialien anscheinend die soziale Verantwortung der Menschen bei der Benützung von Gemeinschaftsgütern stärken. Sämtliche Holzbauteile, die unbehandelt eingebaut wurden, zeigen weder Vandalismus- noch Abnützungserscheinungen.[21]

17. vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
18. vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
19. vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
20. vgl. Wirnsberger: in einem Gespräch mit Karl Torghele, 19.04.2013, autorisiert per Mail
21. vgl. Moser: SOS-“Schule ohne Stress“, http://www.ecswe.org/wren/documents/2010-Nov-Artikel-Holzwirkung-Schule-Haus.pdf, 29.07.2013, S.7ff



> Abb.15, traditionelle Eckverbindungen

2.1 Blockbau
traditonelle Form des monolithischen Bauens in Holz

Ursprung monolithischen Bauens mit Holz ist der Blockbau. Er wurde bei den germanischen Häusern bereits in der Bronzezeit (1100-750 v. Chr.) nachgewiesen und erlebte seine Blütezeit bei den reich dekorierten „Großhäusern“ im Alpenraum, die im 17. bis 19. Jahrhundert entstanden sind.[22]

Die Fazination des Blockbaues liegt in seinem starken Zusammenhang von Konstruktion, Raumbildung und Atmosphäre mit dem verwendeten Material Holz. Keine andere Bauweise muss derart konsequent in seiner konstruktiven Logik gedacht und entworfen werden, wie der Blockbau und bei keiner anderen Bauweise bedingen sich Konstruktion und Architektur in einem dermaßen hohen Abhängigkeitsverhältnis. Es bedarf einer sorgfältigen Planung. Materialübergänge sowie das konstruktive Gefüge müssen immer im Hinblick auf die zu erwartenden Setzungsmaßes untersucht und ausgeführt werden. Ein simples Einfügen einer vertikalen Stütze wird auf Grund dieses Setzungsverhaltens von der Konstruktion nicht toleriert. Die Konstruktion wird zum bestimmenden Ausdruck der Architektur - alles muss ihr untergeordnet werden. Sie bildet den Raum und prägt durch das sichtbar lassen der selbigen die Wirkung und Atmosphäre der gebauten Räume.
Geschichtlich gesehen war im Alpenraum der Blockbau Hülle und Schutz für den Menschen - die warme Oberfläche, die Raumluftqualität und die Farbstimmung die das Material Holz erzeugt, wurde vom Menschen anscheinend immerzu als angenehm empfunden.

Abb.16, Mehrgeschossiger Blockbau in La Tour, Schweiz, 1958

22 vgl. Lanzinger: Holzblockbauweise heute - ein Wohnhaus in Brixlegg, Tirol, Detail, 2004 #1/2, 44. Jahrgang, München, S. 83

„Die Blockbauweise ist die älteste Methode, Häuser zu bauen [...] An sich stellt das Blockhaus überhaupt den Inbegriff des Holzhauses dar.“[23]

2.1.3 Der Blockbau und seine Entwicklung

Die traditionelle Blockbauweise wurde nach und nach von neuen, moderneren Konstruktionsweisen ersetzt. Erst in den letzten 15 Jahren haben sich Architekten wieder mit der traditionellen Bautechnik des Blockbaues auseinandergesetzt und die Bauweise vor allem typologisch weiterentwickelt.

a) von der Kammer zum fließenden Raum

Der Einraum markiert den Beginn des Blockbaus, seine räumliche Entwichklung wurde erst durch das Aneinanderfügen von mehreren Holzstämmen möglich.[24]
Der Blockbau entwickelte sich auf Grund der begrenzten Holzstammlängen zu einem Kammersystem. Die Balken werden dabei so übereinander geschichtet und mit einander verbunden, dass die Grundrissfigur am Ende eine Abfolge von Kammern (quadratisch oder rechteckig) aufweist.

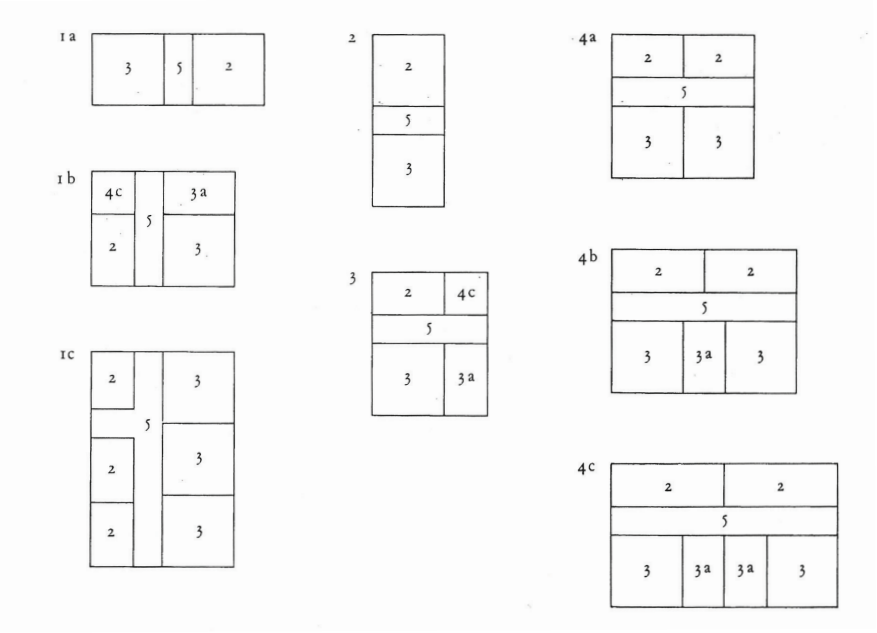


Abb.??, Kammersystem Blockbau

In den letzten Jahren hat es in der Schweiz durch zwei Architekten, Gion A. Caminada und Peter Zumthor, eine Weiterentwicklung des traditonellen Holzblockbaues gegeben. Gion A. Caminada hat in seiner Heimatgemeinde Vrin die in der Schweiz unter Strickbauweise bekannte Blockbauweise in einem stetigen Prozess über Jahre hinweg fortgeschrieben und weitergedacht.
Gion A. Caminada übernahm in seinen frühen Häusern Bauweise und Typologie der lokalen Bautradition, wodurch sie sich sensibel in das gewachsene Dorf fügen. Neue Fensterformen unterstreichen allerdings seinen zeitgenös-

23. Wachsmann: Die Blockbauweise, Holzhausbau - Technik und Gestaltung, Wachsmann, Ernst Wasmuth Verlag, Berlin, 1930, o.S.
Zweitzitat aus Detail, 2004 #1/2, 44. Jahrgang, München, S. 83
24. vgl. Lanzinger: Holzblockbauweise heute - ein Wohnhaus in Brixlegg, Tirol, Detail, 2004 #1/2, 44. Jahrgang, München, S. 83

Abb.17, Blockbauten, Architekt Caminada, v.l.n.r vgl. Abb. 19

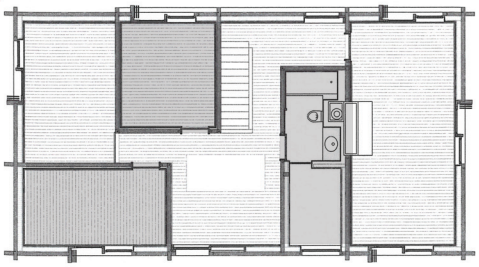


Abb.18, Wohnhaus Schmid, offener Raum durch Raumzellen gegliedert, Architek Caminada

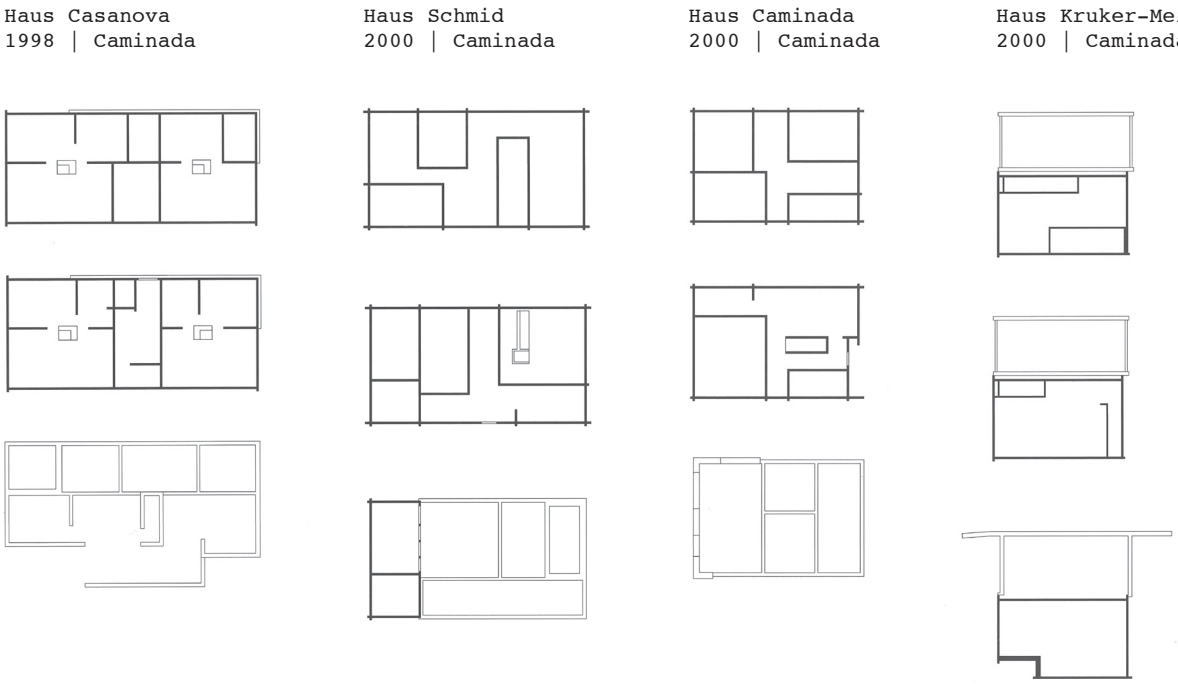


Abb.19, Weiterentwicklungen der Blockbautypologie im Grundriss, Architekt Caminada

sischen Ansatz, der bei seinen späteren Häusern vor allem in der neu konzipierten Grundrisskonfiguration zum Ausdruck kommt. Bei den Häusern „Casanova“ (1998), „Schmid“ (2000), „Caminada“ (2000) und „Kruker-Meier“ (2000) überwand der Architekt die traditonelle „Kammerung“ (Grundrissaufteilung in Kammern mit bergrenzten Raumgrössen) und formte eine neue Raumgestaltung mit fliessenden, mäandrierenden Räumen.[25]

25 vgl. Tschanz: Geduldige Forschung zu Strickbau und Typologie, Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Bettina Schlorhaufer, Quart Verlag, 2005, Luzern, S.53ff

Etwas zeitversetzt erarbeitete Peter Zumthor beim Haus Luzi (2002) aus der Charakteristik der traditionellen Blockbauweise neue Regeln für Konstruktion und Gestalt. Aus der traditionellen „Kammerung“, wo mehrere Kammern in unterschiedlichen Abmessungen zu einem Ganzen gefügt werden, entwickelte Zumthor ein aufgelöstes System von mehreren vertikalen, geschlossenen Holztürmen, die jeweils eine Hausecke besetzen und über die Decken untereinander verbunden sind. Dies ermöglichte ihm eine vollkommen freie Grundrisskomposition und, dem Zeitgeist entsprechend, großzügige Öffnungen die den Bezug zur Landschaft herstellen.[26]

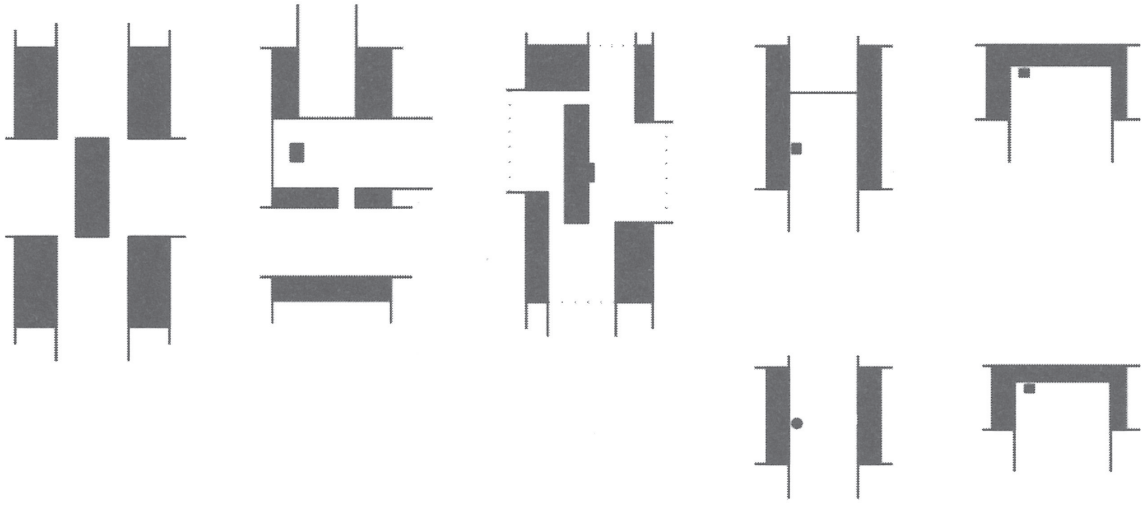


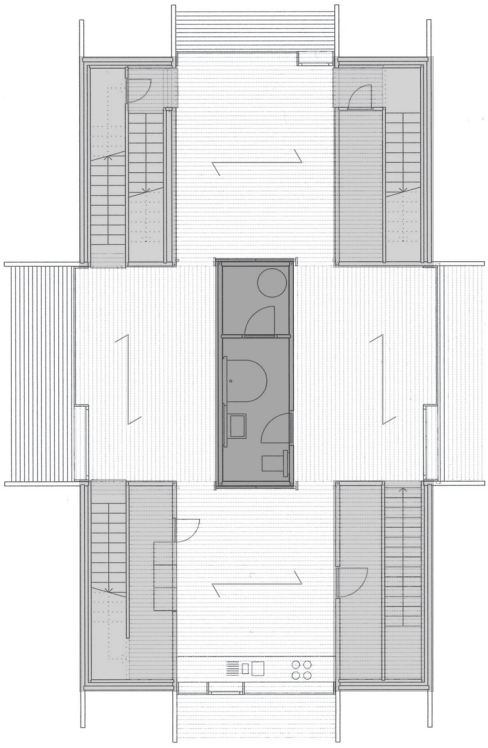
Abb.20, Weiterentwicklungen der Blockbautypologie, Architekt Zumthor

Peter Zumthor transformierte die konstruktiven Prinzipien des traditionellen Blockbaues, und schaffte damit erstmals einen lichtdurchfluteten Raum in dieser Bauweise. Zudem setzte er das massive Holz sowohl innen als auch außen sichtbar und erlebbar ein. Lediglich in den vertikalen, statisch wirksamen Türmen, die die Nebenräume und Treppen beherbergen, muss gedämmt und der Innenraum mit Holzbrettern verkleidet werden. In den Aufenthaltsräumen kann somit die Qualität der massiven, sichbaren Holzoberflächen erlebt werden. Dies kann als Weiterentwicklung zu den Bauten von Gion A. Caminada gesehen werden, der seine Blockbauten innen dämmte und verkleidete und somit die Charaktaristik des massiven Holzes den Bauvorschriften opfern musste. Bei den zwei Häusern in Leis (2009), die Peter Zumthor für sich und seine Frau Annalisa baute, wurden die statisch wirksamen Türme innen nicht mehr verkleidet, sondern außen und innen mit jeweils in Holzblockbauweise errichteten Wänden, die im Zwischenraum gedämmt wurden, errichtet. Die-

26. vgl. Zumthor: Body of Wood, Zumthor - Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.10ff

< links Abb.21, Haus Annalisa, Architekt Zumthor (links)
< mitte bis rechts Abb.22, Haus Luzi, Architekt Zumthor
> Abb.23, Haus Luzi, Architekt Zumthor

se Weiterentwicklung ist das Resultat der verspielteren und weniger starren Grundrisskomposition im Vergleich zum symmetrischen Grundriss beim Haus Luzi.



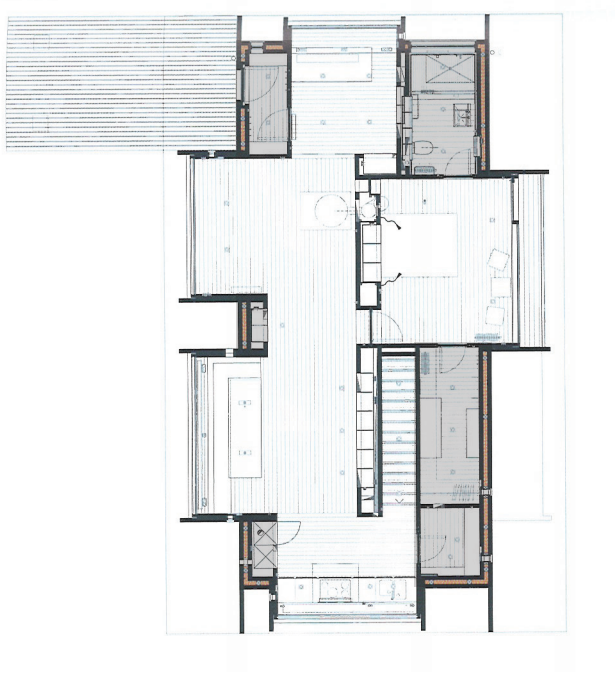


Abb.24, Grundriss Haus Luzi und Abb.25, Grundriss Haus Annalisa, Architekt Zumthor, 1:200

Gion A. Caminadas und Peter Zumthors Begeisterung für das Bauen mit massivem Holz und ihre Transformationsansätze und somit der Auflösung der „starren“ Grundrisstypologien, rückte die traditionelle Blockbauweise erneut in den Fokus der Fachwelt und wurde unteranderem mit dem Preis „Neues Bauen in den Alpen“ ausgezeichnet.

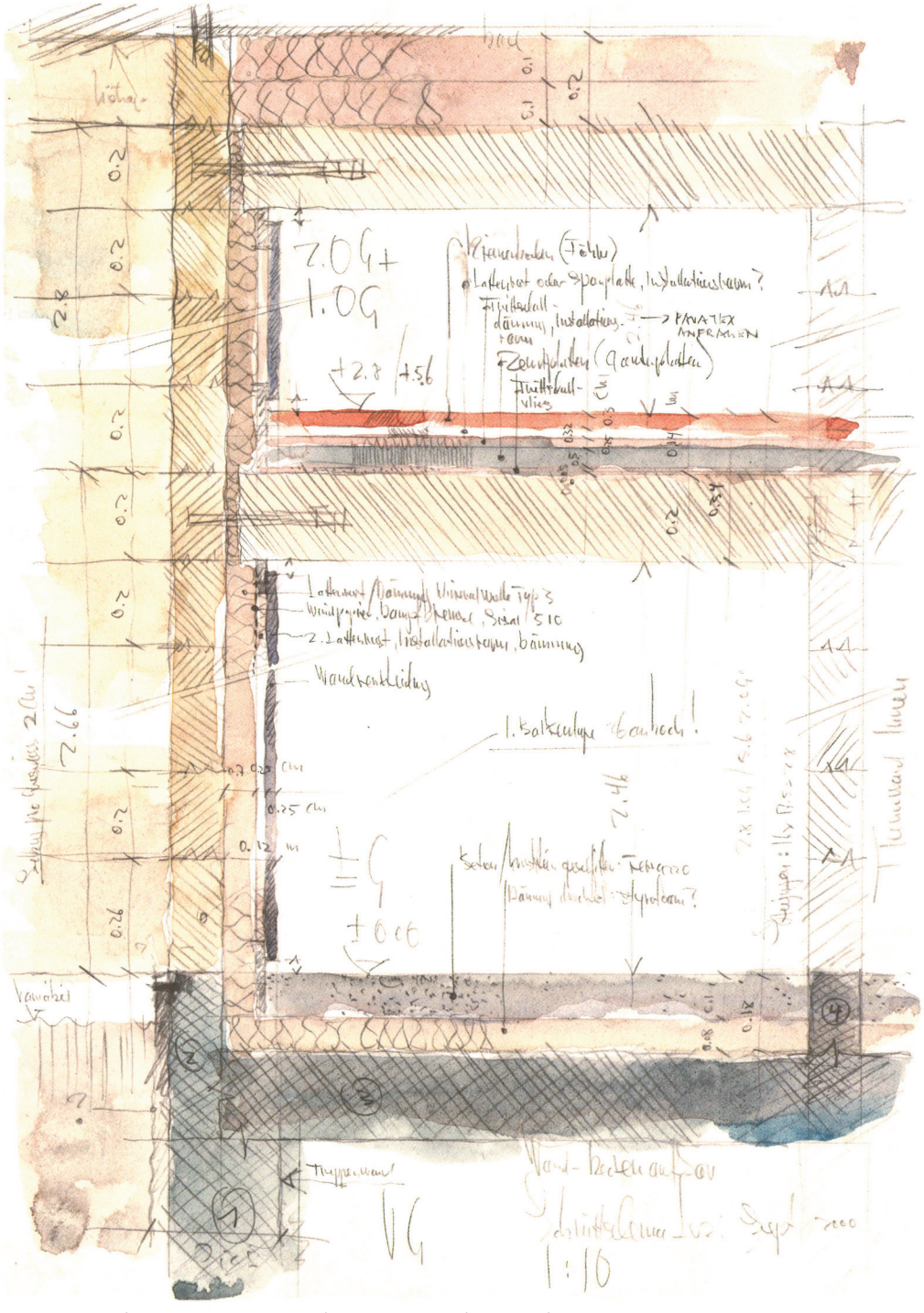
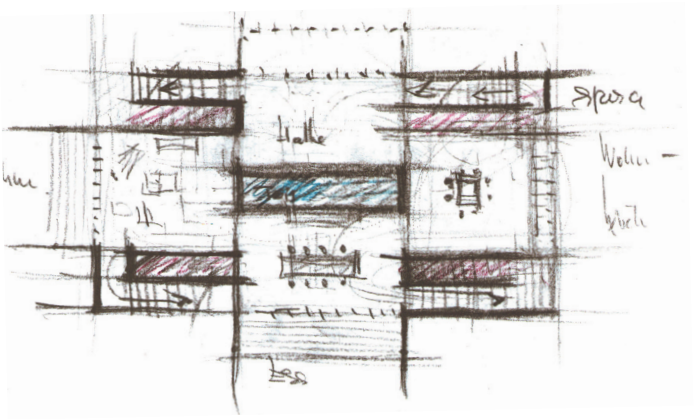


Abb.26, Skizze Fassadenschnitt Haus Luzi, Architekt Zumthor



> Abb.27, Skizze Haus Luzi, Architekt Zumthor

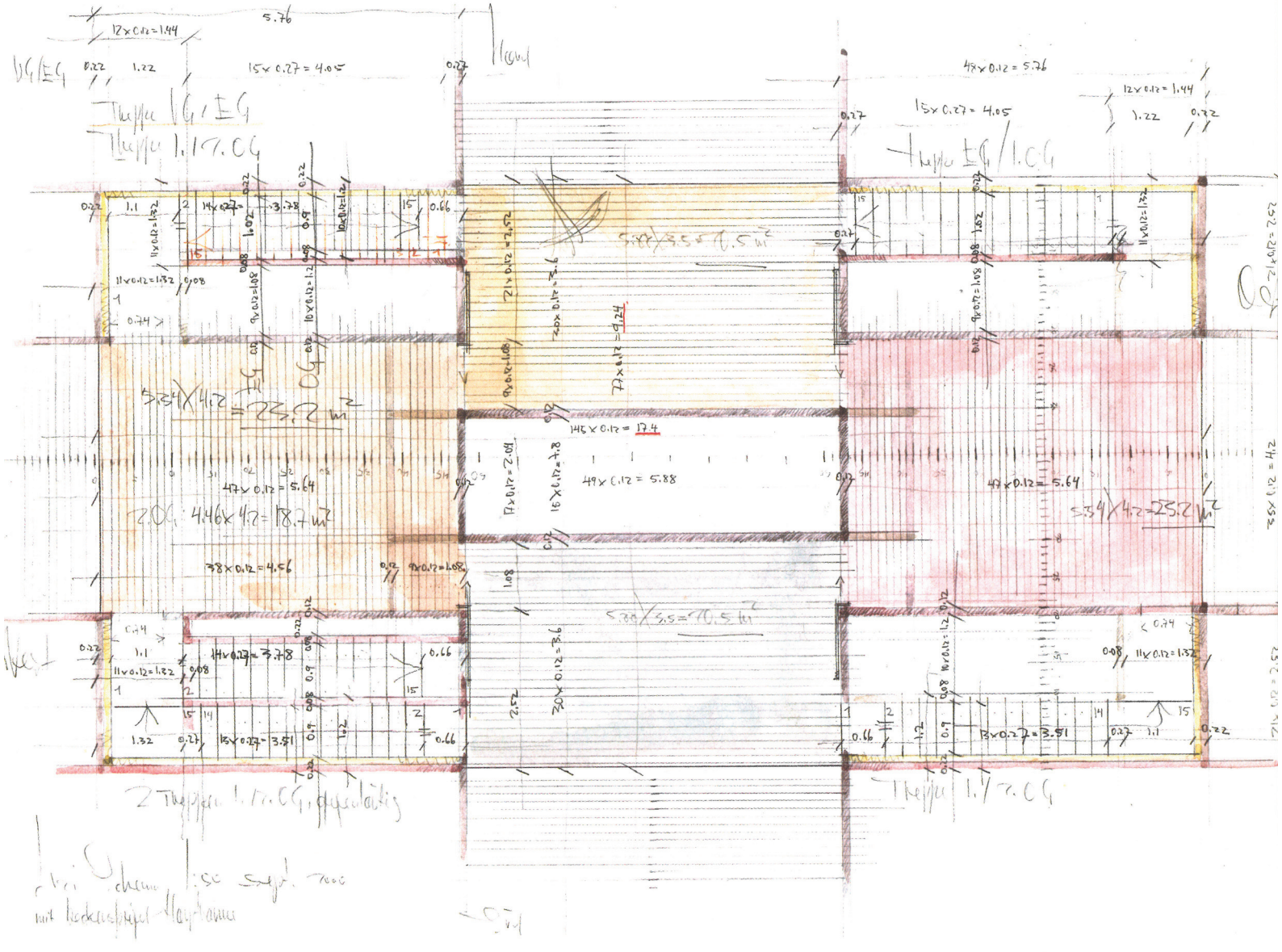


Abb.28, Skizze Grundriss Haus Luzi, Architekt Zumthor

b) von der 16 zur 35 cm Blockwand

Eine alte Zimmermannsregel besagt, dass 16 Zentimeter Holz als Wärmedämmung genügen. Dies enstpricht jedoch nicht mehr den heute geltenden Bauvorschriften und gestiegenen gesellschaftlichen Ansprüchen.[27]
Ein möglicher Ansatz trotzdem monolithisch in Holz zu bauen ist das Turmhaus von Ronco Serra Architekten in Tarcento. Hierbei wurde versucht, die „Einfachheit" der traditionellen Blockbauweise ins 21. Jahrhunderts zu transformieren, ohne die bauphysikalischen und energetischen Anforderungen zu negieren. Die Architekten errechneten, dass der geforderte Mindest-U-Wert mit 35 cm massivem Holz erreicht werden kann. Gemeinsam mit dem Zimmermann entwickelten sie ein System von geschichteten Brettschichtbindern, 20 cm hoch und 35 cm breit, im Sinne des traditionellen Blockbaus. Diese Konstruktionsart widerspricht gewiss dem typischen Einsatz von Brettschichtbindern, da diese hauptsächlich für größere Spannweiten (vertikal eingesetzt) entwickelt wurden, und sie benötigt auch das Know-How des Zimmermannes, um bei einem einschichtigen Aufbau die Luftdichtheit zu gewährleisten. Jedoch ermöglicht diese Konstrutkionsart die Schichtung über mehrere Geschosse mit wesentlich geringeren Setzungen und Verwerfungen wie mit Vollholzstämmen gleicher Abmessung. Das Resultat der Konstruktion ist so überzeugend wie einfach - eine Schicht erfüllt die gleichen Aufgaben wie schon hunderte Jahre zuvor, mit weiterentwickelten Anschlüssen und Übergängen.

Abb.29, Montageablauf Holzturm, Ronco Serra Architekten

27. vgl. Pöschl: Potentiale und Grenzen, Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft, Kaufmann und Nerdinger, Prestel Verlag, 2011, 2. Auflage 2012, München, S.96

Abb.30, Holzturm mit 35 cm Vollholzwänden, 2012, Ronco Serra Architekten

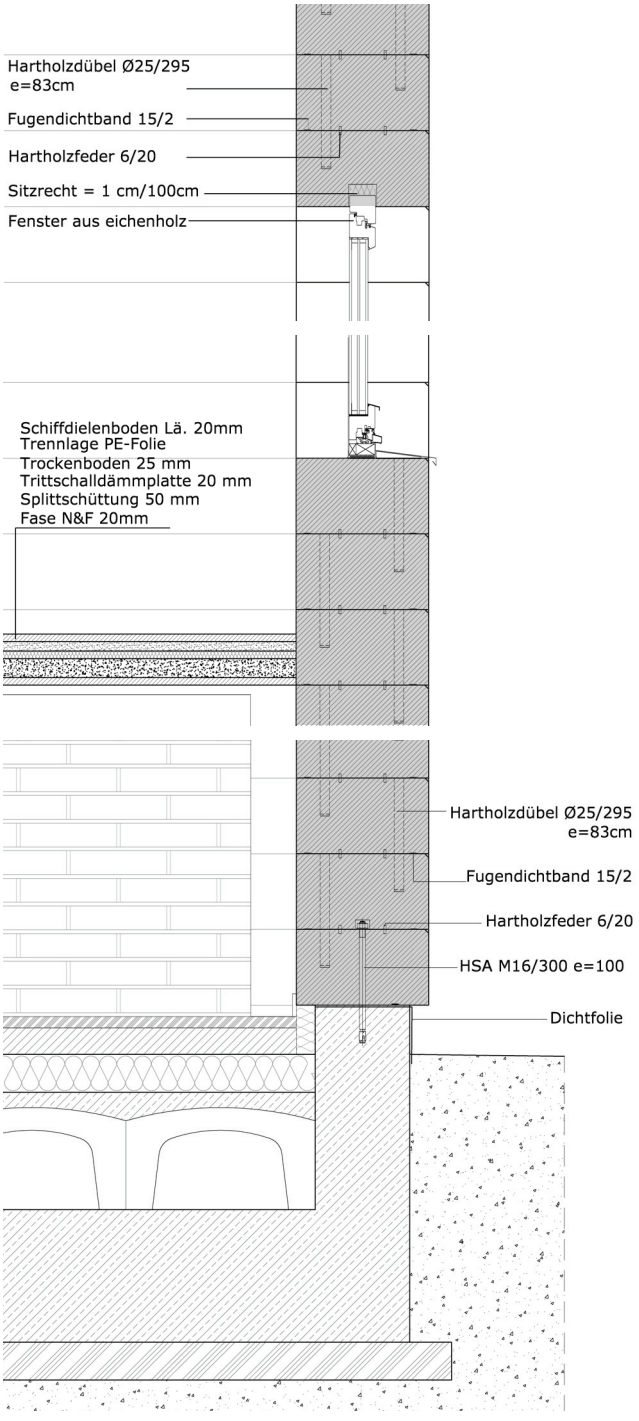


Abb.31, Fassadenschnitt Holzturm, Ronco Serra Architekten

2.1.4 Blockbau - eine Bauform für das 21. Jahrhundert?

Obwohl beim Blockbau wie bei keiner anderen Bauweise Architektur und Konstrutkion dermaßen im Einklang stehen und er in einer einzigen Schicht die tragende, die raumabschließende und die atmosphärische Funktion übernimmt, steht diese Bauweise vor dem Problem den Ansprüchen der heutigen Gesellschaft hinsichtlich Wärme-, Schall- und Brandschutz nicht mehr zu entsprechen.[28]

Ein besonderes Augenmerk muss beim Blockbau auf die Problematik der Setzungen gelegt werden. Der Blockbau benötigt vor allem in der Ausführung das richtige Umfeld mit Fachleuten, die über Generationen ihre Erfahrungen weitergeben. Es erfordert die Verwendung von hochwertigem Holzeinsatz mit konstruktiven Maßnahmen, um die Setzungen (ca. 25mm pro Geschoss) der Hölzer aufzunehmen. Weiters sind Anschlüsse zu setzungsfreien Bauteilen so auszubilden, dass sich der Blockbau ungehindert in der Vertikalen bewegen kann. Auch bei den Fenster- und Türanschlüssen und der Installationsführung ist das Setzmaß zu berücksichtigen.[29]

All diese Problematiken sind bei den heute geltenden Vorschriften kaum mehr einzuhalten. Der Wärmeschutz kann durch zusätzliches Aufbringen von Dämmung noch kompensiert werden, viel schwieriger sind aber die Anforderungen an den Schall- und Brandschutz zu bewältigen. Daher und weil selten für den Einsatz von technischem und handwerklichem Know-How die wirtschaftliche Basis vorhanden ist, wird der Blockbau im 21. Jahrhundert eine Randerscheinung bleiben, der die gesellschaftlichen Probleme unserer Zeit nicht abdecken kann, und daher wahrscheinlich keine überregionale Bedeutung mehr erlangen wird. Ein weiteres Argument gegen den Blockbau ist der Anspruch, der Zersiedelung unserer Landschaft im 21. Jahrhundert mit Verdichtung entgegen zu wirken. Einerseits durch die aufwendigere Bauweise und somit dem Verlust der schnelleren Bauzeit und andererseits auf Grund der hohen technischen Anforderungen, die bereits oben erläutert wurden. All diese Faktoren sprechen gegen die Blockbauweise als Antwort auf die Herausforderungen unserer Zeit.

Dennoch wird die Blockbauweise weiterhin unreflektiert als „Kitsch“ einem trügerischen Traditionalismus nacheifern, um im besten Falle, wie bei Caminada und Zumthor, als Fortschreibung intakter Orte Verwendung zu finden. Gerade deshalb ist es sinnvoll, dass sich Architeken wieder vermehrt mit der Blockbauweise auseinandersetzen und sie, in Regionen mit langer Tradition und gut erhaltenem Handwerk, einsetzen. Nur so wird es möglich sein, den über Jahrhunderte entwickelten Blockbau wieder ins Bewusstsein für qualtiätsvolles Bauen zu rücken und damit zum Fortbestand dieser außergewöhnlichen Bauweise beizutragen. Möglicherweise sind in der Blockbauweise aber auch noch Potentiale versteckt, die es noch zu wecken gilt. Die eingefahrene Sichtweise auf die alte Blockbauweise hätte noch vor einigen Jahren die bemerkenswerten Entwicklungen eines Caminadas oder Zumthors nicht erahnen lassen. Sie haben jedoch bewiesen das gerade mit dieser Bauweise eine Vielfalt an architektonischen Möglichkeiten realisierbar ist.

28. vgl. Kolb: Blockbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.51ff
29. vgl. Kolb: Blockbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.51

Die Entwicklungspotentiale sind die Chance des Blockbaues, ansonsten wird er auf Grund der oben erläuterten Gründe keine geeignete Bauform für das 21. Jahrhundert darstellen.

2.1.5 lernen vom Blockbau

Die Herausforderung wird sein, die Qualitäten des Blockbaues mit den heute zur Verfügung stehenden und industriell erzeugen Plattenmaterialien und Vorfertigunstechniken in eine zeitgemäße Form zu überführen.
Die Errungenschaften des Blockbaues, wie die Ablesbarkeit der sichtbaren Massivholzkonstruktion, die konstruktive Logik mit all ihren Parametern, die Raumatmosphäre im Innenraum und im speziellen die monolithische Bauweise, sind Ansätze die es sich lohnen weiterzudenken.
Es gibt natürlich unzählige Beispiele moderner Holzbauten die teilweise diese Eigenschaften erfüllen, jedoch selten in dieser Radikalität und Reduktion auf das vermeintlich Einfache wie es im Blockbau der Fall ist. Dabei liegt gerade in dieser vermeintlichen Einfachheit die Fazination des Blockbaues, ohne hochkomplexe Bautechnologie und mehrschichtigen Aufbau, sondern einzig und allein gefügt aus dem Baustoff Holz.

2.2 industrieller Holzmassivbau
Möglichkeiten zeitgemäßer monolithischer Konstruktionen

Um die Jahrhundertwende hat im Holzbau ein Paradigmenwechsel stattgefunden. Die Entwicklung der massiven Holzplatte kann als ähnlich einschneidendes Ereignis gesehen werden wie um 1800 der industrialisierte Stahlbau und um 1900 der Stahlbetonbau. Die massive Holzplatte revolutionierte den Holzmassivbau und ermöglicht es ihm in Spähren aufzusteigen die noch vor einigen Jahren undenkbar waren.[30]
Die massive Holzplatte ist eine Weiterentwicklung hin zu einer Vereinfachung, aber auch hin zu neuen Möglichkeiten. Sie übernimmt nicht nur tragende und je nach Stärke dämmende Funktion, sondern je nach Plattenaufbau und sorgfältiger Ausführung der Plattenstösse auch die Aufgabe der Dampfsperre. Es ist somit wieder mögich die Konstruktion sichbar zu lassen und wie beim traditionellen Blockbau die Qualitäten des Holzes für das Raumklima heranzuziehen. Dieser positive Einfluss von Holz auf das Raumklima wurde beim vorherrschenden Holzrahmenbau der letzten Jahrzehnte stark vernachlässigt und führte zu unzähligen Holzbauten, die innenseitig eine Folie (Dampfsperre) benötigen und meist komplett mit Gipskarton beplankt werden. Alle Vorteile des natürlichen Baustoffes Holz waren somit auf das äußere Erscheinungsbild reduziert - der oft umgangssprachlich strapazierte Begriff „Plastiksackerl“ ist da nicht weit hergeholt.
Die Mehrschichtigkeit und die damit verbundene Fehleranfälligkeit hat einige Holzbauunternehmen dazu animiert den Holzbau wieder einer „einfacheren“ Bauweise zuzuführen und monolithische Konstrutkionen zu entwickelten.

30 vgl. Deplazes: Der Massivbau - Ursprung, Entwicklung, Perspektiven, Lignatec, 2007 #20 Massivholzbau, Zürich, S.5ff

2.2.1 Entwicklung vom Stab zur Platte - 2. große Phase des Holzmassivbaus

Die Holzmassivbauweise wurde nicht im 21. Jahrhundert neu erfunden, sie geriet lange in Vergessenheit, auch wegen der in Mode gekommenen und dadurch vorherrschenden Materialien des 20. Jahrhunderts: Beton und Stahl. Die Holzmassivbauweise wurde wiederbelebt und den heute geltenden bautechnischen Ansprüchen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst.[31]
Der Holzbau zeigt uns eine kontinuierliche Entwicklung vom Filigran- zum Massivbau. Der Blockbau konnte sich erst entwickeln nachdem es die notwendigen Metallwerkzeuge zur Herstellung der Eckverbindungen gab.[32]
So konnte sich auch erst durch die Entwicklung der Industrie der Holzbau vom Holzrahmenbau zur heute aufblühenden Holzmassivbauweise weiterentwickeln. Geschichtlich gesehen ist dies somit der „zweite" Versuch, die Holzmassivbauweise als wichtigste Bauweise im Holzbau voranzutreiben, weiterzuentwickeln und als sinnvolle Alternative zu den vorherrschenden Massivbauweisen zu etablieren.
Der Vorteil der neu belebten Holzmassivbauweise verbirgt sich im Handwerk. Es ist keine über Jahrhundete überlieferte Zimmermannskunst mehr notwendig, der Holzmassivbau besteht aus industriell gefertigten Bauteilen, die durch Unterstützung eines Tragwerksplaners zu einem konstruktiven Gebilde modeliert werden.[33]
Der industralisierte Holzmassivbau hat die Chance „der Beton des 21. Jahrhunderts zu werden": Ähnlich wie beim Betonbau kann er alle raumbildenden und statisch wirksamen Elemente eines Bauwerkes übernehmen.[34]
Gestalterisch hat der Holzmassivbau nichts mehr mit dem althergebrachten Holzblockbau zu tun.[35]
Er hat sich losgelöst von Nachahmungen und Traditionen, er entspricht dem Zeitgeist des jungen 21. Jahrhunderts.[36]

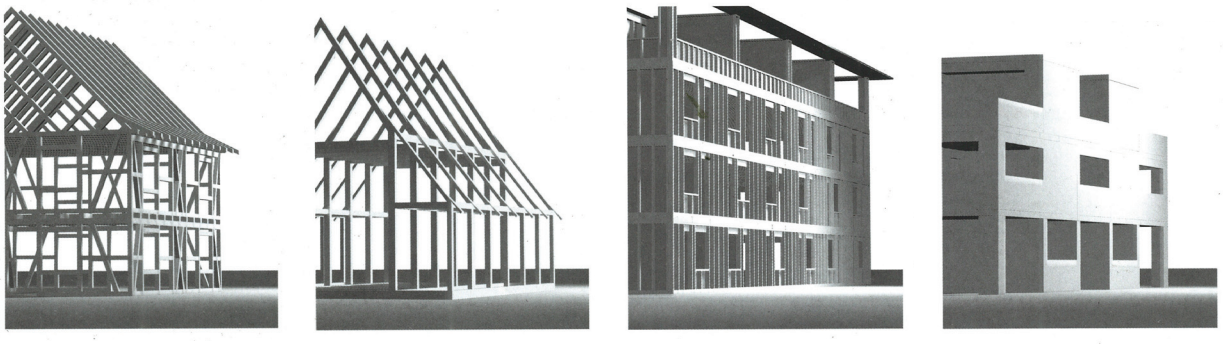


Abb.32, Entwicklung von den historischen über die gegenwärtigen Balkensysteme hin zur Platte

31. vgl. Deplazes und Fischer: Leben im massiven Holzhaus, Lignatec, 2007 #20 Massivholzbau, Zürich, S.9
32. vgl. Keim: Historiche und wirtschaftliche Grundlagen, Archaische Holzbauten - Pfostenspeicher und -scheunen in Tirol, Heimatpflegeverband Südtirol, Verlagsanstalt Athesia, 2011, Bozen, S.17
33. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.113
34. vgl. Deplazes: Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt - Kunststoff, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.29
35. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.113
36. vgl. Kolb: Holzbausysteme: Konstruktion und Fertigung, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.39

Andrea Deplazes fordert von den Architekten, den Holzmassivbau mittels intelligenter architektonischer Entwurfsstrategien neu zu positionieren. Nur eine umfassende Sichtweise der Architekten kann zu einer „Nachhaltigkeit“, wie vom Holzblockbau über Jahrhunderte bekannt, in einer ganzheitlich, gesellschaftlichen Betrachtung führen.[37]

2.2.2 massive Holzplattenerzeugnisse für Wand und Decke

Auf Grund der zunehmenden Bedeutung des Holzmassivbaus wurden verschiedenste innovative Systeme entwickelt, die sich hinsichtlich Ästhetik und Leistungsfähigkeit differenzieren. Vor allem die statischen und bauphysikalischen Eigenschaften aber auch die Art der Plattenfügung unterscheidet die im folgenden vorgestellten Holzplattenerzeugnisse.[38]
Sie alle vereint die Fügung mehreren Schichten Nadelholzbrettern zu großformatigen Flächenelementen. Prinzipiell kann man zwei Gruppen unterscheiden. Erstens, die Gruppe der verleimten und sehr tragfähigen Brettsperrholzelemente und zweitens, die Gruppe der leimfreien Brettsperr- oder Brettstapelelemente, die verdübelt oder vernagelt werden. Die Platten werden im Werk inklusive aller Öffnungen und Elektroschlitze mittels CNC-Bearbeitungsmaschinen abgebunden und montagefertig meist direkt auf die Baustelle geliefert (hängt vom Vorfertigungsgrad ab). Kreuzweise verleimte bzw. verdübelte Platten können ohne zusätzliche Dampfsperre (je nach Schichtenanzahl) eingebaut werden und sind auf Grund der Queranordnung der Brettschichten sehr formstabil. Der Vorteil der kreuzweise verleimten Platten liegt in der statischen Beanspruchbarkeit. Deckenelement können in beide Richtungen, also kreuzweise, gespannt werden und Wandelement frei tragend eingesetzt werden.[39]
Die im folgenden vorgestellten Massivholzprodukte bieten einen Überblick über die am Markt erhältlichen Produkte, vom industriell hochentwickelten Brettsperrholz, dass mittlerweile über eine Reihe von Herstellern erhältlich ist, bis hin zu Sonderprodukten, die im Wesentlichen von Klein- und Mittelbetrieben erzeugt werden.

37. vgl. Deplazes: Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt - Kunststoff, Architektur konstruieren - vom Rohmaterial zum Bauwerk, Andrea Deplazes, Birkhäuser, 2005, 3. Auflage 2010, Basel, S.82
38. vgl. Fischer: Produkte und Systeme für den Massivholzbau, Lignatec, 2007 #20 Massivholzbau, Zürich, S.21
39. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.114ff

Hersteller bzw. Quelle:
Binderholz, Haslacher Norica Timber, KLH, Storaenso, uvm.

> Abb.33, Plattenaufbau

a) Brettsperrholz

Brettsperrholz ist das gängigste und am weitest verbreitete Massivholzprodukt am Markt. Es ist auch als Kreuzlagenholz bzw. im englischsprachigen Raum als Cross Laminated Timber bekannt.
Brettsperrholz besteht aus mind. 3 Schichten, die kreuzweise miteinander verleimt werden. Durch die Verleimung ist Brettsperrholz sehr formstabil und kann in beide Richtungen statisch beansprucht werden. Weiters kann auf Grund der Verleimung auf eine zusätzliche Dampfsperre verzichtet werden.[40]

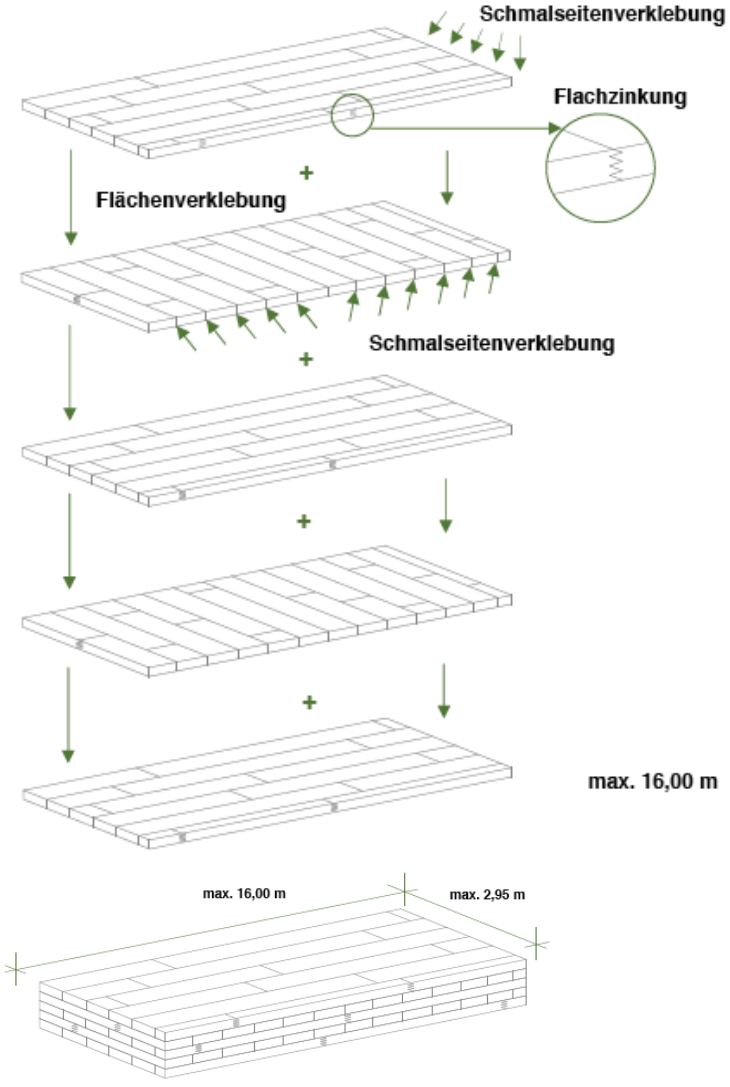


Abb.34, Verleimung und Fügung Platte

40. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.120

Plattenstärke	57 bis 500 mm
Rohmaterial	Bretter aus Nadelhölzern C24 Breiten 80 bis 240mm, Dicken 10 bis 40 mm
Verbindungsmittel	formaldehydfreier PUR-Klebstoff, nach EN 301
Wärmeleitfähigkeit [Lambda]	0,130 W/mK
Dampfbremse	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten
Luftdichtheit	ab 3 Lagen, Plattenstösse mit Kompriband abdichtena
REI 60 (90)	ab 100 mm (146 mm)

Anwendungsbereich	Wand, Decke, Dach
Plattenaufbau	3-, 5-, 7- oder mehr Schichten (nach statischer Erfordernis) kreuzweise miteinander verleimt
Plattenformat max. (L/B/Dicke)	16,00-16,50 / 2,95 / 0,057 bis 0,40-0,50 m
Holzarten	Fichte, Tanne, Kiefer, Zirbe, Lärche (weitere auf Anfrage)
Oberflächenqualität	Nichtsicht (NSI) Industriesicht (ISI) Wohnsichtqualität (WSI) Erscheinungsklassen A/B/C
Formveränderung	auf Grund der Verleimung vernachlässigbar
Raster	nicht zwingend notwendig
Auskragungen und große Öffnungen	von Plattenstärke und Entwurf abhängig
Elektroinstallationen	können an der Wandaußen- bzw. Deckenoberseite eingefräst werden, abkleben nach Leitungen notwendig
Vorfertigung im Plattenwerk	exakte Plattengröße inkl. aller Öffnungen und Fräsungen mittels CNC-Zuschnitt

Dämmung notwendig	Ja, wird außen aufgebracht
akustisch wirksame Platte	Nein, zusätzliche Massnahmen notwendig
Brandverhalten	Brandklasse Euroklasse D - normal entflammbar Rachklasse s2 - normal qualmend d0 - nicht tropfend
Abbrandgeschwindigkeit	0,67 mm/min bei Abbrand Decklage 0,76 mm/min bei Abbrand mehrerer Lagen
Rohdichte	470 kg/m^3
Gewicht für statische Berechnungen	5,0 kN/m^3
Wärmekapazität c_p	1600 J/kgK
Diffusionswiderstand Mü	20-25 bis 50
Holzfeuchte bei Auslieferung	12% (+/-2%)

Verpackung	nach Kundenwunsch
Entsorgung	Rückbau bzw. stofflich wiederverwendbar oder energetische Verwertung (Holzabfälle, organisch behandelt)
Treibhauspotential	je nach Plattendicke, -21 bis -124 kg CO_2 - Äquivalent
Versauerungspotential	je nach Plattendicke, 0,04 bis 0,23 kg SO_2 - Äquivalent

Hersteller bzw. Quelle:
Holzbau Longin - LONDYB, Holzbau Sohm - DigaonalDübelholz

> Abb.35, Plattenaufbau

b) Brettstapelholz

Brettstapelelemente bestehen aus Holzlamellen, die hochkant nebeneinander liegend mittels Hartholzdübel verbunden sind.[41]
Deckenelemente besitzen bei gleicher Plattenstärke wie Brettsperrholz, eine höhere Tragfähigkeit auf Grund des „stehenden" Einsatzes des Holzes. Sie können jedoch dadurch nur in eine Richtung gespannt werden.
Es sind zusätzliche Maßnahmen für Dampfsperre, sowie Brand- und Schallschutz notwendig, da sich durch das Quellen und Schwinden Fugen zwischen den einzelnen Holzlamellen bilden.

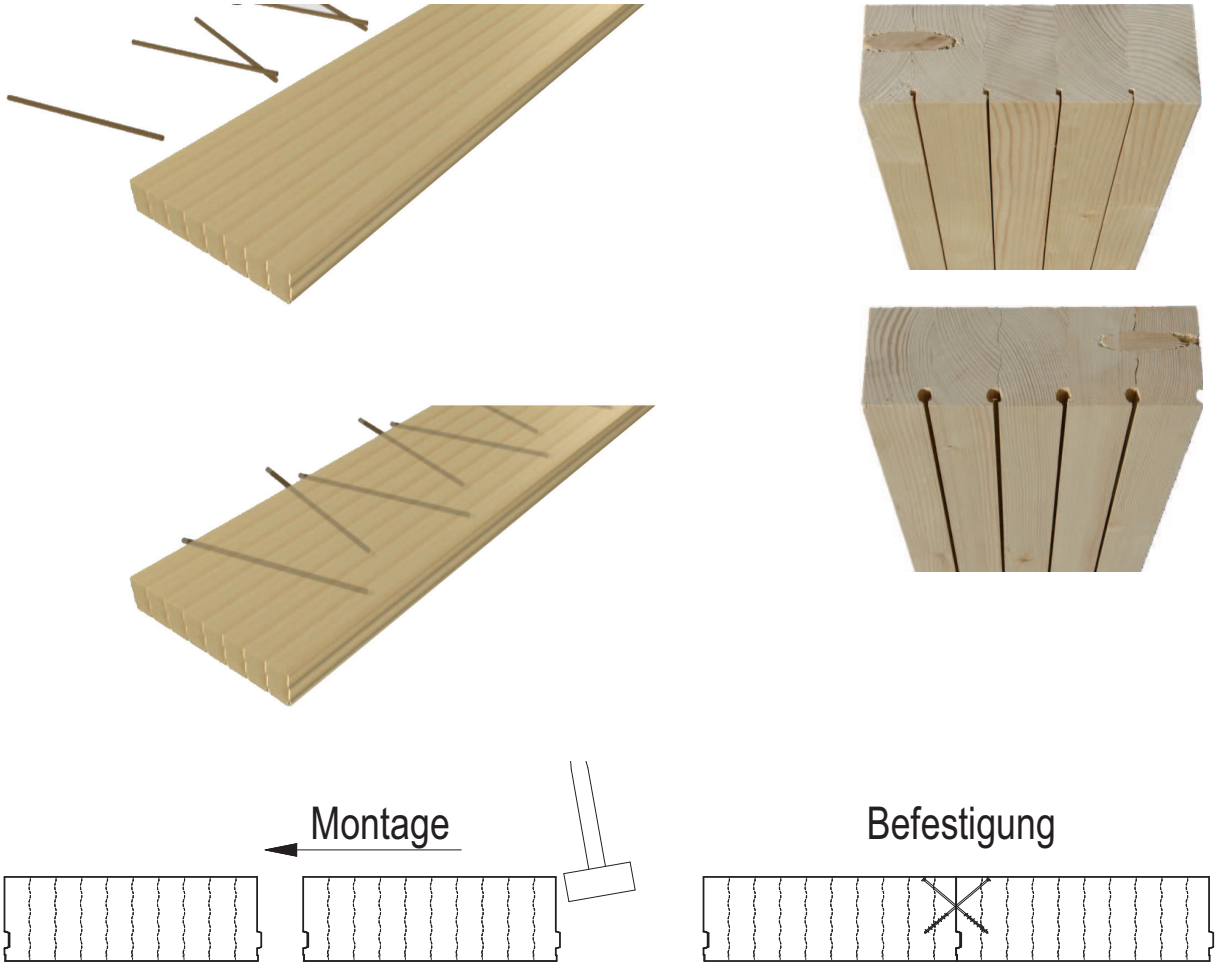


Abb.36, Verdübelung, Profilierung und Montage Platte

41. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.122

Plattenstärke	80 bis 220 mm
Rohmaterial	Pfosten 50 mm aus Nadelhölzern C24 wahlweise KVH 60 oder 80 mm
Verbindungsmittel	Hartholzdübel (Buche) getrocknet und eingepresst
Wärmeleitfähigkeit [Lambda]	0,130 W/mK
Dampfbremse	notwendig, wird an der Aussenseite zwischen Dämmung und Brettstapel angebracht
Luftdichtheit	nicht gegeben, zusätzliche Massnahmen an der Außenseite notwendig (Folie, Holzplatte usw.)
REI 60 (90)	gerade in Prüfung ab ca 100-120 mm (100-120 mm + Gipsfaserplatte)

Anwendungsbereich	Wand, Decke, Dach
Plattenaufbau	Pfosten stumpf oder profiliert zu einem Brettstapel aneinandergereit und mit Hartholzdübel (d=20mm) verpresst Dübelmuster und -abstände laut statischer Erfordernis
Plattenformat max. (L/B/Dicke)	12,00 / 3,00 / 0,08 bis 0,22 m Wandhöhen bis 3,80 m möglich - Transport mit Tiefbettsattel
Holzarten	Fichte, Tanne, Kiefer (Lärche, Zirbe auf Anfrage)
Oberflächenqualität	verschiedene Profilierungen möglich (Akustik usw.) Oberflächenausführung: sägerau, gehobelt, gebürstet bzw. Anstrich der Oberfläche
Formveränderung	auf Grund der Längsdübel vernachlässigbar
Raster	nicht zwingend notwendig; bei Sichtqulität sollte auf die 50 mm Pfostenbreite Rücksicht genommen werden
Auskragungen und große Öffnungen	können problematisch werden - Zusatzkonstruktion notwendig
Elektroinstallationen	Leitungen an Wandaußenseite eingefräst (vor dem Aufbringen der Dampfbremse Leerverrohrungen einlegen) oder Innenraumseitig eingefräst und mit einer Blendlamelle abgedeckt
Vorfertigung im Plattenwerk	Verlege- bzw. Montagefertig; Öffnungen werden beim Verdübeln ausgelassen = Ressourcenschonend

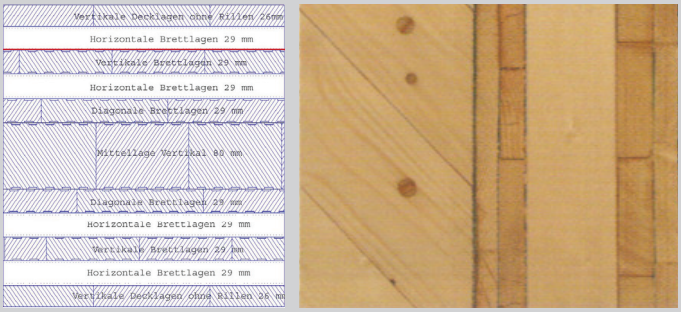
Dämmung notwendig	Ja, wird außen aufgebracht
akustisch wirksame Platte	Ja, durch einseitige Profilierung
Brandverhalten	F90 nach alter Norm, REI gerade in Prüfung

Abbrandgeschwindigkeit	lt. Norm 0,65 mm/min

Rohdichte	430 bis 480 kg/m^3
Gewicht für statische Berechnungen	5,5 kN/m^3
Wärmekapazität c_p	2500 J/kgK
Diffusionswiderstand Mü	30 bis 50
Holzfeuchte bei Auslieferung	11 bis 15%

Verpackung	Verladefertig; Transport mit Verdeck keine Verpackung notwendig, offener Transport Schutz mittels Planen/Folien
Entsorgung	Wiederverwendung durch modularen Aufbau der Elemente oder thermische Entsorgung (hacken-heizen oder hacken-Weiterverarbeitung zu Holzwerkstoffplatten)
Treibhauspotential	je nach Plattendicke, -500 bis -830 kg CO_2 - Äquivalent
Versauerungspotential	je nach Plattendicke, 2,5 bis 0,9 kg SO_2 - Äquivalent

Hersteller bzw. Quelle:
Thoma - Holz100



> Abb.37, Plattenaufbau

c) kreuzweise gedübelt - Holz100

Die kreuzweise gedübelten Elemente bestehen aus einem dickeren stehenden Kern und, je nach Erfordernis, mehreren auf beiden Seiten aufgebrachten Brettschichten, die abwechselnd liegen und stehen. Bei der Herstellung wird auf den Einsatz von Leim und Metallen weitgehend verzichtet.[42]
Die eingefrästen Rillen in der Unterseite der Bretter, erzeugen einen makroskopischen Luftpolster ohne Zirkulation mit verbesserter Wärmedämmwirkung. Diese „integrierte Strukturdämmung“ ermöglicht eine monolithische Bauweise mit überblickbaren Wandstärken. Neben dem Wärmeschutz bietet dieses System einen guten Schall- und Brandschutz, eine hohe Hochfrequenz- und Elektrosmogabschirmung, eine gute Auskühlzeit, eine hohe Behaglicheit mit guter Speicherfähigkeit, gutem Feuchtigkeitsausgleich und Giftfreiheit.[43]

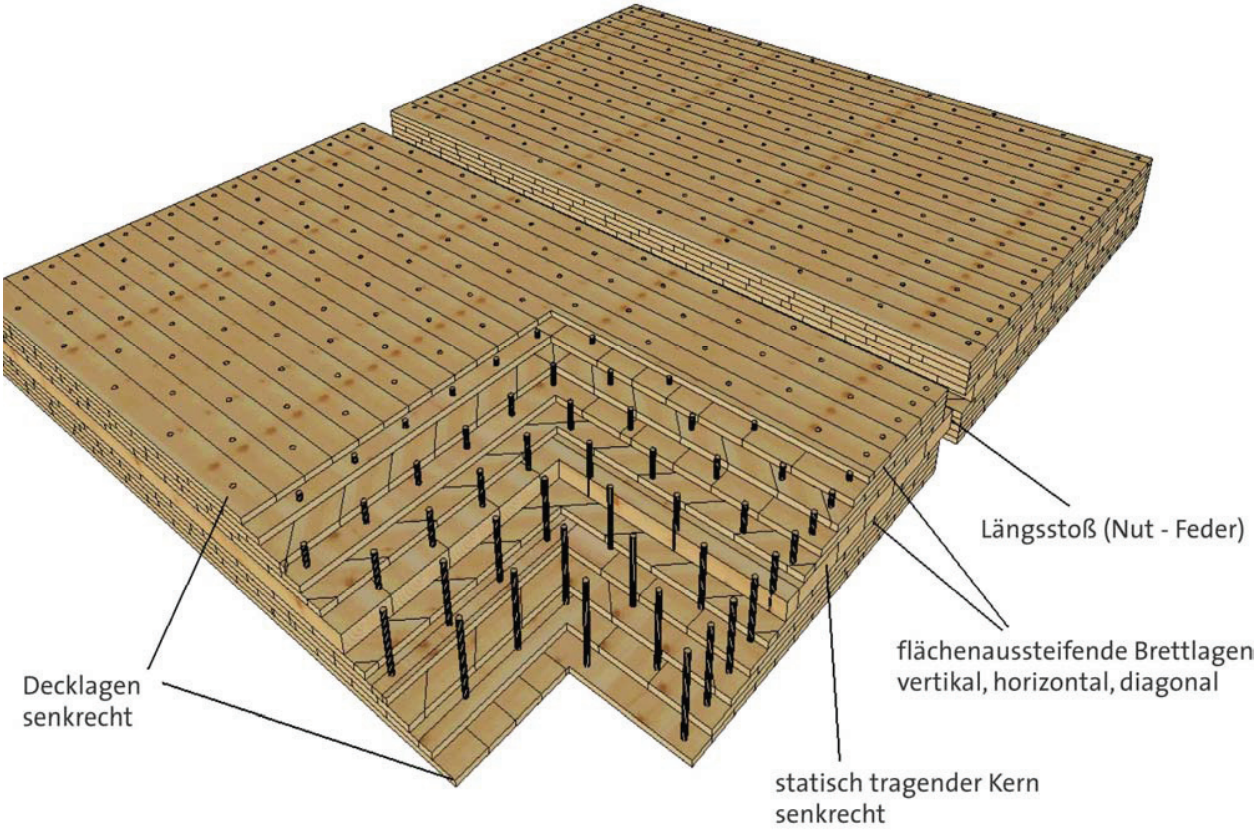


Abb.38, Verdübelung und Fügung Platte

42. vgl. Kolb: Massivholzbau, Holzbau mit System, Lignum - Holzwirtschaft Schweiz, Birkhäuser, 2007, 3. Auflage 2012, Basel, S.124
43. vgl. Thoma: Ing. Erwin Thoma Holz GmbH, Goldegg, o.J., o.S.

Plattenstärke	120 bis 364 mm
Rohmaterial	Bretter aus Nadel- und Laubhölzern C24 Breiten 80 bis 280 mm, Dicken Randlagen 24 bis 29 mm und Kern 60 bis 80 mm (Mondholz)
Verbindungsmittel	Hartholzdübel (Buche) getrocknet und eingepresst
Wärmeleitfähigkeit [Lambda]	0,079 W/mK ab 306 mm Plattenstärke (gem. Messergebnis TU Graz)
Dampfbremse	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten
Luftdichtheit	durch eine Lage Windpapier zw. zwei Brettlagen (unverletzbar), Plattenstösse beachten
REI 60 (90)	ab 170 mm (364 mm)

Anwendungsbereich	Wand, Decke, Dach Umsetzung nur mit befugtem Holzbauer möglich
Plattenaufbau	Brettschichten, innen und außen kreuzweise verlegt mit stehendem Kern bzw. Ober- und Untergurt mittels Hartholzdübel (d=21mm; ca. 25 Stk/$m^{2)}$ verbunden
Plattenformat max. (L/B/Dicke)	8,50 / 3,20 / 0,12 bis 0,364 m
Holzarten	Fichte, Tanne, Kiefer (Lärche, Zirbe auf Anfrage)
Oberflächenqualität	Nichtsicht bzw. Sichtqualität einseitige Sichfläche ohne Dübelbild möglich (Dübel werden nicht ganz durchgeschlagen)
Formveränderung	formstabil
Raster	nicht zwingend notwendig
Auskragungen und große Öffnungen	können problematisch werden - Zusatzkonstruktion notwendig
Elektroinstallationen	Leitungen werden an der Wandaußenseite eingefräst Im Deckenelement kann die Leitungsführung zwischen den Trämen erfolgen
Vorfertigung im Plattenwerk	Verlege- bzw. Montagefertig; Öffnungen werden beim Verdübeln ausgelassen = Ressourcenschonend
Dämmung notwendig	Nein
akustisch wirksame Platte	Nein, zusätzliche Massnahmen notwendig
Brandverhalten	Holz100 36,4 cm REI 120 min Holz100 17,0 cm REI 60 min
Abbrandgeschwindigkeit	0,70 mm/min
Rohdichte	445 kg/m^3
Gewicht für statische Berechnungen	5,0 kN/m^3
Wärmekapazität c_p	1600 J/kgK
Diffusionswiderstand Mü	37
Holzfeuchte bei Auslieferung	12% (+/-2%)
Verpackung	Bei Transport mit Planen und Kartonkanten geschützt; Folierung der Elemente nicht standardmäßig vorgesehen
Entsorgung	problemlose Wiederverwertung aller Holzteile
Treibhauspotential	pro m^3 Holz100 -566 kg CO_2 - äquivalent
Versauerungspotential	pro m^3 Holz100 0,46 kg SO_2 - äquivalent

Hersteller bzw. Quelle:
GT System Fertigung - MHM

> Abb.39, Plattenaufbau

d) kreuzweise genagelt - MHM Massiv-Holz-Mauer

Die kreuzweise genagelten Elemente bestehen aus 23 mm starken Brettlagen. Bei der Vernagelung werden jeweils nur zwei Schichten miteinander verbunden. Durch die einseitig gerillte Oberfläche der Bretter entstehen Lufteinschlüsse, die zu einer U-Wert-Optimierung führen und eine monolithische Bauweise mit überblickbaren Wandstärken ermöglicht. Neben dem Wärmeschutz bietet dieses System einen guten Schall- und Brandschutz, eine hohe Hochfrequenz- und Elektrosmogabschirmung, eine gute Auskühlzeit, eine hohe Behaglicheit mit guter Speicherfähigkeit, gutem Feuchtigkeitsausgleich und Giftfreiheit.[44]

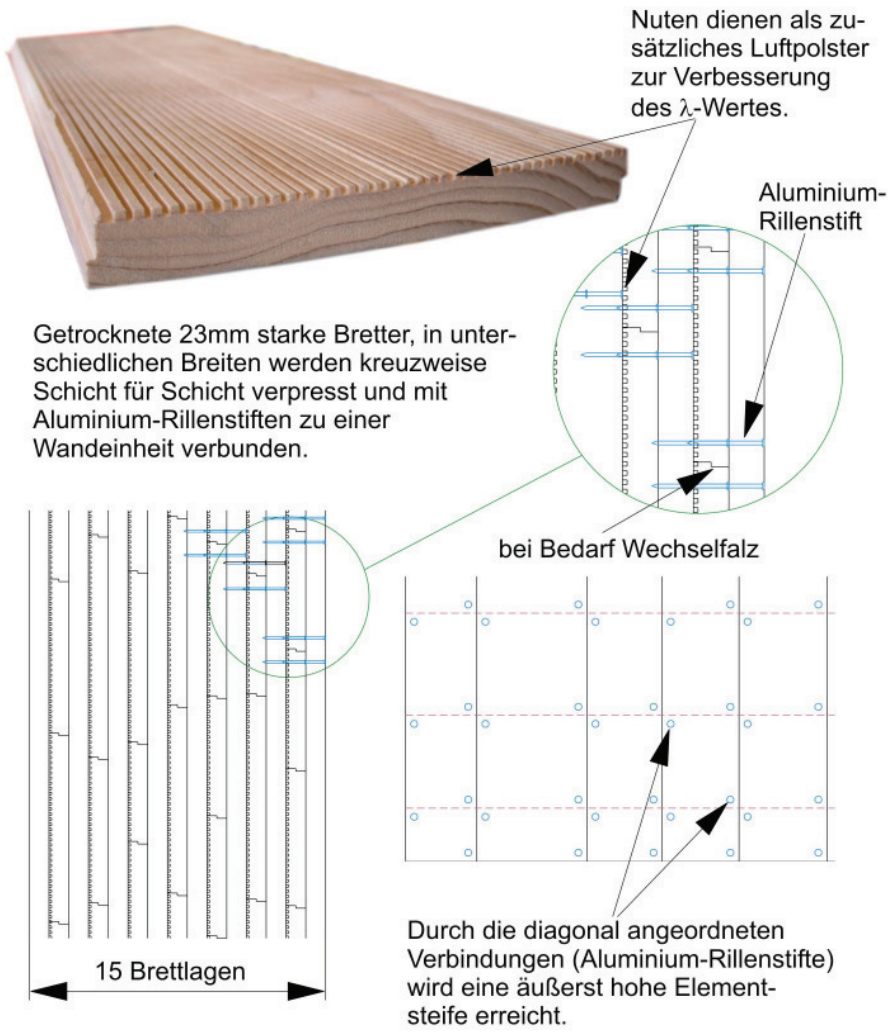


Abb.40, Vernagelung und Fügung Platte

44. vgl. GT-Systemfertigung: Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH, Pforten-Weißbach, Stand Juli 2007, S.19ff

Plattenstärke	115 bis 340 mm
Rohmaterial	Seitenbretter aus Nadelhölzern C16 Breiten 140 bis 260mm, Dicken 23 mm
Verbindungsmittel	Aluminium-Rillenstifte 0,04% Volumenanteil Aluminium in der MHM
Wärmeleitfähigkeit [Lambda]	0,094 W/mK (gem. Messergebnis der MFPA Leipzig)
Dampfbremse	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten
Luftdichtheit	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten bei Passivhausstandard Maßnahmen notwendig
REI 60 (90)	160 mm (205 mm)

Anwendungsbereich	Wand; Decke und Dach mit Brettstapeldeckensystem Umsetzung mit jedem Holzbauer möglich
Plattenaufbau	kreuzweise verpresste und mit Rillenstiften verbundene 5, 7, 9, 11, 13 od. 15 Schichten je nach U-Wert Anforderung
Plattenformat max. (L/B/Dicke)	6,00 / 3,25 / 0,115 bis 0,34 m
Holzarten	Fichte, Tanne, Kiefer (andere auf Anfrage)
Oberflächenqualität	prinzipiell Sägerau, nach Wunsch geschliffen einseitige Sichtqualität technisch möglich, wenn die erste Holzlage stärker (30 mm) ausgeführt wird und somit die Aluminium-Rillenstifte nicht bis an die Oberfläche durchdringen können
Formveränderung	formstabil
Raster	nicht zwingend notwendig
Auskragungen und große Öffnungen	können problematisch werden - Zusatzkonstruktion notwendig
Elektroinstallationen	Leitungen werden an der Wandinnenseite eingefräst und müssen nachträglich Verkleidet werden (Holzschalung, Lehmputz, Gipsfaserplatte)
Vorfertigung im Plattenwerk	Verlege- bzw. Montagefertig; Öffnungen werden beim Vernageln nicht ausgelassen

Dämmung notwendig	ab 295 mm nicht
akustisch wirksame Platte	Nein, zusätzliche Massnahmen notwendig
Brandverhalten	F 90 B ist ohne zusätzliche Bekleidung ab 205 mm problemlos möglich (gem. Prüfzeugnis der MFPA Leipzig)
Abbrandgeschwindigkeit	1,15 mm/min
Rohdichte	ca. 450 kg/m^3
Gewicht für statische Berechnungen	5,0 kN/m^3
Wärmekapazität c_p	2100 J/kgK
Diffusionswiderstand Mü	ca. 65 - Diffusionsoffen, dampfbremsend
Holzfeuchte bei Auslieferung	14% (+/-1%)

Verpackung	Stirnseiten werden für Transport und Montage mit Holzmörtel (Wachs+Sonnenblumenöl+Sägestaub) beschichtet (Kundenwunsch)
Entsorgung	problemlose Wiederverwertung aller Holzteile
Treibhauspotential	425 kWh/m^3 inkl. Pflanzung/Aufzucht/Transport/Sägewerk/Produktion
Versauerungspotential	-

Hersteller bzw. Quelle:
Reinverbund - Soligno

> Abb.41, Plattenaufbau

e) mehrschichtig stehender Block - Soligno

Stehende 60 mm starke Holzpfosten, werden miteinander verkämmt und anschließend mittels Gratleisten zu zwei bis maximal fünf Schichten aneinander gefügt. Die leim- und metallfreie Konstruktion ist luftdicht, setzungsfrei und formstabil. Weiters bietet dieses System eine geruchsneutrale und schadstoffreie Raumatmosphäre, es beugt der Bildung von Mikroorganismen vor, ist sorptionsfähig (Abbau von Gerüchen), vermeidet die elektrostatische Aufladung und schützt vor Hochfrequenzen. Elektroinstallationen können an der Rückseite der innersten Schicht eingefräst werden.[45]

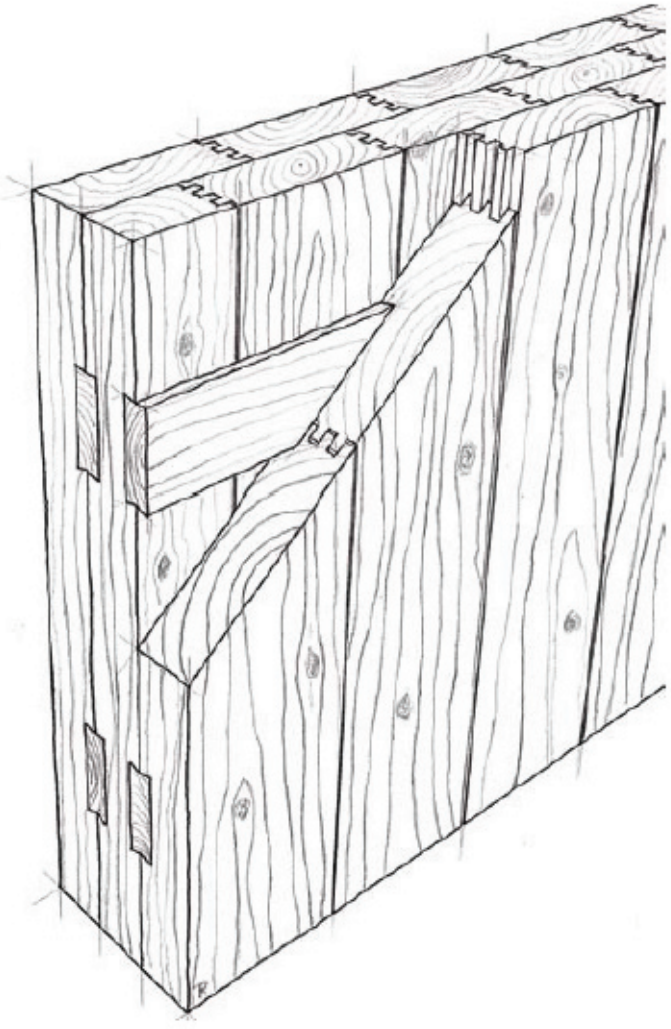


Abb.42, Vernagelung und Fügung Platte

45. vgl. Soligno: Reinverbund GmbH, Prad am Stilfserjoch, o.J., o.S.

Plattenstärke	120 bis 300 mm
Rohmaterial	Fichten Mondholz Breiten 120 bis 180 mm, Dicken 60 mm
Verbindungsmittel	Holzgratleisten (leim- und metallfrei)
Wärmeleitfähigkeit [Lambda]	0,097 W/mK (gem. Messergebnis ETH Zürich)
Dampfbremse	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten
Luftdichtheit	durch Platte gegeben, Plattenstösse beachten
REI 60 (90)	-

Anwendungsbereich	Wand; Decke und Dach nach ähnlichem Prinzip Umsetzung mit jedem Holzbauer möglich
Plattenaufbau	mehrlagig stehender Block der mittels Gratleisten verbunden wird
Plattenformat max. (L/B/Dicke)	5,00 / 3,00 / 0,12 bis 0,30 m
Holzarten	Fichte, Tanne, Zirbe (andere auf Anfrage)
Oberflächenqualität	Sicht (Si) Nichtsicht (NSi)
Formveränderung	formstabil
Raster	nicht zwingend notwendig
Auskragungen und große Öffnungen	können problematisch werden - Zusatzkonstruktion notwendig
Elektroinstallationen	Leitungen werden im Wandinneren eingefräst Im Deckenelement kann die Leitungsführung zwischen den Trämen erfolgen
Vorfertigung im Plattenwerk	Verlege- bzw. Montagefertig
Dämmung notwendig	Ja, wird außen aufgebracht
akustisch wirksame Platte	Nein, zusätzliche Massnahmen notwendig (Schallschutzverbesserung durch Einbringung von Schüttmaterial)
Brandverhalten	F30 ohne Probleme Bei Soligno120-Wand erhöht sich die Temperatur auf der anderen Raumseite um lediglich 10°C
Abbrandgeschwindigkeit	0,65 mm/min
Rohdichte	ca. 480 kg/m^3
Gewicht für statische Berechnungen	Breite 500-600 kg/m^3
Wärmekapazität c_p	1600 J/kgK (Fichte bei 12% Holzfeuchte)
Diffusionswiderstand Mü	20-40
Holzfeuchte bei Auslieferung	14% (+/-2%)
Verpackung	100% recycelbar, es werden keine chemischen Stoffe verwendet
Entsorgung	problemlose Wiederverwertung aller Holzteile
Treibhauspotential	-
Versauerungspotential	-

3.0 fallstudie anhand eines bürohauses

Die Fallstudie dient zur Auslotung der Grenzen im monolithischen Bauen mit Holz, als auch der Untersuchung der These, dass eine monolithische Holzbauweise weniger Energie benötigt, als die Passivhausbauweise.
Vorweg kann festgehalten werden, dass beim monolithischen Bauen mit Sicherheit mehr Energie während der Nutzungsphase eines Gebäudes benötigt wird, als bei einem Passivhaus. Interessant ist jedoch die Frage, wieviel durch die graue Energie eingespart werden kann und wie lange es dauert bis der Vorteil des wirtschaflicheren Betriebes beim Passivhaus tragend wird.

Um diese These zu überprüfen, werden klar formulierte Rahmenbedingungen aufgestellt, die es bei der Entwicklung des Projektes zu beantworten gilt. Neben der Schichtenreduktion ist das Ziel, bei den Aufbauten Lösungen zu finden, bei denen weitestgehend der Baustoff Holz oder dem Holz verwandte Baustoffe eingesetzt werden.
Neben den bauphysikalischen Rahmenbedingungen sind beim Holzbau aber vor allem die Vorschriften hinsichtlich des Brandschutzes maßgebend. Aus diesem Grund fällt die Wahl der Funktion des zu untersuchenden Gebäudes auf eine Büronutzung, welche sowohl im Bereich des Brandschutzes, als auch des Schallschutzes, Lösungsansätze verlangt.

3.1 Rahmenbedingungen

Folgende Rahmenbedingungen wurden als Zielvorgabe definiert:

- Ausführung der tragenden Außenwände aus einer einschaligen massiven Holzkonstruktion
- Nutzung der positiven Eigenschaften der massiven Holzkonstruktion für den Innenraum durch weitgehend sichtbaren Einsatz
- Einsatz von ausschließlich leimfreien Massivholz
- möglichst vielfältige Verwendung des Baustoffes Holz oder dem Holz verwandte Baustoffe
- Einsatz von Verbundkonstruktionen und Fremdmaterialien wie Beton, Folien, Bleche usw. auf ein Minimum reduzieren
- Untersuchung am Beispiel eines Bürohauses (ein Unternehmen)

3.2 Definition

Im Wesentlichen definiert der Brandschutz die Grenzen im Holzbau und insbesondere im monolithischen Bauen mit Holz. Alle sonstigen Anforderungen wie Wärmeschutz, Schallschutz und Raumatmosphäre können im Detail gelöst werden. Auf Grund dieser Tatsache hängt vor allem die Geschossanzahl von der maximal möglichen Gebäudeklasse ab.
Bis zur Gebäudeklasse 3 (GK 3) ist eine komplette Ausführung der tragenden Struktur in sichtbaren massiven Holzkonstruktionen möglich, lediglich im Treppenhaus ist bei der GK 3 darauf zu achten, dass die Wand- und Decken-

bekleidung dem Brandverhalten C-s1,d0 (C=schwerentflammbar, s1=keine/kaum Rauchentwicklung, d0=kein Abtropfen/Abfallen) entsprechen und die Böden mit Laubhölzern und einer Mindestdicke von 15 mm ausgeführt sind. Bei der Gebäudeklasse 4 (GK 4) ist ebenfalls eine komplette Auführung in sichtbarer massiver Holzkonstruktion möglich, jedoch ist in der GK 4 eine Verwendung von sichtbarem Holz im Treppenhaus nicht mehr möglich. Hier muss zumindest die Oberfläche aus einem nicht brennbaren Material ausgeführt sein. Ab der Gebäudeklasse 5 wird es im Holzbau nach dem heutigen Stand der Vorschriften sehr schwierig, Holzoberflächen sichtbar zu belassen.[46]
Auf Grund der beschrieben Rahmenbedinungen kann somit bis zu maximal vier Geschossen mit sichtbaren Holzkonstrutionen gebaut werden. Deshalb wird sich die Fallstudie mit der GK 4 beschäftigen, auch wenn hier im Bereich des Treppenhauses die Holzkonstruktion verkleidet werden muss. Eine Lösung mit verkleideter Holzkonstruktion wird dem Vorzug gegenüber einer Stahlbetonkonstruktion gegeben.

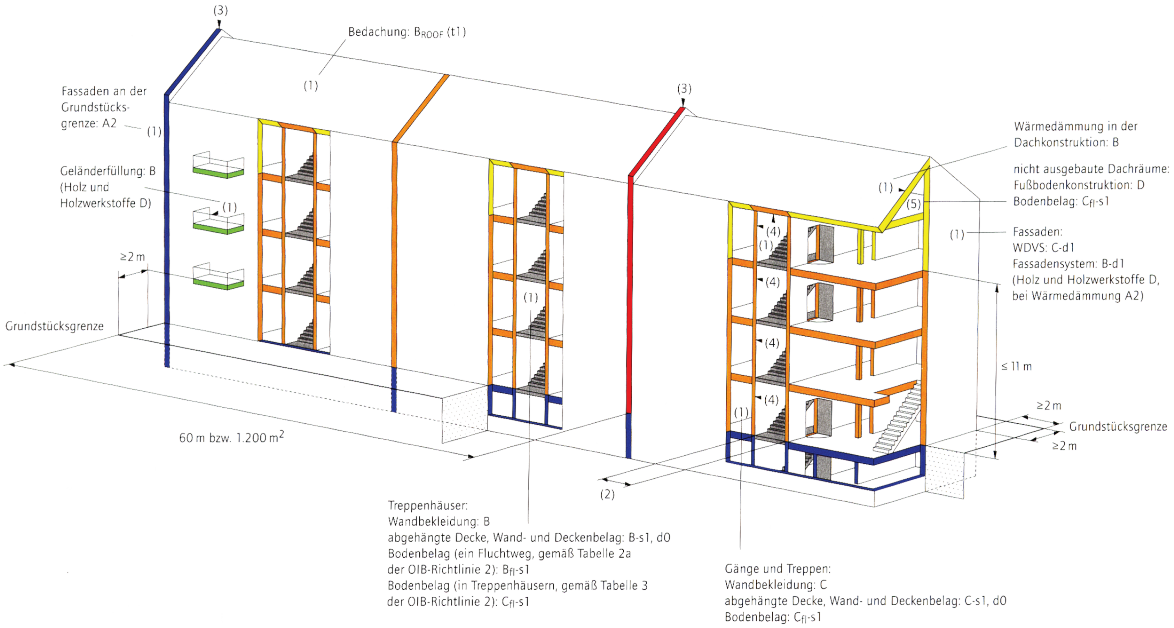
Die wichtigsten Parameter für die Konzeption eines Bürohauses aus massiver Holzkonstruktion in der Gebäudeklasse 4 sind:

- max. 4 oberirdische Geschosse
- max. 11 m Fluchtniveau vom obersten Geschoss
- max. eine Betriebseinheit, oder mehrere Betriebseinheiten von jeweils nicht mehr als 400 m^2 Brutto-Grundfläche der oberirdischen Geschosse
- Fassade in Holz- und Holzwerkstoffe D möglich, wenn Wärmedämmung A2
- Holzfassaden an der Grundstücksgrenze nicht möglich - Anforderung A2
- Treppenhauswände REI 60 und Wandbekleidung B
- Außentreppe in A2, im Brandfall keine Beeinträchtigung durch Flammeneinwirkung und gefahrbringende Strahlungswärme

46. vgl. Teibinger: Brandschutzvorschriften in Österreich - Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2, att.zuschnitt, proHolz Austria, 2012, Wien, S.4ff

Definition Gebäude der Gebäudeklasse 4 (GK 4)
Gebäude mit nicht mehr als vier oberirdischen Geschoßen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 11 m, bestehend aus einer Wohnung bzw. einer Betriebseinheit ohne Begrenzung der Grundfläche oder aus mehreren Wohnungen bzw. mehreren Betriebseinheiten von jeweils nicht mehr als 400 m² Brutto-Grundfläche der oberirdischen Geschoße.

(1) Hinsichtlich der Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten ist Tabelle 1 einzuhalten (siehe Seite 4).
(2) Hinsichtlich der Durchgangsbreiten von Gängen, Treppen und Türen im Verlauf von Fluchtwegen sind auch die Anforderungen der Richtlinie 4 einzuhalten.
(3) Die brandabschnittsbildenden Wände sind 15 cm über Dach zu führen. Sie brauchen nur bis zur Dacheindeckung geführt werden, sofern eine Brandübertragung durch andere Maßnahmen wirksam eingeschränkt wird. Die Anforderungen hinsichtlich der Abstände von Öffnungen zu den brandabschnittsbildenden Wänden werden auf Seite 8 visualisiert.
(4) Die Wände von Treppenhäusern und die Decken über dem Treppenhaus können bei oberirdischen Geschoßen mit einem Feuerwiderstand von 60 Minuten ausgeführt werden, wobei die treppenhausseitigen Baustoffe A2 entsprechen müssen.
(5) Sofern die oberste Decke als Trenndecke ausgeführt wird, gilt anstelle der R-30- eine REI-60-Anforderung.

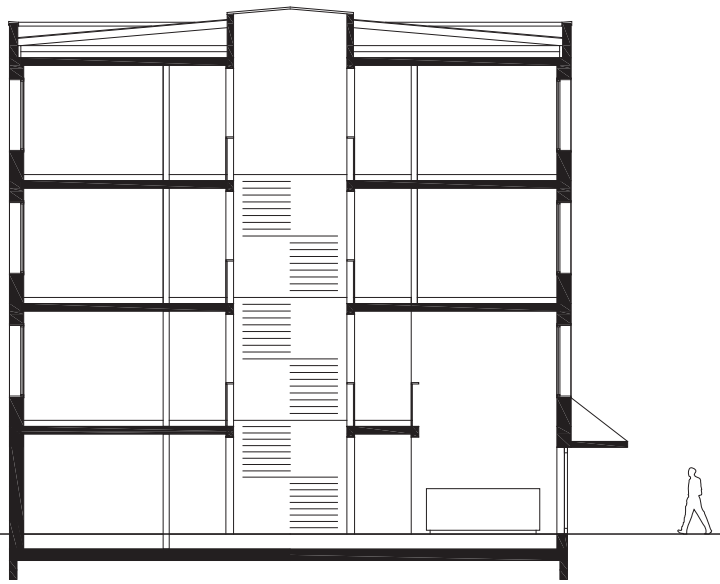


	Gegenstand	Anforderungen an Treppenhäuser bzw. Außentreppen im Verlauf des einzigen Fluchtweges gemäß 5.1.1 (b) Tabelle 2a der OIB-Richtlinie 2	Anforderungen an Treppenhäuser bzw. Außentreppen im Verlauf von Fluchtwegen gemäß 5.1.1 (c) Tabelle 3 der OIB-Richtlinie 2
1	**Türen in Wänden von Treppenhäusern**		
1.1	zu Wohnungen	EI_2 30-C-S_m	EI_2 30
1.2	zu Betriebseinheiten sowie sonstigen Räumen	EI_2 30-C-S_m	EI_2 30-C
1.3	zu Gängen in oberirdischen Geschoßen	EI_2 30-C	E 30-C
1.4	zu Gängen und Räumen in unterirdischen Geschoßen	EI_2 30-C	EI_2 30-C
2	**Treppenläufe und Podeste in Treppenhäusern**		
2.1	in Treppenhäusern ohne Schleusen	R 60 und A2	R 60
2.2	in Treppenhäusern, in die ausschließlich Türen in E 30-C bzw. EI_2 30-C führen	–	A2
3	**Außentreppen**	A2 und im Brandfall keine Beeinträchtigung durch Flammeneinwirkung und gefahrbringende Strahlungswärme	

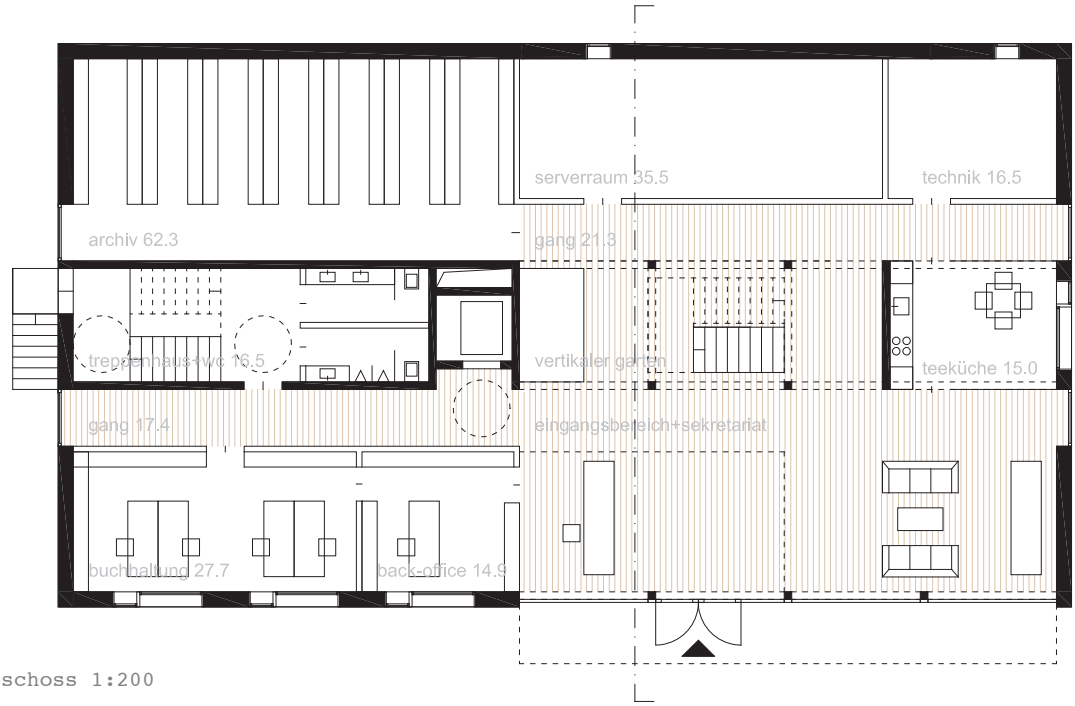
Abb.43, Anforderungen für Gebäude der Gebäudeklasse 4

3.3 räumliches Konzept

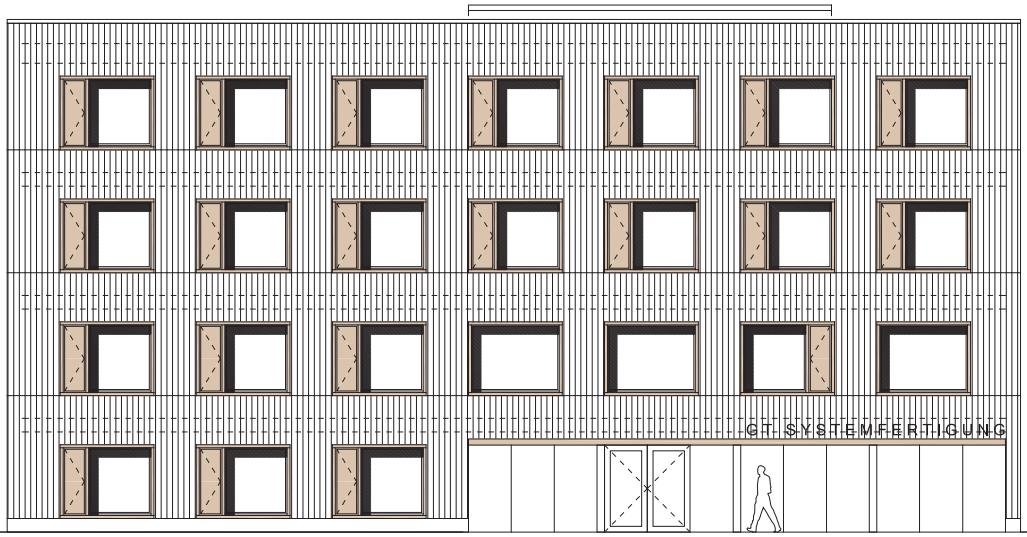
Der 4-geschossige Baukörper gliedert sich im Grundriss in drei Funktionszonen. Im Norden und Süden befinden sich jeweils zwei Bürozeilen, wobei im Erdgeschoss und 1. Obergeschoss sich nach Süden die Sondernutzungen wie Eingangsbereich, Verwaltung, Ausstellungsraum und Besprechungsraum orientieren. Die mittlere Zone dient der statischen Aussteifung und beherbergt das über alle vier Geschosse offene Treppenhaus, das abgeschlossene Fluchttreppenhaus, die WC-Anlagen, den Lift mit sämtlichen vertikalen Versorgungsleitungen, sowie die Teeküche und den internen Besprechungsraum. Die sehr stringente Gliederung der Bürogeschosse wird im Erdgeschoss und 1. Obergeschoss durch einen über beide Geschosse reichenden Luftraum aufgelöst, der sich mit dem offenen Treppenhauses verzahnt. Es entsteht eine einladende Erschließungzone mit guter Orientierbarkeit und räumlichen Bezügen zwischen den Geschossen. Die Belichtung der Mittelzone erfolgt über das großzügige Glasdach im Bereich des Treppenhauses.



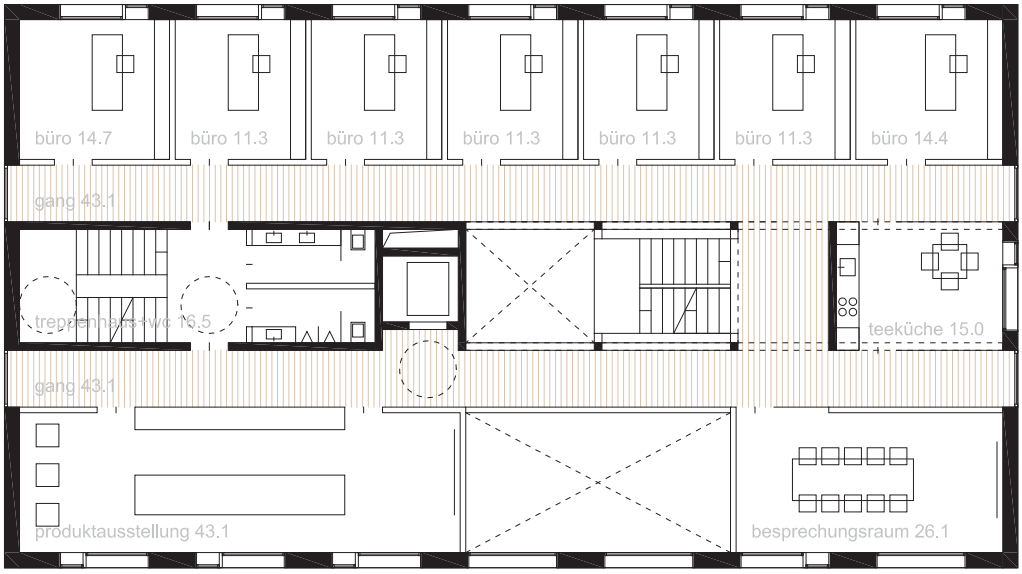
< Schnitt 1:200



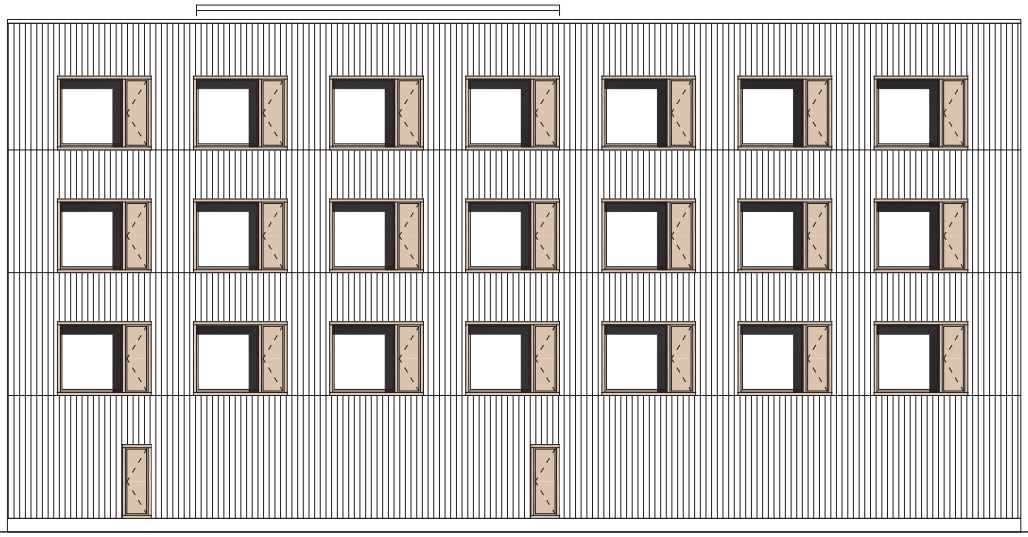
Erdgeschoss 1:200



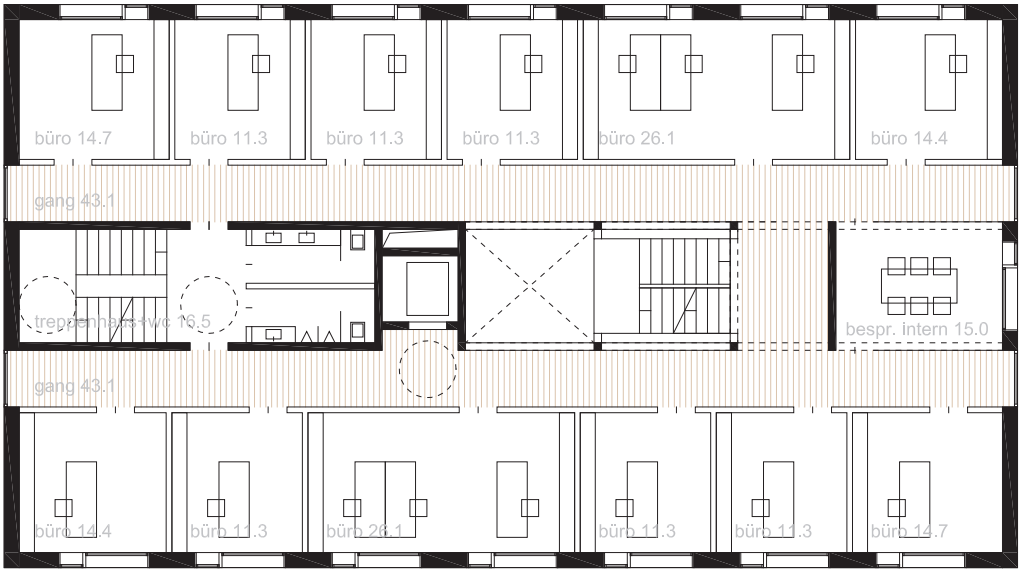
Südfassade 1:200



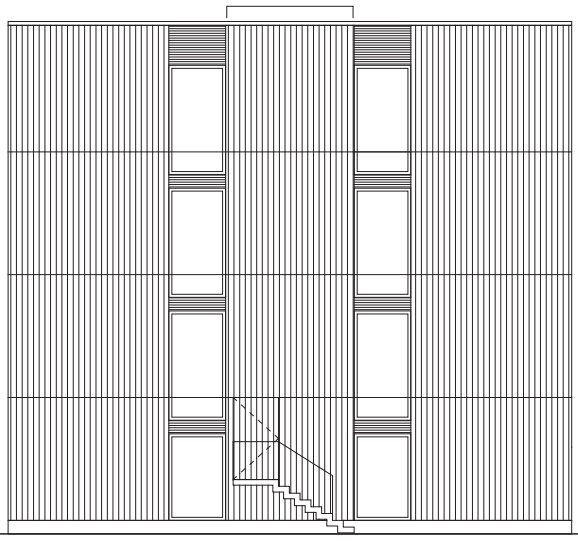
1. Obergeschoss 1:200



Nordfassade 1:200



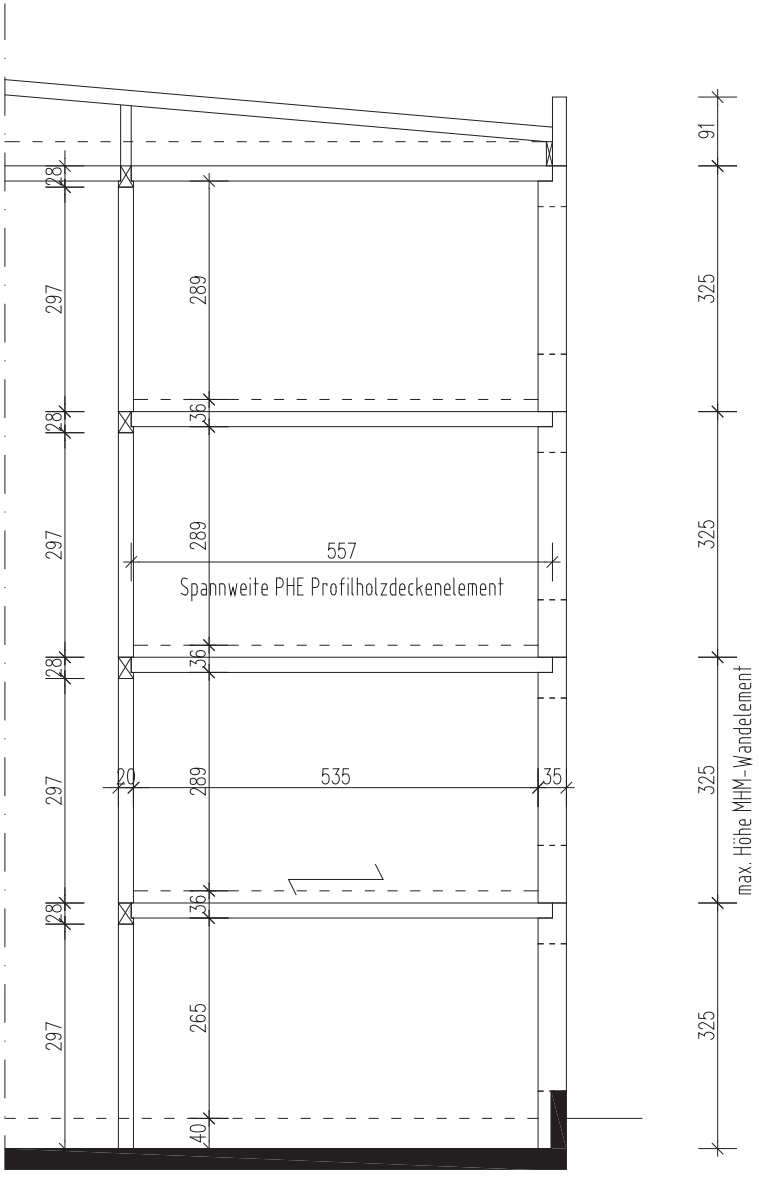
2. und 3. Obergeschoss 1:200



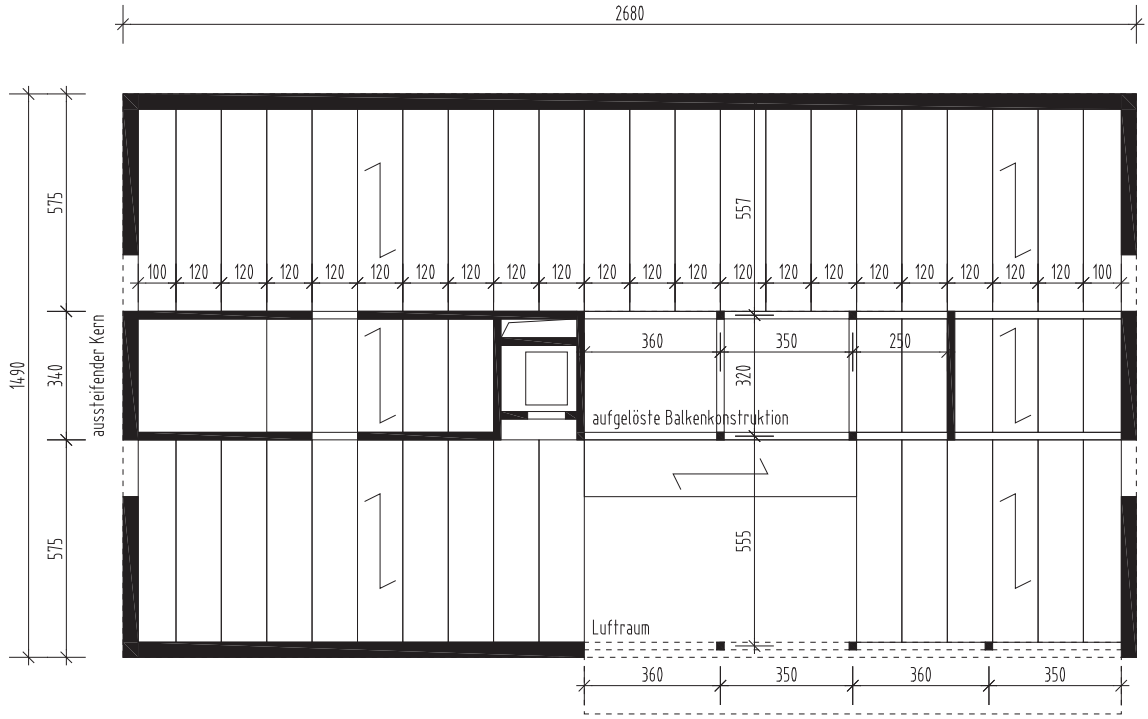
Westfassade 1:200

3.4 konstruktives Konzept

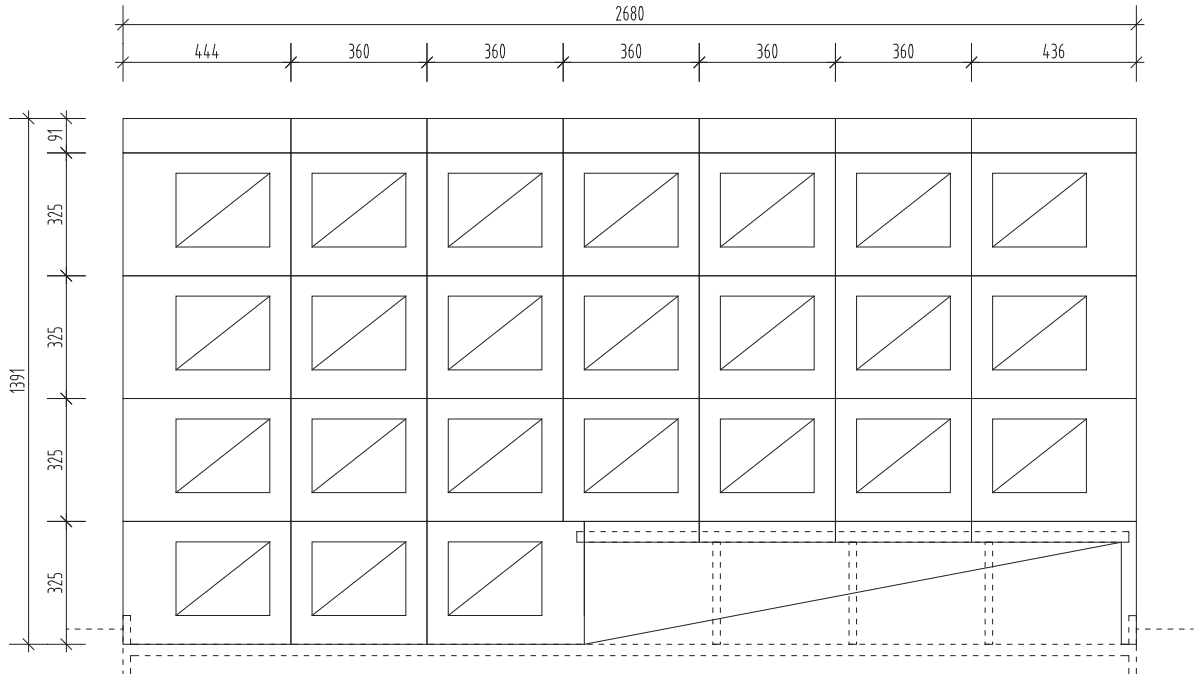
Das konstruktive Konzept besteht aus einer aussteifenden Mittelschicht und einer umlaufenden tragenden Außenwand, wobei sämtliche tragenden Bauteile aus massivem Holz bestehen.
Das Gebäude ist auf die Produktionsgrößen der Wand- und Deckenelemente der Firma GT-Systemfertigung abgestimmt. Die Schnittentwicklung ergibt sich aus der maximalen Höhe der MHM-Wandelemente mit 3,25 m, der Grundriss aus den maximalen Produktionsbreiten der PHE-Deckenelemente mit einem Elementraster von 1,20 m.



Elementierung Schnitt 1:100



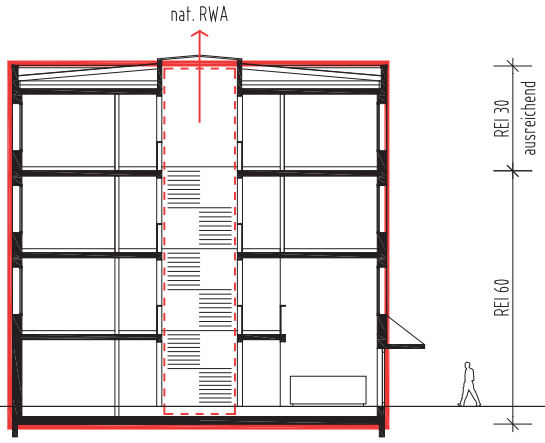
Deckenraster 1. Obergeschoss 1:200



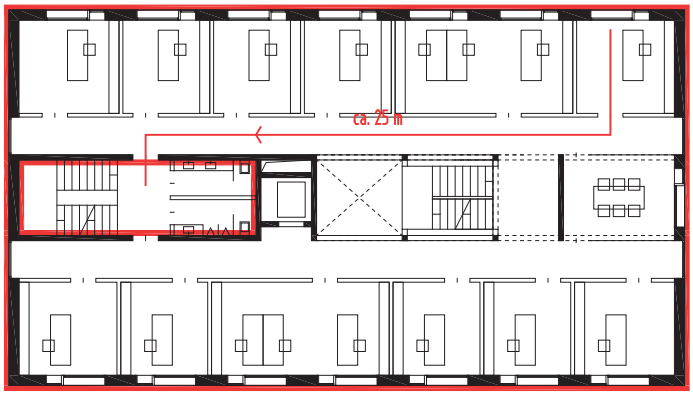
Elementierung Südfassade 1:200

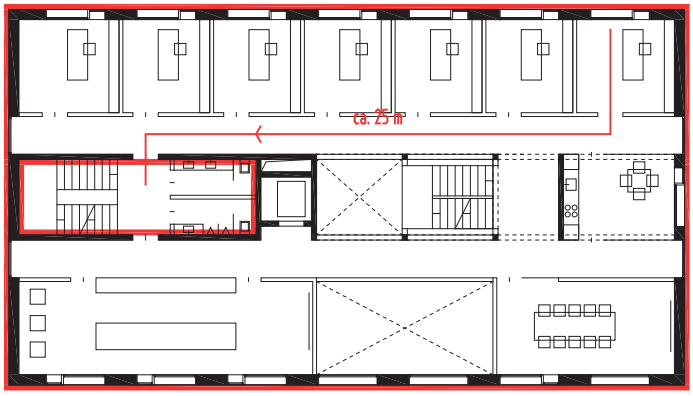
3.5 brandschutztechnisches Konzept

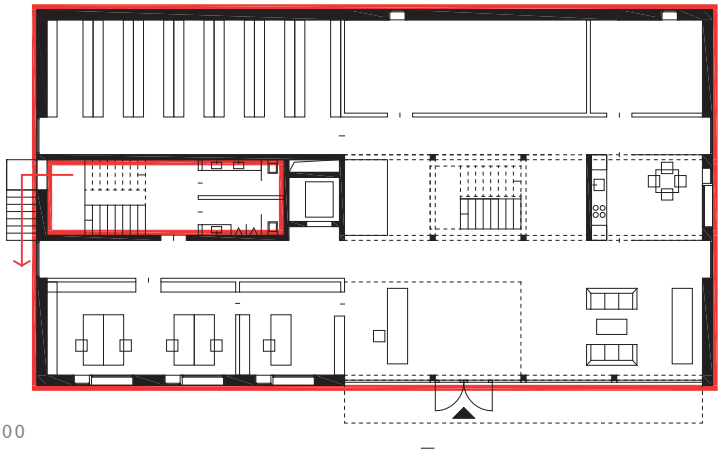
Auf Grund der eingehaltenen Parameter, die unter Kapitel 3.2 definiert wurden, kann das gesamte Bürogebäude als ein Brandabschnitt konzipiert werden. Dadurch ist es auch möglich, die räumliche Entwicklung des offenen Stiegenhauses über alle vier Geschosse anzubieten. Zusätzlich muss auf Grund des 40 m Fluchtniveaus ein zweites Fluchttreppenhaus angeboten werden, das als eigenständiger Brandabschnitt auszuführen ist. Dieser Bereich ist der einzige im gesamten Bürogebäude, bei dem die sonst sichtbare Holzkonstruktion mit einem Material der Klasse B (Gipsfaserplatte) verkleidet wird. Die im offenen Treppenhaus notwendige Rauch- und Wärmeabzugsanlage wird mittels automatisch öffenbaren Abzugsöffnungen in der Dachverglasung realisiert.



< Brandschutzkonzept Schnitt 1:300



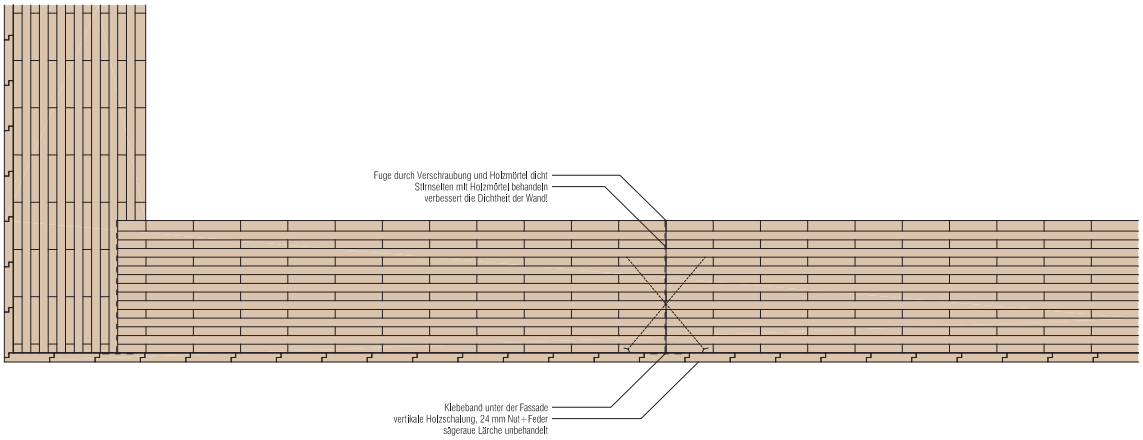




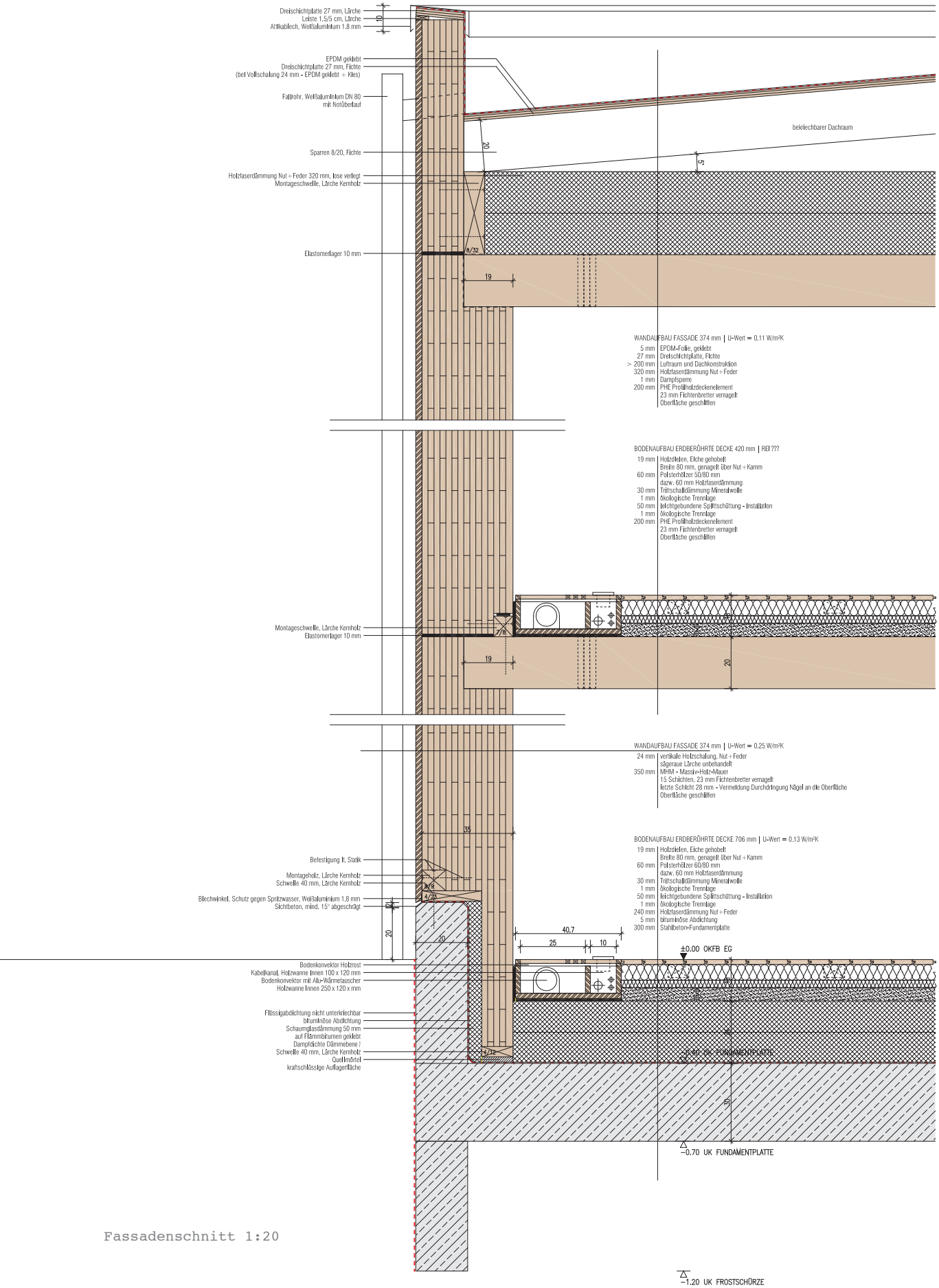
Brandschutzkonzept Grundrisse 1:300

3.6 Detail- und Materialkonzept

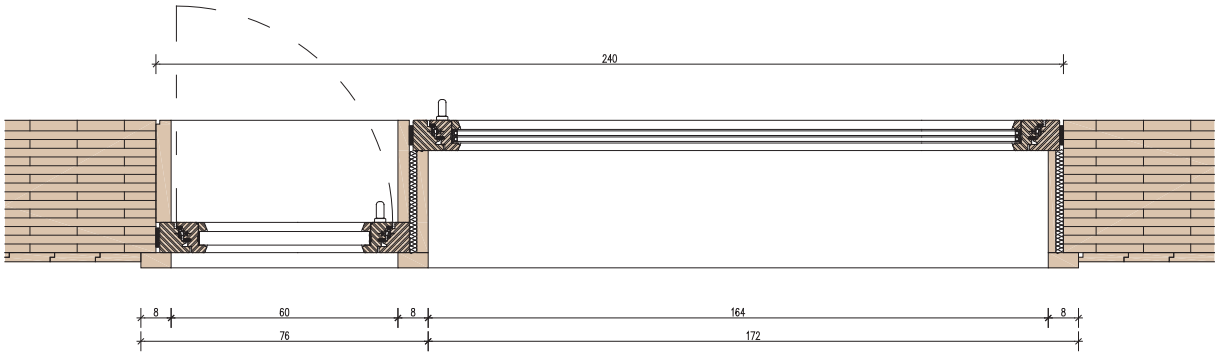
Ziel der Detailentwicklung ist ein möglichst hoher Einsatz des Baustoffes Holz oder dem Holz verwandten Materialien wie z.B. Holzfaserdämmung. Folien oder Bleche sollen nur dort zum Einsatz kommen, wo es auf Grund technischer Anforderungen nicht anders möglich ist. Weiters soll die massive Holzkonstruktion als solche erlebbar bleiben und die Raumatmosphäre bestimmen. Vor allem soll die monolithische Holzwand nicht durch Verkleidungen kaschiert werden. Anforderungen wie Wärme- oder Schallschutz und Problempunkte wie z.B. der Sockelanschluss sollen aufzeigen, dass dem Einsatz von monolithischen Holzwänden keine Grenzen gesetzt sind.



horizontale Eckverbindung und horizontaler Elementstoss 1:20

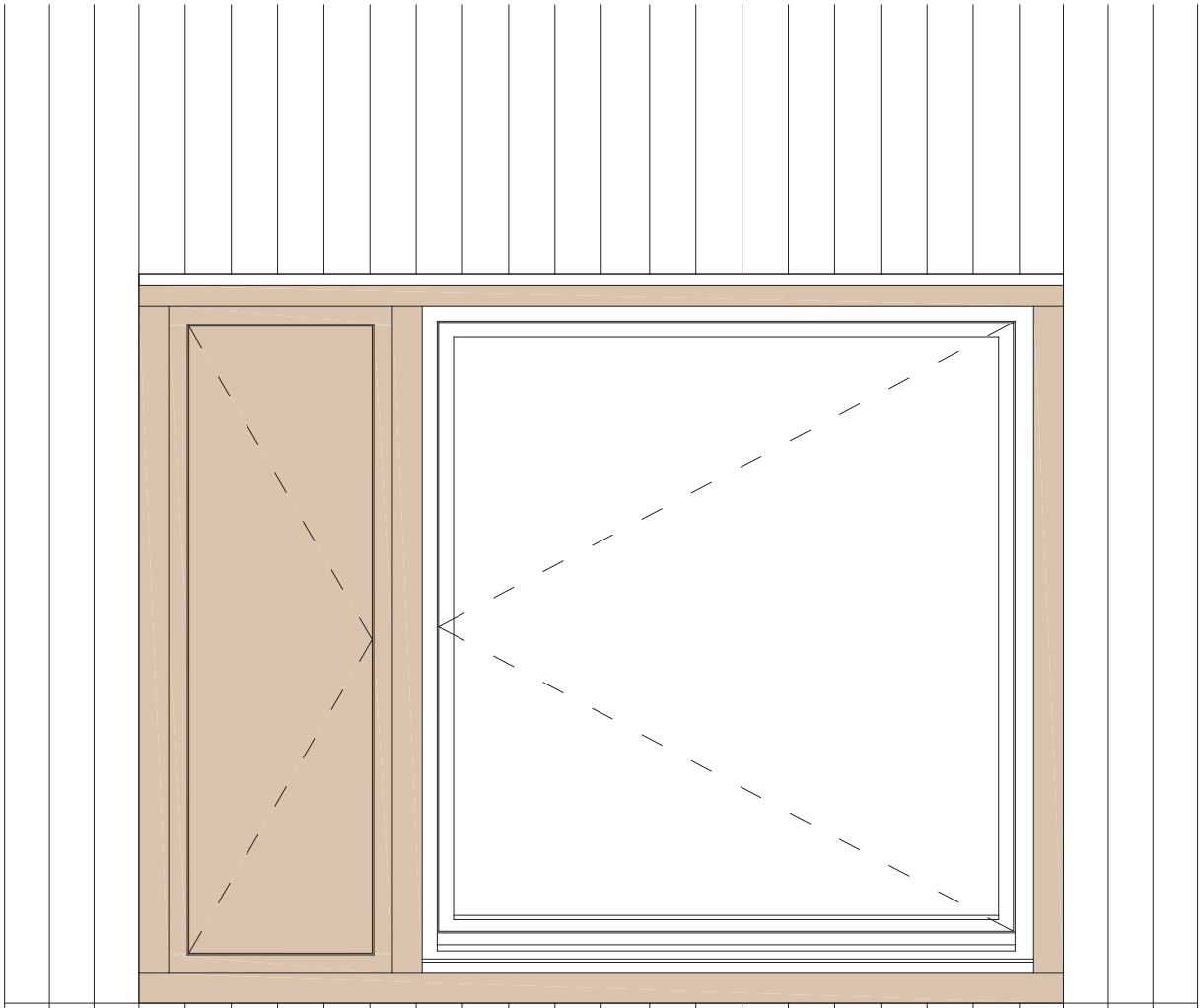


Fassadenschnitt 1:20

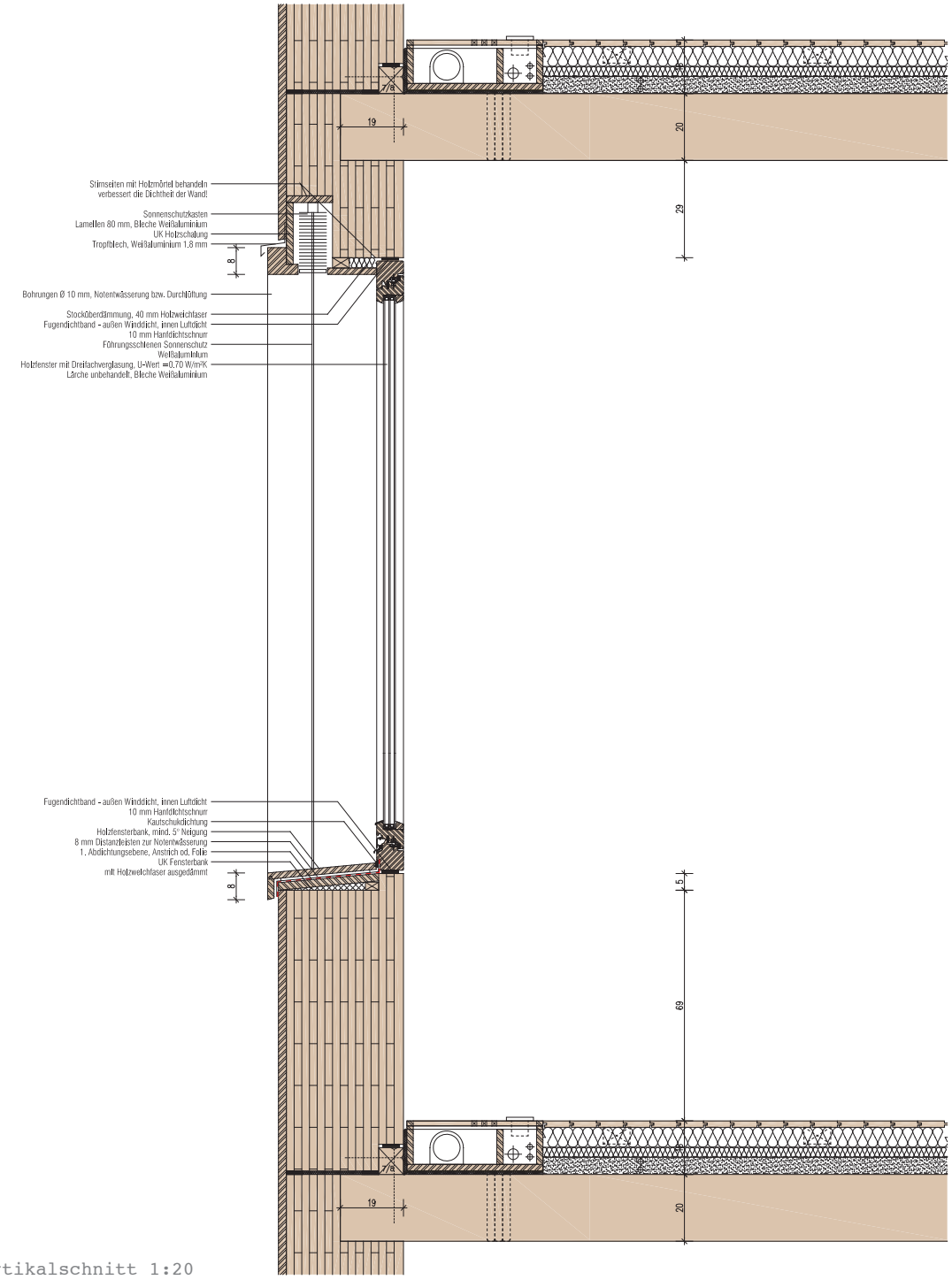


Fenster Horizontalschnitt 1:20

60



Fenster Ansicht außen 1:20



Fenster Vertikalschnitt 1:20

3.7 Vergleich monolithischer Holzmassivbau versus Passivhaus

Die These, dass eine monolithische Holzbauweise weniger Energie benötigt, als die Passivhausbauweise, wird anhand eines Vergleiches dreier Bauweisen untersucht.
Das in monolithischer Holzbauweise konzipierte Bürohaus wird mit einer Holzrahmenbauweise in Passivhausstandard und einem Standardmassivbau ebenfalls in Passivhausstandard verglichen. Alle drei Bauweisen werden mit denselben Rahmenbedingungen wie Heizsystem (Wärmepumpe mit Tiefenbohrung), Fensterqualität (U-Wert=0,700 W/m²K inkl. außenliegender Verschattung) und Standort angenommen.
Untersucht wird einerseits der Energieverbrauch anhand des Heizwärmebedarfs und andererseits die graue Energie bis Werkstor (Ende der Produktionskette des jeweiligen Baustoffes). Die Studie zeigt eine Gegenüberstellung des vor allem für den Endverbraucher interessanten Heizwärmebedarfs mit dem für die Volkswirtschaft anfallenden Output grauer Energie.
Der Schwerpunkt des Vergleiches liegt also auf einer gesamtheitlichen Energiebetrachtung. Der wirtschaftliche Aspekt wird in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.
Die im folgenden erläuterten Berechnungsgrundlagen und -ergebnisse wurden der Firma Ressourcen Management Agentur GmbH, Villach, beauftragt. Detaillierte Informationen können dem Anhang entnommen werden.

3.7.1 Betrachtungsebenen[47]

- Energieausweis
Erstellung der Energieausweise und Darstellung von relevanten Ergebnissen (z.B. Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, OI3-Index).
- vereinfachter ökologischer Vergleich
Durchführung eines vereinfachten ökologischen Vergleichs der drei Gebäude auf Basis der Ergebnisse der Energieausweise. (Primärenergiebedarf und CO_2).

3.7.2 Datengrundlagen und Einschränkungen[48]

- Bauteilaufbauten
Die Bauteilaufbauten für die monolithischen Holzbauweise ist dem Kapitel 3.6 zu entnehmen. Für die beiden Passivhausbauweisen dient als Basis der IBO-Passivhausbauteilkataloges. Die Baustoffe selbst sind der Datenbank „baubook“ entnommen. Es wird darauf geachtet, dass die beiden Passivhäuser (Variante 2 und 3) die selben wärmetechnischen Werte aufweisen (U-Werte der wärmeübertragenden Bauteile und Heizwärmebedarf).
- Fenster
Die wärmetechnischen Werte der Fenster und die Verschattung werden bei den drei Gebäuden gleich angenommen. Die Beschattung wird nicht detaillierter erfasst.
- Heiztechnik
Für den Vergleich werden alle drei zu untersuchenden Gebäude mit dem gleichem Heizsystem mit Wärme versorgt. Die beiden Passivhäuser sind zusätzlich

47. vgl. Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.2 (gilt für das gesamte Kapitel 3.7.1)
48. vgl. Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.2ff (gilt für das gesamte Kapitel 3.7.2)

mit einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (angenommene Rückwärmezahl 65 %) ausgestattet. Als Luftdichtheitswert wird ein n50 von 0,6 h-1 angenommen.

- OI3 Index

Der Ökoindex3 beschreibt die ökologische Qualität der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken eines Gebäudes. Er wird durch den Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie (PEI n.e.), der globalen Erwärmung durch Treibgase (GWP) und durch das Säurebildungspotential AP (Acidification Potential) der Baustoffe gebildet und je mit einem Drittel gewichtet. Je niedriger der OI3-Wert desto weniger belastet das Gebäude die Umwelt.

- Ökologische Bewertung der Baustoffe

Die verwendeten Baustoffe der drei Gebäude werden auf Basis der Datenbank „baubook“ erfasst. Die Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar, Treibhauspotential und Versauerungspotential werden bei der ökologischen Bewertung (OI3-Indikator) mit der Systemgrenze „Werkstor“ bilanziert. Das bedeutet, dass beim ökologischen Vergleich folgende Punkte nicht mit einbezogen werden:

- Transportwege vom Werk bis zur Baustelle
- Herstellungsaufwand von Bauteilen in den Werken und auf der Baustelle
- Wartungs- und Instandhaltungsaufwand im Betrieb
- Rückbaueigenschaften
- Einflüsse auf die Gesundheit der Nutzer
- Wiederverwendungs-, Entsorgungs-, und Verwertungseigenschaften

- Energieträger, Primärenergiebedarf, CO2-Emissionen

Als Energieträger kommt bei allen drei Gebäuden, für die Energiebereitstellung mit Wärmepumpe und zum Betrieb des heiztechnischen Systems, Strom zum Einsatz. Es werden die Konversationsfaktoren der OIB-Richtline 6 (Primärenergie und CO_2) verwendet. Für Strom ist ein „Österreich-Mix“ definiert. Je nach Wahl eines Stromprodukts (z.B. „100 % Naturstrom“) können sich die realen Konversationsfaktoren ändern – dies ist jedoch im Zuge der Energieausweiserstellung nicht vorgesehen.

- Standort

Als Standort des Gebäudes für den Vergleich wird Klagenfurt definiert.

3.7.3 Ergebnisse Energieauweis monolithisches Holzgebäude[49]

- Energieausweis

Beim Bürohaus mit monolithischer Bauweise wird bezogen auf das Referenzklima ein HWB* von 7,8 kWh/m³a erreicht. Die Anforderungen der OIB-Richtlinie 6 für den Neubau mit 11,4 kWh/m³a werden damit klar erfüllt. In Bezug auf den Kühlbedarf können die Anforderungen aus derzeitiger Sicht mit einer strahlungsgesteuerten Verschattung (Außenjalousie) erfüllt werden. Auch im Bezug auf den Endenergiebedarf werden die Vorgaben der OIB-Richtline erfüllt, wobei das zum Einsatz kommende Heiztechniksystem und dessen Effizienz einen sehr großen Einfluss auf den Endenergiebedarf aufweist (Wärmepumpenheizungen haben auf Grund der Nutzung von Umweltwärme Vorteile).

49. vgl. Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.5ff (gilt für das gesamte Kapitel 3.7.3)

- OI3-Berechnung

Der OI3-Index des monolithischen Holzgebäudes kann als sehr gut bewertet werden. Derzeit wird der OI3 Index bei einigen Wohnbauförderungen der Länder und auch bei Gebäudedeklarationssystemen (z.B. klima:aktiv) verwendet.

3.7.4 ökologischer Vergleich monolithisches Holzgebäude mit Passivhaus[50]

- Energiekennzahlen

Folgend sind die wichtigsten Energiekennzahlen der drei untersuchten Varianten dargestellt. Die niedrigeren Energiekennzahlen der Passivhausvarianten resultieren aus den teilweise besseren U-Werten und der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung.

		PH Massiv	PH Holzrahmen	monoHOLZ
HWB*	kWh/m³a	3,7	3,6	7,8
HWB*	kWh/a	19.734	19.463	45.989
KB*	kWh/m³a	0,7	0,8	0,6
HTEB	kWh/a	13.946	14.562	8.254
EEB	kWh/a	108.989	109.306	111.302
PEB		330.126	330.632	291.611
PEB n.ern.	kWh/a	270.905	271.321	239.299
CO_2	kg/a	52.543	52.624	46.413

Abb.44, Energiekennzahlen der drei untersuchten Gebäudevarianten

Der höhere Primärenergiebedarf (PEB) sowie die CO_2-Emissionen der Passivhausvarianten überraschen. Im Anhang kann bei den Energieausweisen entnommen werden, dass der Heiztechnikenergiebedarf der beiden Passivhausvarianten höher als bei dem Vergleichsgebäude ist (zusätzlicher Energiebedarf der Zu- und Abluftventilatoren der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung). Auf Grund des knappen Zeitrahmens konnte eine Begründung, die sich auf Basis der Energieausweissoftware ergibt, nicht evaluiert werden. Auch muss berücksichtigt werden, dass mit der Wärmepumpenheizung und der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung sich zwei technische Systeme im Gebäude befinden, die sich auf den Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) des Gebäudes auswirken.

- OI3 Klassifizierung

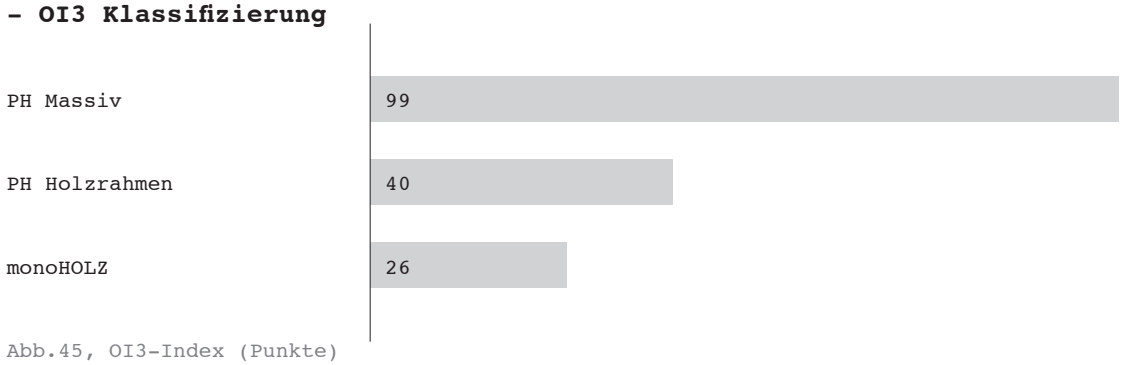


Abb.45, OI3-Index (Punkte)

50. vgl. Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.7ff (gilt für das gesamte Kapitel 3.7.4)

Es ist ersichtlich, dass das monolithische Holzgebäude die geringsten OI3-Punkte und somit auf Grundlage dieser Bewertungsmethode die geringsten ökologischen Auswirkungen aufweist.

Verlgeich der drei Indikatoren des OI3-Index:

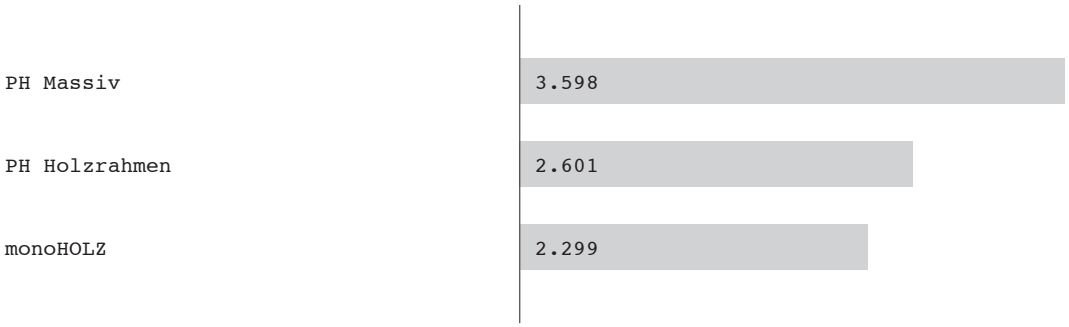


Abb.46, Primärenergiegehalt nicht erneuerbar, PEI n.e. [MJ]

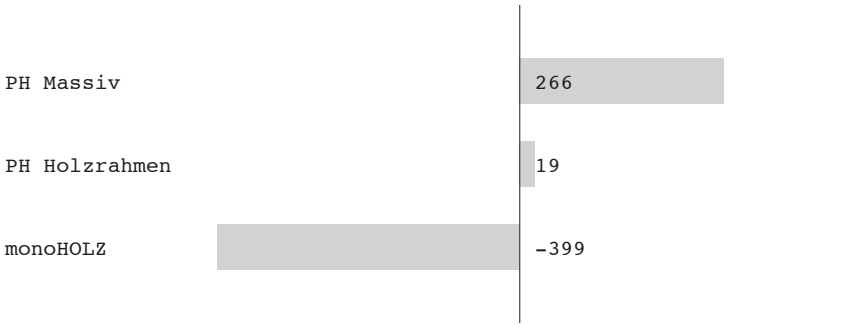


Abb.47, Treibhauspotential (Global Warming Potential), GWP [kgCO_2]

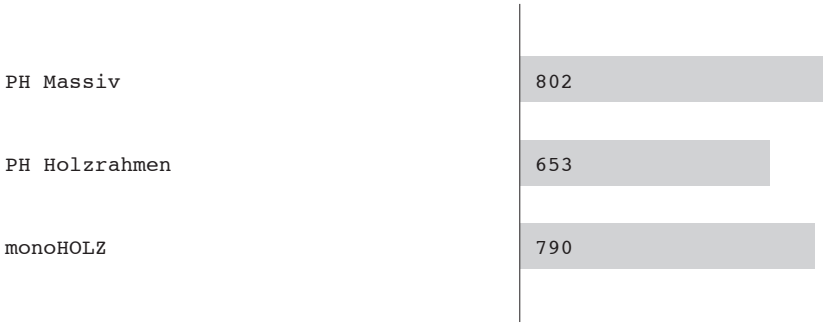


Abb.48, Versäuerung, AP [kgSO_2]

Es zeigt sich, dass das monolithische Holzgebäude bei den Indikatoren Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und Treibhauspotential am besten abschneidet. Besonders beim Treibhauspotential machen sich die negativ bewerteten CO_2-Äquivalente (Datenbank baubook) des Baustoffes Holz bemerkbar.

Vergleich des Primärenergiebedarfs nicht erneuerbar und des Treibhauspotentials über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren:

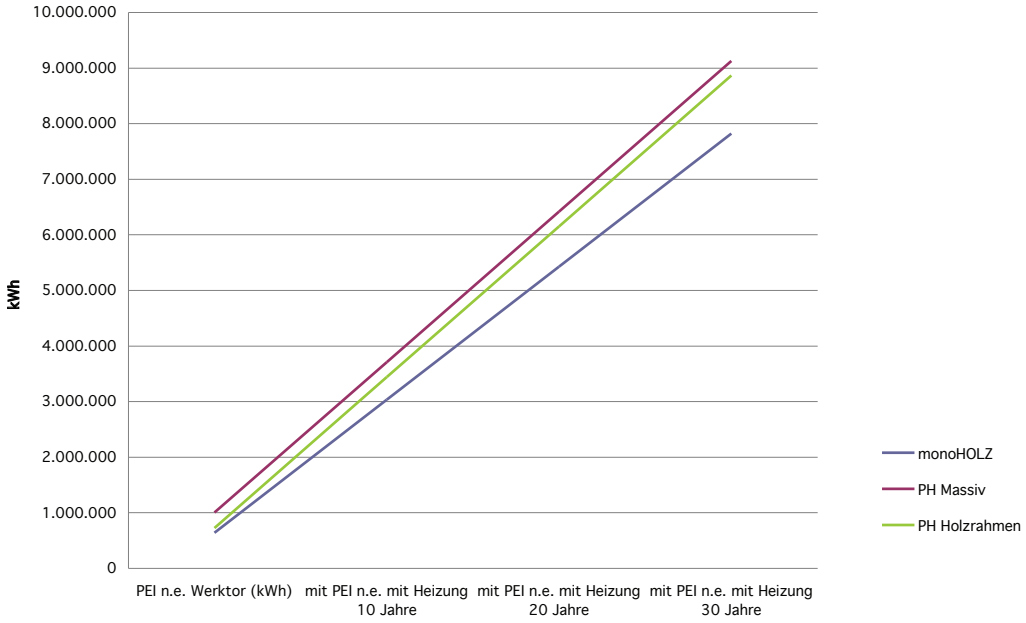


Abb.49, Vergleich Primärenergiegehalt nicht erneuerbar über einen Zeitraum von 30 Jahren

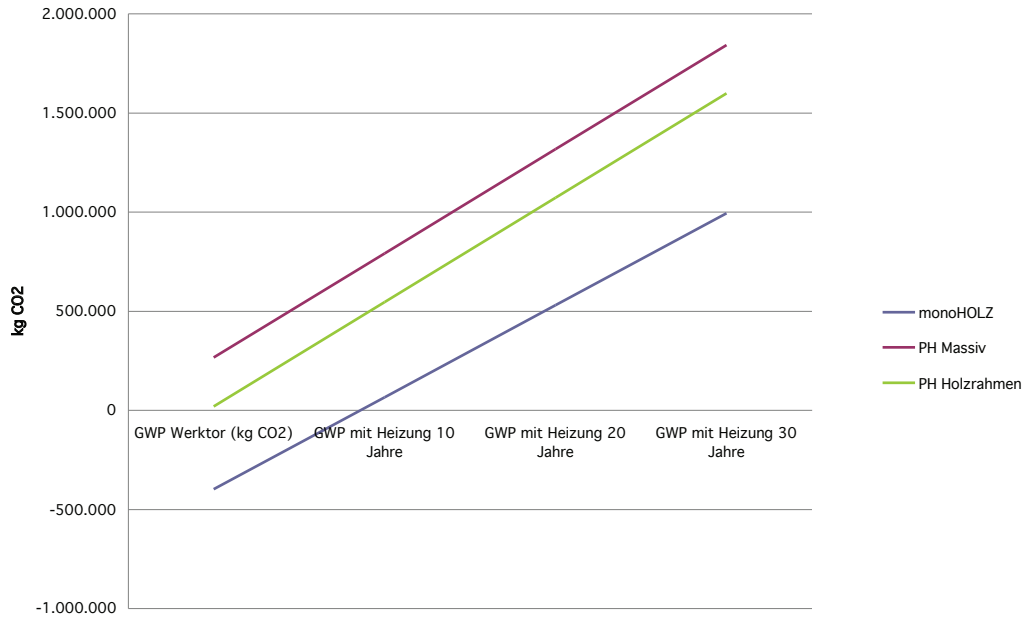


Abb.50, Vergleich Treibhauspotential über einen Zeitraum von 30 Jahren

3.7.5 Zusammenfassung[51]

Im Vergleich mit geometriegleichen Passivhausvarianten schneidet das monolithische Holzgebäude mit der Verwendung von möglichst ökologischen Dämmstoffen bei der ökologischen Bewertung sehr gut ab.
Beim energetischen Vergleich des Energiebedarfes wirken sich die zwei haustechnischen Systeme (Wärmepumpe und Komfortlüftung) auf Basis der Energieausweisberechnung negativ für die Passivhausvarianten aus. Es muss auch festgestellt werden, dass für die Abbildung eines Passivhauses die Energieausweisberechnung nur bedingt geeignet ist - hier sind andere Berechnungsmethoden auf dem Markt. Bei einer Komfortlüftung müssen neben dem Energiebedarf (Zu- und Abluftventilatoren) auch die Vorteile (z.B. Raumluftqualität und NutzerInnenkomfort) berücksichtigt werden.
Für eine Sicherung der Ergebnisse wären weitere Untersuchungen mit ev. anderen Methoden notwendig.
Der Vergleich zeigt, dass das monolithische Holzgebäude einen guten energetischen Standard aufweist. Durch die Verwendung des Baustoffes Holz wird auch ein sehr guter OI3-Indikator erreicht (Einschränkung Systemgrenze Werkstor). Bei einer gesamthaften ökologischen Bewertung können/müssen in weiterer Folge auch andere Indikatoren betrachtet werden, wie z.B. Lösemitteleinsatz, Wieder- und Weiterverwendbarkeit, Rückbaubarkeit, Schadstoffe, Regionaleffizienz, Wirtschaftlichkeit, Herkunft, Transportentfernungen und Transportart, Vorfertigungsgrad, usw.
Es kann festgestellt werden, dass bei dem monolithischen Holzgebäude ein guter energetischer Standard erreicht wird. Bei der Bewertung des OI3-Index schneidet das Gebäude im Vergleich zu den Referenzgebäuden am besten ab.

51. vgl. Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.11 (gilt für das gesamte Kapitel 3.7.5)

4.0 ausblick

Holz hat auf Grund seiner materialspezifischen Eigenschaften sehr großes Potential im Bereich des monolithischen Bauens. Die Fallstudie tritt den Beweis an, dass mit sichtbaren Holzkonstrutkionen Gebäude mit bis zu vier Geschossen gebaut und die Anforderungen an Wärme-, Schall- und Brandschutz erfüllt werden können. Weiters wird deutlich, dass monolithische Holzkonstruktionen bei einer gesamtheitlichen Energiebetrachtung dem Passivhausstandard ebenbürtig sind. Zudem hat sich gezeigt, dass die neu entwickelten massiven Holzplattenerzeugnisse die Qualitäten des tradionellen Blockbaus zum Großteil erfüllen können.
Die Lebendigkeit des Materials Holz mit seinen Schwind- und Quelleigenschaften wird speziell bei den verleimten Plattenerzeugnissen dem Vorbild des Blockbaus nicht mehr gerecht. Dies führt jedoch zu keinerlei Einschränkung die Qualitäten des Baustoffes Holz für den Innenraum nutzbar zu machen. Große Vorteile haben die neu entwickelten massiven Holzplatten vor allem bei Vorfabrikation, Bauzeit, Setzung und Spannweite (Spannrichtung).
Spannend zu beobachten sein wird, wie sich die Methode der U-Wertberechnung in Zukunft entwickelt. Die dynamische Betrachtungsweise könnte dem Holzmassivbau einen nochmaligen Schub verleihen und ihn zusätzlich konkurrenzfähig machen.

Potentiale monolithischer Holzkonstruktionen

- geringere Wandstärken, als bei anderen monolithischen Konstruktionen und meist unwesentlich stärkere Aufbauten als beim Passivhausstandard
- schnellere Bauzeit da weniger Gewerke für die Fertigstellung eines Gebäudes benötigt werden
- einfachere Gewährleistung auf Grund der geringeren Anzahl an Gewerken (Fehlerquellen)
- geringere Baukosten vor allem hinsichtlich technischer Ertüchtigung, Baustelleneinrichtung und Müllentsorgung auf der Baustelle
- vollkommen recyclebar (Wiederverwertung oder Verbrennung)
  vor allem im Objektbau entscheidend, da hier die Lebenserwartung von Gebäuden bei ca. 40 Jahren liegt
- einfach in seine Einzelteile trennbar (rückbaubar)
- Nutzung und Förderung der heimischen Wertschöpfung auf Grund des beträchtlichen Holzeinsatzes

Obwohl der monolithische Holzbau im Vergleich zur Passivhausbauweise bei den Berechnungen gut abgeschnitten hat, steckt in einer allumfassenden Betrachtungsweise der Energiethematik noch großes Forschungspotential. Vor allem darf nicht vergessen werden, dass die Betrachtungsweise in dieser Arbeit nur bis Werkstor untersucht wurde. Die Potentiale weiterer Einsparungen in Herstellung, in Betrieb und vor allem bei der Wiederverwertung dürfen beim Bauen mit dem natürlichen Baustoff Holz nicht unterschätzt werden.

Es liegt an allen am Bau Beteiligten, aber vor allem an den Architekten und Bauherren, das monolithische Bauen mit Holz voranzubringen. Es wäre wünschenswert, wenn sich das Bauwesen von den aktuellen übertechnisierten Bauweisen hin zu hochentwickelten Low-Tech Lösungen entwickeln würde. Die Arbeit soll ein Anstoß sei, sich vermehrt den altbewährten Bautechniken zu bedienen und sie mit den heute zur Verfügung stehenden Möglichkeiten insofern weiterzuentwickeln, um letztlich Gebäude zu formen, in denen der Mensch nicht als Störfaktor gesehen wird.

5.0 anhang

Interview mit DI Dr. Karl Torghele

Experte für Bauphysik aus Dornbirn, Vorarlberg
19.04.2013 im Rahmen des überholz-Lehrganges

Jürgen Wirnsberger: Welche haptischen Eigenschaften besitzt Holz?

Karl Torghele: Die Haptik ist ein bauphysikalisch wichtiges Thema. Der Baustoff Holz hat gegenüber anderen Baustoffen große Vorteile, weil Holz eine hohe Wärmekapazität und geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist, was zur Folge hat, dass sich Holz einerseits warm anfühlt, und andererseits im Sommer kurzfristig einen kühlen Effekt hat. Bei Holzfussböden spürt man diesen Effekt sehr stark, zuerst fühlt er sich kurz kalt an und ist dann aber ein angenehm warmer Belag.
Dieser Effekt des Holzes ist nur dann gegeben wenn die Offenporigkeit (unbehandelt bzw. maximal geölt oder gewachst) erhalten bleibt.

JW: Welche Auswirkungen haben Holzräume auf das Wohlbefinden und die Raumluft?

KT: Der Geruch in einem Raum entsteht meist über die Freisetzung von Aldehyden (VOC´s = flüchtige Kohlenwasserstoffe) oder aromatischen Verbindungen (Terpene), die sozusagen wie ein Therapeutikum sind. Phänomenologisch gesehen reagieren Menschen auf ein Therapeutikum entweder allergisch und andere wiederum mit Wohlbehagen - die Reaktion ist ein sehr individueller Aspekt. Was festgehalten werden kann ist, dass Holz eine Wirkung hat, ob gesund oder nicht gesund wird seit über zwei Jahren sehr stark in Fachkreisen diskutiert. Man misst zur Zeit die klassischen Innenraumschadstoffe (VOC´s) mit dem Ergebnis, dass auch bei reinen Holzhäusern sehr hohe Konzentrationen gemessen werden. Wie diese Messwerte jedoch medizinisch zu interpretieren sind, ist sehr schwierig. Prinzipiell ist die Abgabe von Aldehyden in die Raumluft wohnhygienisch als schädlich eingestuft, Studien belegen aber, dass in Holzräumen zwar Aldehyde freigesetzt werden, sie aber eine positive Wirkung auf den Menschen haben. In unseren Breitengraden kommt hinzu, dass Holz, kulturell bedingt, bei uns tendenziell eher positiv belegt ist.

JW: Kann Holz Schadstoffe abbauen?

KT: Nein

JW: Ist Holz akustisch wirksam?

KT: Der Vorteil von Holz ist, dass es unheimlich variabel ist. Mit verschiedensten Holzkonstruktionen und Holzmaterialien kann man fast alle raumakustischen Bedürfnisse abdecken, was mit Beton, Blech oder Plastik nicht der Fall ist. Der Schallabsorptionsgrand von Holz hängt sehr stark

von der Oberflächenrauigkeit ab. Holz ist aber sicher eines der wichtigsten akustischen Baumaterialien. Die besten akustischen Räume sind mit Holz gebaut. Man kann mit Holz sowohl schallhart als auch absorbierend konstruieren, je nachdem wie dick die Platte ist, wie die Oberfläche behandelt ist und wie hoch der Lochanteil ist.

JW: Gibt es akustische Unterschiede zwischen gehobelten oder sägerauen Oberflächen?

KT: Ja es gibt einen Unterschiede, wobei dies erst bei die Rauigkeit erst jenseits von 2.000 bis 4.000 Hertz wirksam wird. Dies hängt von der Oberflächenstruktur ab. Je kleiner die Struktur ist desto höher muss die Frequenz sein, damit es „akustisch sichtbar“ wird.

JW: Hat Holz eine höhere Oberflächentemperatur als andere Materialien?

KT: Die Kontakttemperatur ist nicht nur von der Oberflächentempteratur, sondern auch von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität abhängig. Unterschiedliche Materialien können sich daher auch bei gleichen Temperaturen unterschiedlich warm anfühlen. Außenwände aus Beton-, Stahl- als auch Holzkonstruktionen haben zwar bei gleichem U-Wert die gleiche Oberflächentemperatur, aber nicht die selbe Kontakttemperatur. Die hängt von der Wärmekapazität und der Wärmeleitfähigkeit der innerste Schicht ab. Hier hat Holz auf Grund seiner Materialeigenschaften natürlich Vorteile.

JW: Kann Holz Wärme speichern?

KT: Ja, Holz kann Wärme bis zu einen gewissen Grad speichern und wieder an den Raum abgeben. Physikalisch spricht man hier von der wirksamen Wärmespeicherkapazität. Holz hat eine spezifische Wärmespeicherkapazität von 2.350 kJ/kgK, d.h. um 1 kg Holz um 1 Kelvin zu erhöhen müssen 2.350 kJ aufgewendet werden. Um eine bestimmte Wärme in einen Bauteil hinein zu bekommen, muss jedoch ein Widerstand (Lambda-Wert) überwunden werden. Je höher Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes ist desto schneller kann die Energie eindringen. Holz hat eine hohe spezifische Wärmekapazität (doppelt so hoch wie z.B. Ziegel) aber eine geringe Wärmeleitfähigkeit, kann also die auftretende Energie nicht beliebig schnell aufnehmen. Somit hat eine Holzmassivwand ungefähr gleich viel wirksame Speichermasse wie ein porosierter Hochlochziegel. Auf Grund der besseren Wärmeleitfähigkeit kann der Ziegel jedoch mehr Volumen im Tagesgang bewirtschaften, ca. 8-9 cm. Beim Holz sind es je nach Holzart (Rohdichte) 3-6 cm.
Kernbotschaft: Massivholz ist gleich gut wie ein porosierter Ziegel!

JW: Verringern Leimschichten bei Brettsperrholzelementen die Wärmespeicherkapazität?

KT: Leimschichten verändern diese Eigenschaft nicht, sie sind zu dünn. Hohlräume sind da problematisch (z.B. Luftschichten hinter Verkleidungen, Spalte bei Brettstapel oder gerillte Ausführung bei den Toma-Elementen).

JW: Verringern Oberflächenversiegelung die Wärmespeicherkapazität?

KT: Nein, auf die Wärmespeicherkapazität hat dies keinen Einfluss, sehr wohl auf den Feuchteausgleich.

JW: Ist es sinnvoll die Breite von Vertäfelungen auf Grund der Wärmekapazität von 2cm auf 3cm zu erhöhen?

KT: Eine Optimierung der Brettstärke auf Grund der Wärmekapaziät von 2 auf 3 cm macht wenig Sinn. Dieser Mehreinsatz von Holz ist wirtschaftlich nicht vertretbar.
Bei einer nachträglichen Verkleidung einer z.B. Betonwand ist es egal ob man 2 oder 3 cm starke Massivholzbretter als Verkleidung verwendet. Die Verschlechterung hinsichtlich Sommertauglichkeit ist gegeben und je nach Fall nicht zu unterschätzen.

JW: Kann Holz Feuchte ausgleichen?

KT: Wenn Holz für den Feuchteausgleich herangezogen werden soll dann dürfen die Oberflächen nicht versiegelt werden. Der Feuchteausgleich läuft unter Sorption und Desorption.
Es sind im Wesentlichen zwei Transportphänomene zu beachten:
1. Die Diffusion
als Dampfdruckausgleich im Holz, wo die Porigkeit eine wesentliche Eigenschaft hat (vor allem die innerste Deckschichte - wenn versiegelt dann ist dies wie eine Dampfbremse)
2. Kapillarleitfähigkeit
darf beim Holz nicht unterschätzt werden
Beispiel anhand des Holzfensters
Ein Massivholzrahmen hat einen U-Wert von ca. 1,5 W/m2K, was nicht sehr gut ist. Ein Kunststofffenster mit dem selben U-Wert schwitzt an der Innenseite an kalten Tagen, weil die Oberflächentemperatur so gering ist dass im Wohnraum unter Umständen Kondensat anfallen kann. Die Oberflächentemperatur beim Holzrahmen ist die gleiche, weil der U-Wert der selbe ist, aber Holz schwitzt nicht, weil die Feuchtigkeit , die an der Oberfläche anfallen würde, kapillar aufgenommen wird.

JW: Ist Leim bei Holzwerkstoffen problematisch für die Raumluft?

KT: Leime in Holzwerkstoffen können ein Problem darstellen. Es gibt sehr viele Untersuchungen über problematische Leime, vor allem Formaldehydkleber

sind bedenklich. Wohnphysiologisch unproblematisch sind Polyurethanharzkleber, sie sind aber bei der Produktion schwierig und unökologisch. Was wirklich verwendet wird ist noch nicht überall transparent, aber man bekommt druchaus qualiätsgesicherte Holzwerkstoffe mit Raumluftverträglichen Leimen.

JW: Können die Leimschichten beim Brettsperrholz problematisch für die Raumluft werden?

KT: Durchaus. Leim wird über Diffusionsprozesse durch das Holz in den Raum transportiert, d.h. die Gase können durch das offenporige Holz in den Raum diffundieren.

JW: Warum verfärben sich die Holzarten im Innenraum so unterschiedlich? z.B. Fichte vergilbt, Tanne wird gräulich usw.

KT: Hier kann ich keine genaue Aussage treffen. Es könnte aber mit den Pigmenten die im Holz gebunden sind zu tun haben.
Im Außenbereich kommt die natürliche Vergrauung durch das Auswaschen vom Lignin und vom Pilzbefall.

JW: Können bei Monolithischen Konstruktionen Strahlungsgewinne über eine dynamische U-Wert-Berechnung ermittelt werden?

KT: Ja, können ermittelt werden. Die Strahlungsgewinne hängen sehr stark von der Farbgebung der Oberflächen ab, der tatsächliche Einfluss ist jedoch relativ gering.
z.B. bei einer 20 cm Massivholzwand mit einem U-Wert von 0,6 W/m2K reduziert sich auf Grund der direkten Besonnnung des Wandbauteiles der Wärmestrom (auch bei -10 Grad Außentemperatur) z.B. bei 15 Grad Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen um ca. 9 W/m2 (U-Wert x Temperaturdifferenz = 0,6 x 15). Im Vergleich bringt 1 m2 Fenster mit einem g-Wert von 0,5 einen solaren Eintrag von ca. 200 W/m2. Der Hauptstrahlungsgewinn funktioniert somit hauptsächlich über die Fensterflächen.

JW: Macht es Sinn eine monolithische Holzwand außen mit einem Fassadenschirm zu schützen?

KT: Das macht immer Sinn. Jedoch ist der Effekt der Strahlungsgewinne auf Grund der Hinterlüftungsebene weg.

JW: Macht es Sinn in eine monolithische Holzwand mit höherem U-Wert 3-Scheibenverglasungen einzubauen?

KT: Fenster mit 3-Scheibenverglasung machen immer Sinn. Die wirkliche Innovation in der ganzen Energiethematik ist, dass heute 3-Scheibenverglasungen

einen Standard darstellen. Das Fenster ist das einzige wirklich negative Bauphysikalische Bauteil. Es ist das einzige Bauteil das bei normalen Nutzungsanforderungen schwitzen darf (Kondensat am Fenster ist kein Baumangel).
Vor allem aus Gründen von Behaglichkeitsüberlegungen machen 3-Scheibenverglasungen immer Sinn. An Behaglichkeitsproblemen sind meist die Fenster schuld. Bei einer großen 2-Scheibenverglasung kommt es sehr oft zu Oberflächenkondensat und Behaglikeitsproblemen, vor allem in Kombination mit einer Fußbodenheizung.

JW: Wie kann die Sommertauglichkeit beim Massivholzbau erreicht werden?

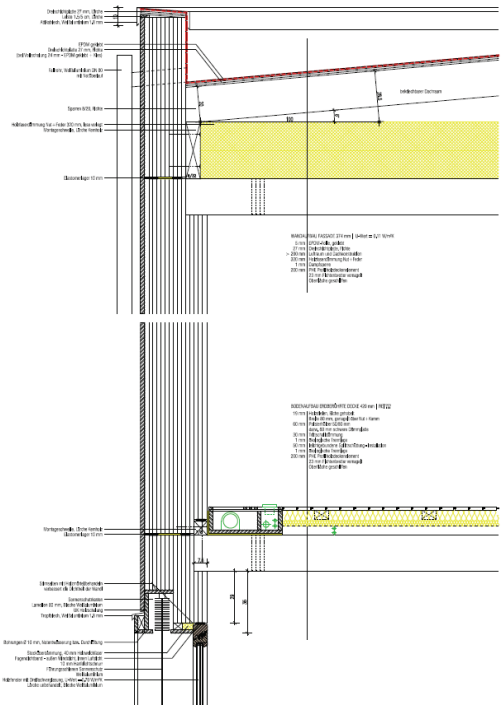
KT: Als Regel bzw. Orientierungsgröße wird es für den Leichtbau (Massivholzbau), mit relativ wenig Speichermasse, ab 30% Fensterfläche schwierig. Am kritischsten sind ost- und westseitige Fensterflächen. Ab 30% Fensterfläche sind gesonderte Nachweise zur Sommertauglichkeit erforderlich.

Ökoprofil überHOLZ 2013
Kurzbericht

Vers 1.0 / Juli 2013

Auftraggeber:

DI Jürgen P. Wirnsberger
Egarterlatz 3
9800 Spittal



Erstellt von

Ressourcen Management Agentur GmbH
Europastraße 8
9524 Villach

Tel.: 04242/36522
Fax.: 04242/36522-22

Email: office@rma.at

1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

Herr Wirnsberger beschäftigt sich im Zuge einer Masterarbeit mit einer der Untersuchung eines Holz-Massiv-Bürogebäudes mit 4 Geschoßen (EG und OG1 bis 3).

In diesem Kurzbericht werden die Ergebnisse von folgenden Arbeitspaketen dargestellt:

AP 1) Energieausweis: Erstellung eines Energieausweises für das zu untersuchende Holz-Massivobjekt und Darstellung von relevanten Ergebnissen (z.B. Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, OI3-Index). 79

AP 2) Durchführung eines vereinfachten ökologischen Vergleichs des Gebäudes von AP 1 mit zwei Passivhäusern gleicher Geometrie auf Basis der Ergebnisse der Energieausweise.
Die Ergebnisse des ökologischen Vergleichs werden dargestellt (Primärenergiebedarf und CO_2).

Datengrundlagen und Einschränkungen:

Mit dem Auftraggeber wurden folgende Gebäude definiert, die verglichen werden:

1) monoHOLZ Holzmassivobjekt: Die Bauteilaufbauten wurden den Planunterlagen entnommen. Technische Details des der Holz-Massivbaustoffe wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.
Fenster: Holzfenster mit einem Ug von 0,7 W/(m²K)
Heiztechnik: Wärmepumpenheizung mit Tiefenbohrung

2) Passivhaus Massivbauweise: Die Bauteilaufbauten wurden dem IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog (online unter: http://www.baubook.at/phbtk/) entnommen und wurden vom Auftraggeber definiert. Die Bauteilaufbauten befinden sich im Anhang 5.2.
Fenster: Kunststofffenster mit einem Ug von 0,7 W/(m²K)
Heiztechnik: Wärmepumpenheizung mit Tiefenbohrung, Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung

3) Passivhaus Holzrahmenbau: Die Bauteilaufbauten wurden dem IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog (online unter: http://www.baubook.at/phbtk/) entnommen und wurden vom Auftraggeber definiert. Die Bauteilaufbauten befinden sich im Anhang 5.3.
Fenster: Holzfenster mit einem Ug von 0,7 W/(m²K)
Heiztechnik: Wärmepumpenheizung mit Tiefenbohrung, Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung

Fenster: Die wärmetechnischen Werte der Fenster und die Verschattung wurden bei den 3 Gebäuden gleich angenommen. Die Beschattung wurde nicht detailliert erfasst.

Bauteilaufbauten: Die Bauteilaufbauten wurden auf Basis der zur Verfügung gestellten Unterlagen und auf Basis des IBO-Passivhausbauteilkataloges erfasst. Die Baustoffe selbst wurden der Datenbank „baubook“ entnommen. Es wurde in Absprache mit dem Auftraggeber darauf geachtet, dass die beiden Passivhäuser (Variante 2 und 3) die selben wärmetechnischen Werte aufweisen (u-Werte der wärmeübertragenden Bauteile und Heizwärmebedarf).

Heiztechnik: Für den Vergleich werden alle drei zu untersuchenden Gebäude mit dem gleichem Heizsystem mit Wärme versorgt. Die beiden Passivhäuser sind zusätzlich mit einer

Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (angenommene Rückwärmezahl 65 %) ausgestattet. Als Luftdichtheitswert wurde ein n_{50} von 0,6 h^{-1} angenommen.

Standort: Als Standort des Gebäudes für den Vergleich wurde Klagenfurt definiert.

OI3 Index: Der Ökoindex3 beschreibt die ökologische Qualität der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken eines Gebäudes. Er wird durch den Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie (PEI n.e.), der globalen Erwärmung durch Treibgase (GWP) und durch das Säurebildungspotential AP (Acidification Potential) der Baustoffe gebildet und je mit einem Drittel gewichtet. Je niedriger der OI3-Wert desto weniger belastet das Gebäude die Umwelt.

80

Ökologische Bewertung der Baustoffe: Die verwendeten Baustoffe der 3 Gebäude wurden auf Basis der Datenbank „baubook“ erfasst. Die Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar, Treibhauspotential und Versauerungspotential werden bei der ökologischen Bewertung (OI3-Indikator) mit der Systemgrenze „Werkstor“ bilanziert. Das bedeutet, dass beim ökologischen Vergleich bspw. folgende Punkte nicht mit einbezogen werden:

- Transportwege vom Werk bis zur Baustelle
- Herstellungsaufwand von Bauteilen in den Werken und auf der Baustelle
- Wartungs- und Instandhaltungsaufwand im Betrieb
- Rückbaueigenschaften
- Einflüsse auf die Gesundheit der Nutzer
- Wiederverwendungs-, Entsorgungs-, und Verwertungseigenschaften
- ....

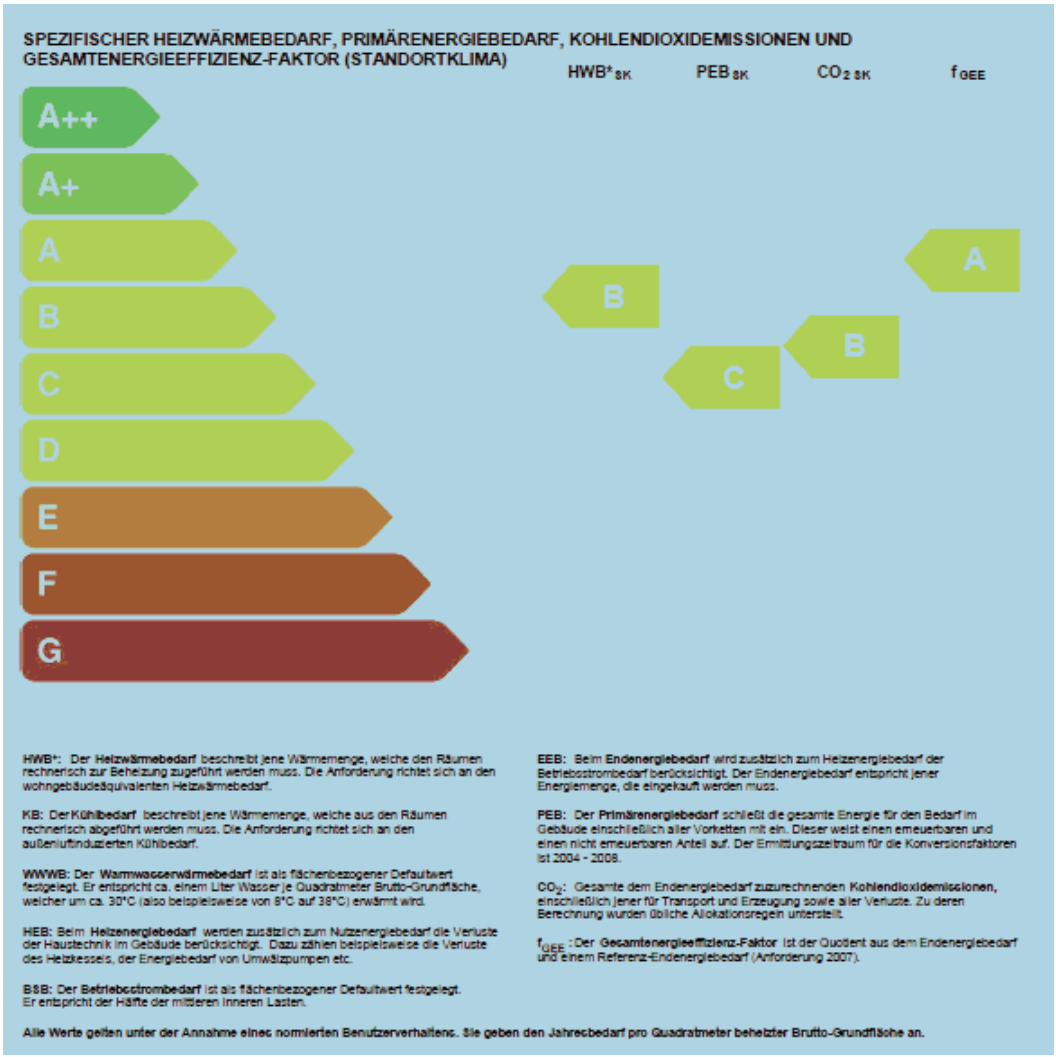
Energieträger, Primärenergiebedarf, CO_2-Emissionen:

Als Energieträger kommt bei allen drei Gebäuden Strom zum Einsatz (für Energiebereitstellung mit Wärmepumpe und zum Betrieb des heiztechnischen Systems.

Es wurden die Konversationsfaktoren der OIB-Richtline 6 (Primärenergie und CO2) verwendet. Für Strom ist ein „Österreich-Mix“ definiert. Je nach Wahl eines Stromprodukts (z.B. „100 % Naturstrom“) können sich die realen Konversationsfaktoren ändern – dies ist jedoch im Zuge der Energieausweiserstellung nicht vorgesehen.

2 AP 1 Ergebnisse Energieausweis monoHOLZ Holzmassiv

1) Ergebnisse Energieausweis



GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.597 m²	Klimaregion	SB	mittlerer U-Wert	0,35 W/m²K
Bezugs-Grundfläche	1.278 m²	Heiztage	177 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	5.440 m³	Heizgradtage	3743 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.935 m²	Norm-Außentemperatur	-13,5 °C	Sommertauglichkeit	eingehalten
Kompaktheit (A/V)	0,36 1/m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK_T-Wert	21,6
charakteristische Länge	2,81 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen [kWh/a]	Standortklima spezifisch [kWh/m²a]	Anforderung OIB Neubau-Anforderung 2012	
HWB*	7,8 kWh/m²a	45.989	8,5 kWh/m²a	11,4 kWh/m²a	erfüllt
HWB		38.895	24,4		
WWWB		7.519	4,7		
KB*	0,8 kWh/m²a	3.405	0,6 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a	erfüllt
KB		64.893	40,6		
BefEB					
HTEB		8.254	5,2		
$HTEB_{RH}$		-26.972	-16,9		
$HTEB_{WW}$		-1.799	-1,1		
KTEB					
HEB		20.517	12,8		
KEB					
BelEB		51.432	32,2		
BSB		39.353	24,6		
EEB		111.302	69,7	104,3	erfüllt
PEB		291.611	182,6		
$PEB_{n.em.}$		239.299	149,8		
$PEB_{em.}$		52.312	32,8		
CO_2		46.413 kg/a	29,1 kg/m²a		
f_{GEE}		0,79			

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn	Ressourcen Management Agentur GmbH Ressourcen Mana Europastraße 8 9524 Villach
Ausstellungsdatum	29.07.2013		
Gültigkeitsdatum	Planung	Unterschrift	
Geschäftszahl	EAB OB 2013-15		

Es zeigt sich, dass bei dem zu untersuchenden Objekt bezogen auf das Referenzklima ein HWB* von 7,8 kWh/m³a erreicht wird. Die Anforderungen der Bauvorschriften (OIB-Richtlinie 6) für den Neubau mit 11,4 kWh/m³a werden klar erfüllt. In Bezug auf den Kühlbedarf können die Anforderungen aus derzeitiger Sicht mit einer strahlungsgesteuerten Verschattung (Außenjalousie) erfüllt werden. Auch im Bezug auf den Endenergiebedarf werden die Vorgaben der OIB-Richtline erfüllt, wobei das zum Einsatz kommende Heiztechniksystem und dessen Effizienz einen sehr großen Einfluss auf den Endenergiebedarf aufweist (Wärmepumpenheizungen haben auf Grund der Nutzung von Umweltwärme Vorteile).

2) Ergebnisse OI3-Berechnung

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

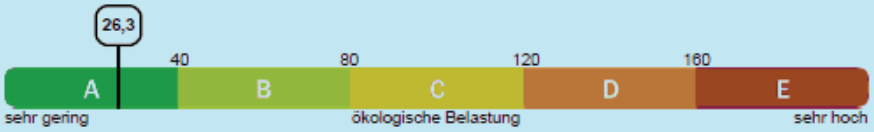
Datum BAUBOOK: 10.06.2013

V_B	5.440,10 m³	l_c	2,81 m	
A_B	1.934,83 m²	KOF	3.132,80 m²	
BGF	1.597,28 m²	U_m	0,35 W/m²K	

Bauteile		Fläche A [m²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO2]	AP [kg SO2]	ΔOI3
AD01	Oberste Geschoßdecke	378,3	355.397,9	-61.154,9	108,9	42,7
AW01	Außenwand MHM	778,8	332.764,1	-182.095,	124,2	-3,5
EB01	erdanliegender Fußboden	399,3	680.884,8	14.520,3	184,2	124,4
ZD01	warme Zwischendecke	1.198,0	687.249,9	-180.055,	255,0	22,5
FE/TÜ	Fenster und Türen	378,4	243.084,7	10.114,7	117,3	67,2
	Summe		**2.299.381**	**-398.670**	**790**	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	**[MJ/m² KOF]**	**733,97**
Ökoindikator PEI	**OI PEI Punkte**	**23,40**
GWP (Global Warming Potential)	**[kg CO2/m² KOF]**	**-127,25**
Ökoindikator GWP	**OI GWP Punkte**	**0,00**
AP (Versäuerung)	**[kg SO2/m² KOF]**	**0,25**
Ökoindikator AP	**OI AP Punkte**	**16,82**
OI3-BGF (Ökoindikator)	**OI3- BGF Punkte**	**26,29**
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF		

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!



Der OI3-Index des Gebäudes kann als sehr gut bewertet werden. Derzeit wird der OI3 Index bei einigen Wohnbauförderungen der Länder und auch bei Gebäudedeklarationssystemen (z.B. klima:aktiv) verwendet.

3 AP 2 Ökologischer Vergleich mit 2 Passivhäusern

1) Energiekennzahlen

Anbei sind wichtige Energiekennzahlen der drei zu untersuchenden Varianten dargestellt. Die niedrigeren Energiekennzahlen der Passivhausvarianten resultieren aus den teilweise besseren U-Werten und der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung.

	monoHOLZ	PH Massiv	PH Holzrahmen
HWB* (kWh/m³a)	7,8	3,7	3,6
HWB* (kWh/a)	45.989	19.734	19.463
KB* (kWh/m³a)	0,6	0,7	0,8
HTEB (kWh/a)	8.254	13.946	14.562
EEB (kWh/a)	111.302	108.989	109.306
PEB	291.611	330.126	330.632
PEB n.ern. (kWh/a)	239.299	270.905	271.321
CO_2 (kg/a)	46.413	52.543	52.624

Kurzerläuterung der Abkürzungen:

HWB: Heizwärmebedarf für Nicht-Wohngebäude, wobei für die Luftwechselrate, die inneren Wärmelasten (ohne Berücksichtigung der Beleuchtung) die Bestimmungen für Wohngebäude mit einer Brutto-Grundfläche von mehr als 400 m² herangezogen werden.*
KB: Wärmemenge, die den konditionierten Räumen entzogen werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten.*

HTEB: Verluste des Heiztechniksystems

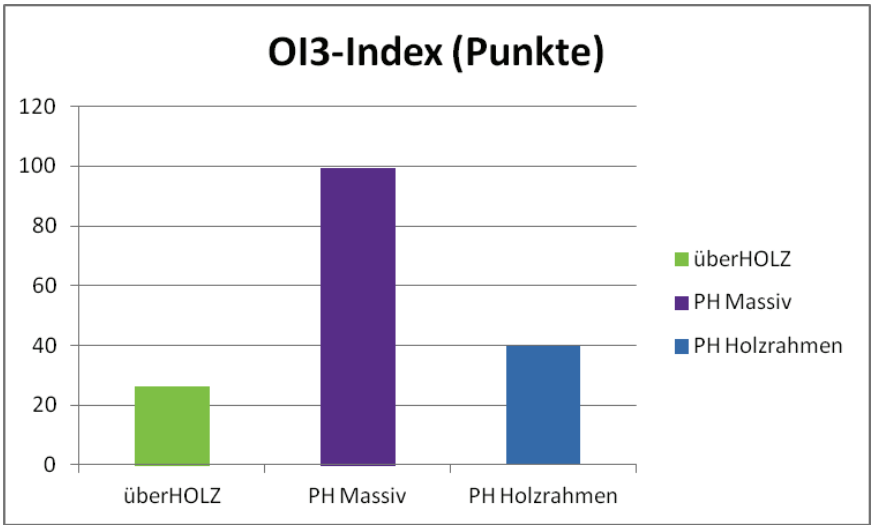
PEB: Der Primärenergiebedarf schließt die gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich Vorketten ein. Er wird in PEB erneuerbar und PEB nicht erneuerbar unterteilt.

CO_2: Gesamte dem Endenergiebedarf zugerechnete Kohlendiosidemissionen

Der höhere Primärenergiebedarf (PEB) sowie die CO_2-Emissionen der Passivhausvarianten überraschen. Auf Seite 2 der Energieausweise kann entnommen werden, dass der Heiztechnikenergiebedarf der beiden Passivhausvarianten höher als bei dem Vergleichsgebäude ist (zusätzlicher Energiebedarf der Zu- und Abluftventilatoren der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung). Auf Grund des knappen Zeitrahmens konnte eine Begründung, die sich auf Basis der Energieausweissoftware ergibt, nicht evaluiert werden. Auch muss berücksichtigt werden, dass mit der Wärmepumpenheizung und der Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung sich zwei technische Systeme im Gebäude befinden, die sich auf den Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) des Gebäudes auswirken.

2) OI3 Klassifizierung

OI3-Index (Punkte):



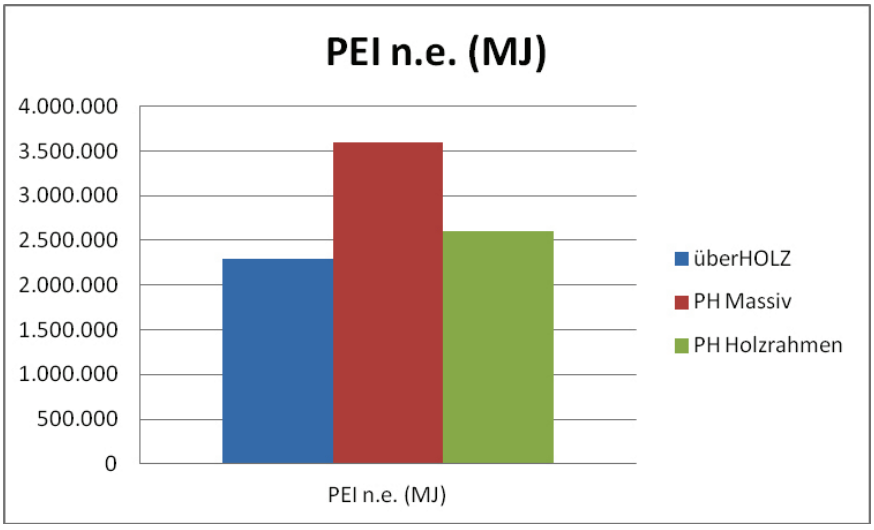
85

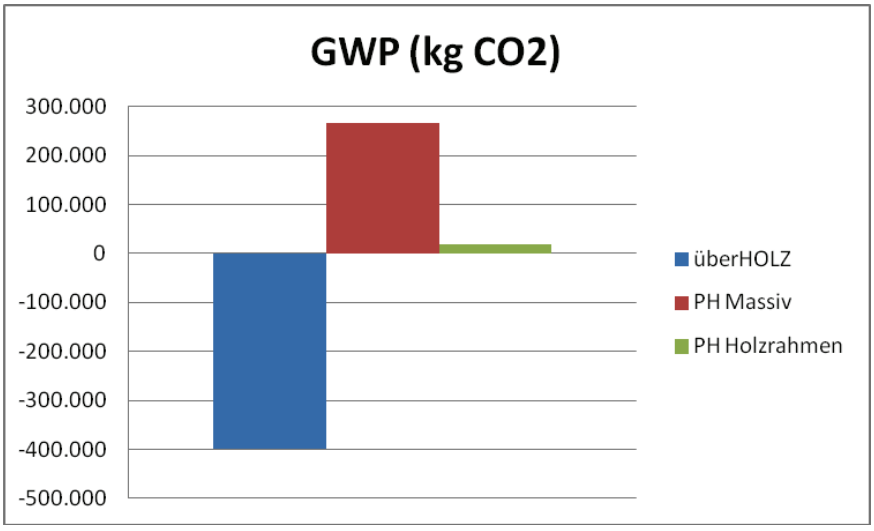
Es ist ersichtlich, dass das monolithische Holzbürogebäude die geringsten OI3-Punkte und somit auf Grundlage dieser Bewertungsmethode die geringsten ökologischen Auswirkungen aufweist.

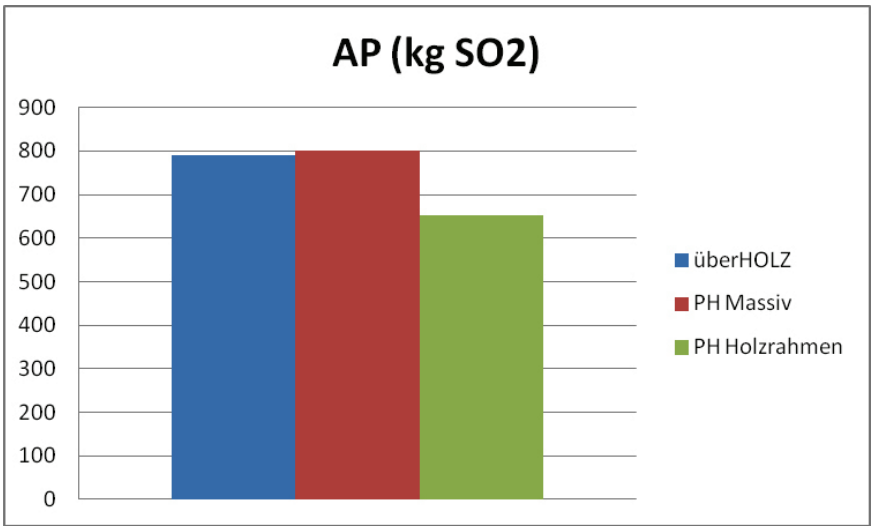
Vergleich der 3 Indikatoren des OI3-Index:

	überHOLZ	PH Massiv	PH Holzrahmen
PEI n.e. (MJ)	2.299.381	3.598.379	2.601.3
GWP (kg CO2)	-398.670	265.823	18.90
AP (kg SO2)	790	802	65

Es zeigt sich, dass das monolithische Holzgebäude bei den Indikatoren Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und Treibhauspotential am besten abschneidet. Besonders beim Treibhauspotential machen sich die negativ bewerteten CO_2-Äquivalente (Datenbank baubook) des Baustoffes Holz) bemerkbar.

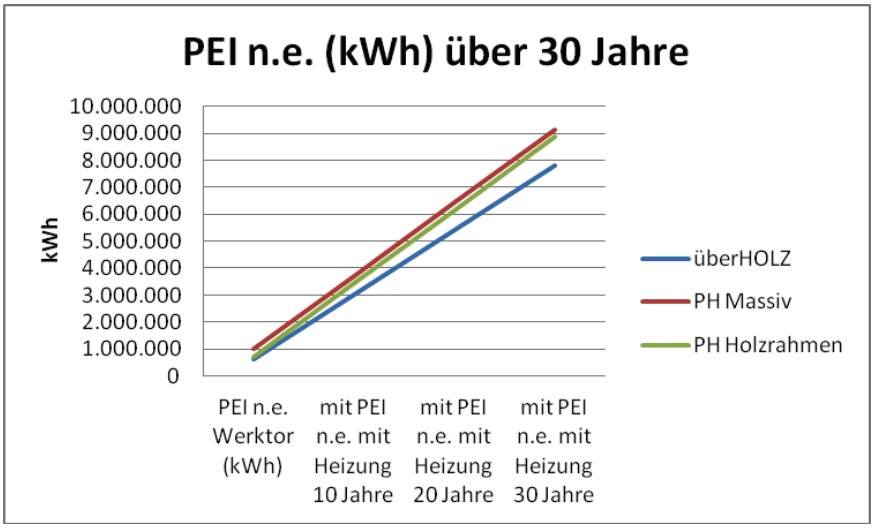




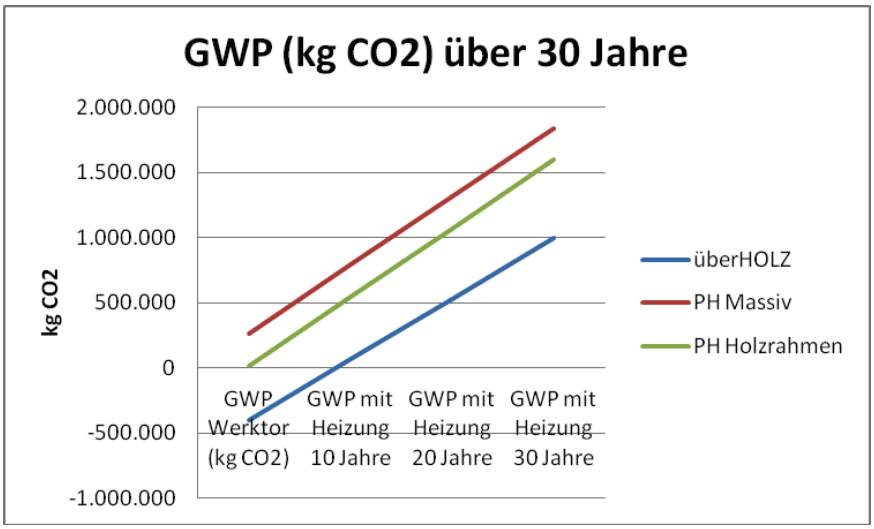


87

3) Primärenergiebedarf nicht erneuerbar über einen Zeitraum von 30 Jahren



4) Treibhauspotential (GWP) über 30 Jahre



4 Kurzzusammenfassung

Im Vergleich mit geometriegleichen Passivhausvarianten schneidet das monolithische Bürogebäude mit der Verwendung von möglichst ökologischen Dämmstoffen bei der ökologischen Bewertung sehr gut ab.
Beim energetischen Vergleich des Energiebedarfes wirken sich die zwei haustechnischen Systeme (Wärmepumpe und Komfortlüftung) auf Basis der Energieausweisberechnung negativ für die Passivhausvarianten aus. Es muss auch festgestellt werden, dass für die Abbildung eines Passivhauses die Energieausweisberechnung nur bedingt geeignet ist – hier sind andere Berechnungsmethoden auf dem Markt. Bei einer Komfortlüftung müssen neben dem Energiebedarf (Zu- und Abluftventilatoren) auch die Vorteile (z.B. Raumluftqualität und NutzerInnenkomfort) berücksichtigt werden.
Bei der thermisch-energetischen Bewertung wirkt sich auch die kompakte Bauform des gewählten Gebäudes aus – von weiterem Interesse wäre z.B. die Betrachtung eines Einfamilienhauses.
Für eine Sicherung der Ergebnisse wären weitere Untersuchungen mit ev. anderen Methoden notwendig.

Der Vergleich hat gezeigt, dass das monolithische Holzbürogebäude einen guten energetischen Standard aufweist. Durch die Verwendung des Baustoffes Holz wird auch ein sehr guter OI3-Indikator erreicht (Einschränkung: Systemgrenze Werkstor). Bei einer gesamthaften ökologischen Bewertung können/müssen in weiterer Folge auch andere Indikatoren betrachtet werden – dies war auf Grund des Umfangs der Untersuchung nicht möglich (z.B. Lösemitteleinsatz, Wieder-, Weiterverwendbarkeit, Rückbaubarkeit, Schadstoffe, Regionaleffizienz, Wirtschaftlichkeit, Herkunft, Transportentfernungen und Transportart, Vorfertigungsgrad, usw.).

Es kann festgestellt werden, dass bei dem monolithischen Holzgebäude ein guter energetischer Standard erreicht wird – auch bei der Bewertung des OI3-Index schneidet das Gebäude im Vergleich zu den Referenzgebäuden am besten ab.

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

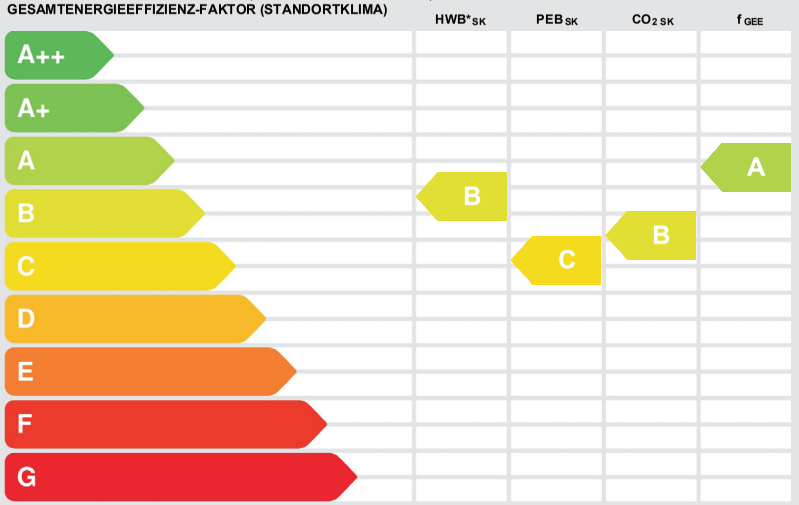
OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OIB Richtlinie 6
Ausgabe Oktober 2011

RMMMAAAA
Ressourcen Management Agentur GmbH

BEZEICHNUNG	überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)		
Gebäudeteil	EG-OG3	Baujahr	2013
Nutzungsprofil	Bürogebäude	Letzte Veränderung	
Straße	Mustergasse 11	Katastralgemeinde	Klagenfurt
PLZ/Ort	9020 Klagenfurt	KG-Nr.	72127
Grundstücksnr.	222	Seehöhe	446 m

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR (STANDORTKLIMA)



HWB*: Der **Heizwärmebedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche den Räumen rechnerisch zur Beheizung zugeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den wohngebäudeäquivalenten Heizwärmebedarf.

KB: Der **Kühlbedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche aus den Räumen rechnerisch abgeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den außenluftinduzierten Kühlbedarf.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht ca. einem Liter Wasser je Quadratmeter Brutto-Grundfläche, welcher um ca. 30°C (also beispielsweise von 8°C auf 38°C) erwärmt wird.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Nutzenergiebedarf die Verluste der Haustechnik im Gebäude berücksichtigt. Dazu zählen beispielsweise die Verluste des Heizkessels, der Energiebedarf von Umwälzpumpen etc.

BSB: Der **Betriebsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht der Hälfte der mittleren Inneren Lasten.

EEB: Beim **Endenergiebedarf** wird zusätzlich zum Heizenergiebedarf der Betriebsstrombedarf berücksichtigt. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.

PEB: Der **Primärenergiebedarf** schließt die gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich aller Vorketten mit ein. Dieser weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren ist 2004 - 2008.

CO_2: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **Kohlendioxidemissionen,** einschließlich jener für Transport und Erzeugung sowie aller Verluste. Zu deren Berechnung wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten Benutzerverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OIB Richtlinie 6
Ausgabe Oktober 2011

RMMMAAAA
Ressourcen Management Agentur GmbH

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.597 m²	Klimaregion	SB	mittlerer U-Wert	0,35 W/m²K
Bezugs-Grundfläche	1.278 m²	Heiztage	177 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	5.440 m³	Heizgradtage	3743 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	1.935 m²	Norm-Außentemperatur	-13,5 °C	Sommertauglichkeit	eingehalten
Kompaktheit (A/V)	0,36 1/m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK_T-Wert	21,6
charakteristische Länge	2,81 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen [kWh/a]	Standortklima spezifisch [kWh/m²a]	Anforderung OIB Neubau-Anforderung 2012	
HWB*	7,8 kWh/m²a	45.989	8,5 kWh/m²a	11,4 kWh/m²a	erfüllt
HWB		38.895	24,4		
WWWB		7.519	4,7		
KB*	0,8 kWh/m²a	3.405	0,6 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a	erfüllt
KB		64.893	40,6		
BefEB					
HTEB		8.254	5,2		
$HTEB_{RH}$		-26.972	-16,9		
$HTEB_{WW}$		-1.799	-1,1		
KTEB					
HEB		20.517	12,8		
KEB					
BelEB		51.432	32,2		
BSB		39.353	24,6		
EEB		111.302	69,7	104,3	erfüllt
PEB		291.611	182,6		
$PEB_{n.em.}$		239.299	149,8		
$PEB_{em.}$		52.312	32,8		
CO_2		46.413 kg/a	29,1 kg/m²a		
f_{GEE}		0,79			

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn	Ressourcen Management Agentur GmbH Ressourcen Mana Europastraße 8 9524 Villach
Ausstellungsdatum	29.07.2013		
Gültigkeitsdatum	Planung	Unterschrift	
Geschäftszahl	EAB OB 2013-15		

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingabeparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

Datenblatt GEQ
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Anzeige in Druckwerken und elektronischen Medien

Ergebnisse bezogen auf Klagenfurt

HWB 24 f_{GEE} 0,79

Gebäudedaten - Neubau - Planung 1

Brutto-Grundfläche BGF	1.597	m²	charakteristische Länge l_C	2,81	m
Konditioniertes Brutto-Volumen	5.440	m³	Kompaktheit A_B / V_B	0,36	m^{-1}
Gebäudehüllfläche A_B	1.935	m²	mittlere Raumhöhe	3,41	m

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:	bereitgestellt Unterlagen Masterarbeit, 2013
Bauphysikalische Daten:	bereitgestellte Unterlagen Masterarbeit, 2013
Haustechnik Daten:	definiertes System, 2013

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Klagenfurt

Transmissionswärmeverluste Q_T		70.131	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V		52.126	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$		38.733	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	mittelschwere Bauweise	43.724	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h		38.895	kWh/a

Ergebnisse Referenzklima

Transmissionswärmeverluste Q_T	62.505	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	46.449	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$	32.075	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	41.842	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	35.036	kWh/a

Haustechniksystem

Raumheizung: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Warmwasser: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Lüftung: Fensterlüftung

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Unkonditionierte Gebäudeteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6

Verwendete Normen und Richtlinien:
B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON H 5057 / ON H 5058 / ON H 5059 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB Richtlinie 6

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muss eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM H 7500 erstellt werden.

Bauteil Anforderungen
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

BAUTEILE		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AW01	Außenwand MHM	0,26	0,35	Ja
EB01	erdanliegender Fußboden	0,13	0,40	Ja
AD01	Oberste Geschoßdecke	0,11	0,20	Ja

FENSTER	U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)	0,98	1,70	Ja
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen unbeheizte Gebäudeteile)	0,98	2,50	Ja
Prüfnormmaß Typ 2 (T2) (gegen Außenluft vertikal)	1,02	1,70	Ja

Einheiten: U-Wert [W/m²K] berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

RMMMMMMMMAAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Datum BAUBOOK: 10.06.2013

V_B	5.440,10 m³	l_c	2,81 m
A_B	1.934,83 m²	KOF	3.132,80 m²
BGF	1.597,28 m²	U_m	0,35 W/m²K

Bauteile		Fläche A [m²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO2]	AP [kg SO2]	ΔOI3
AD01	Oberste Geschoßdecke	378,3	355.397,9	-61.154,9	108,9	42,7
AW01	Außenwand MHM	778,8	332.764,1	-182.095,	124,2	-3,5
EB01	erdanliegender Fußboden	399,3	680.884,8	14.520,3	184,2	124,4
ZD01	warme Zwischendecke	1.198,0	687.249,9	-180.055,	255,0	22,5
FE/TÜ	Fenster und Türen	378,4	243.084,7	10.114,7	117,3	67,2
	Summe		**2.299.381**	**-398.670**	**790**	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	**[MJ/m² KOF]**	**733,9**
Ökoindikator PEI	**OI PEI Punkte**	**23,4**
GWP (Global Warming Potential)	**[kg CO2/m² KOF]**	**-127,2**
Ökoindikator GWP	**OI GWP Punkte**	**0,0**
AP (Versäuerung)	**[kg SO2/m² KOF]**	**0,2**
Ökoindikator AP	**OI AP Punkte**	**16,8**
OI3-BGF (Ökoindikator)	**OI3- BGF Punkte**	**26,2**
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF		

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

RMMMMMMMMAAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

RH-Eingabe
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Raumheizung

Allgemeine Daten

Art der Raumheizung gebäudezentral

Wärmeabgabe

Haupt Wärmeabgabe Radiatoren, Einzelraumheizer
Systemtemperatur 40°/30°
Regelfähigkeit Raumthermostat-Zonenregelung mit Zeitsteuerung
Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Leitungslängen lt. Defaultwerten: Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	68,84	100
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	127,78	100
Anbindeleitungen	Ja	2/3	Ja	894,48	

Wärmespeicher

kein Wärmespeicher vorhanden

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe 185,56 W Defaultwert

WWB-Eingabe
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Warmwasserbereitung

Allgemeine Daten

Art der Warmwasserb. gebäudezentral
Warmwasserbereitung kombiniert mit Raumheizung

Wärmeabgabe

Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

Leitungslängen lt. Defaultwerten

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]	
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	23,61	100	
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	63,89	100	
Stichleitungen	Ja	2/3		76,67	**Material**	Stahl 2,42 W/m

Wärmespeicher

Art des Speichers indirekt beheizter Speicher
Standort konditionierter Bereich
Baujahr Ab 1994 Anschlussteile gedämmt
Nennvolumen 2.236 l Defaultwert

Täglicher Bereitschaftsverlust Wärmespeicher $q_{b,WS}$ = 4,77 kWh/d Defaultwert

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Speicherladepumpe 141,11 W Defaultwert

WP-Eingabe
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Wärmepumpe

Wärmepumpenart	Sole / Wasser		
Betriebsart	Monovalenter Betrieb		
Anlagentyp	Warmwasser und Raumheizung		
Nennwärmeleistung	48,23 kW		
Jahresarbeitszahl	2,6	berechnet lt. ÖNORM H5056	
COP	4,0	Defaultwert	Prüfpunkt: B0/W35
Betriebsweise	gleitender Betrieb		
Baujahr	ab 2005		
Verlegungsart	tiefverlegt		
Modulierung	modulierender Betrieb		

Hilfsenergie

el. Leistungsbedarf	1.461 W	Defaultwert
Umwälzpumpentyp	hocheffizient	

RMMMMMMAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

U-Wert Berechnung
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Projekt: überHOLZ monolithisches Holzbürohaus	Blatt-Nr.: 1
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung:	Kurzbezeichnung:
Außenwand MHM	AW01

Bauteiltyp:
Außenwand

Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
U - Wert 0,26 [W/m²K]

M 1 : 10

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen) Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Aluminiumstifte dazw.	0,350	0,094	
	Nutzholz (450 kg/m³ -Fi/Ta) rauh, techn. getro.		0,094	
2	Nutzholz (525kg/m³ -Lärche) -rauh, techn. getro. # *	0,024	0,130	
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,350		
Dicke des Bauteils [m]		0,374		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)
$R_{si} + R_{se}$ = 0,170

Oberer Grenzwert: R_{To} = 3,8934 Unterer Grenzwert: R_{Tu} = 3,8934 R_T = 3,8934 [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient U = 1 / R_T 0,26 [W/m²K]

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung
#... diese Schicht zählt nicht zur OI3-Berechnung

RMMMMMMAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

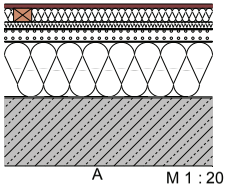
U-Wert Berechnung
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Projekt: überHOLZ monolithisches Holzbürohaus	Blatt-Nr.: 2
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung:	Kurzbezeichnung:
erdanliegender Fußboden	EB01

Bauteiltyp:
erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)

Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
U - Wert 0,13 [W/m²K]



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen) Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Nutzholz Eiche	0,019	0,160	
2	Polsterhölzer dazw.		0,120	10,0
	Holzfaser	0,060	0,057	90,0
3	Trittschalldämmplatte	0,030	0,040	
4	Baupapier	0,0003	0,170	
5	Splittschüttung	0,050	0,900	
6	Baupapier	0,0003	0,170	
7	Holzfaserdämmung	0,240	0,044	
8	bituminöse Abdichtung	0,005	0,230	
9	Stahlbeton	0,300	2,500	
Dicke des Bauteils [m]		0,705		

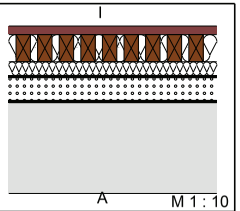
Zusammengesetzter Bauteil - 1 inhomogene Schicht (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)
Polsterhölzer: Achsabstand [m]: 0,800 Breite [m]: 0,080
$R_{si} + R_{se}$ = 0,170

Oberer Grenzwert: R_{To} = 7,6877 Unterer Grenzwert: R_{Tu} = 7,6420 R_T = 7,6648 [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient U = 1 / R_T 0,13 [W/m²K]

U-Wert Berechnung
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Projekt: überHOLZ monolithisches Holzbürohaus	Blatt-Nr.: 3
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: warme Zwischendecke	Kurzbezeichnung: ZD01
Bauteiltyp: warme Zwischendecke	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,27 [W/m²K]	



M 1 : 10

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen)	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Nutzholz Eiche	0,019	0,160	
2	Polsterhölzer dazw.	0,060	0,120	10,0
	Holzfaser		0,046	90,0
3	Trittschalldämmplatte	0,030	0,040	
4	Baupapier	0,0003	0,170	
5	Splittschüttung	0,050	0,900	
6	Baupapier	0,0003	0,170	
7	Aluminiumstifte dazw.	0,200	160,0	
	Nutzholz (450kg/m³ -Fi/Ta) gehobelt, techn. getro.		0,120	
Dicke des Bauteils [m]		0,360		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)

$R_{si} + R_{se} = 0,260$

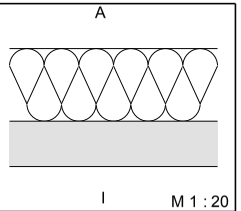
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 4,0603$	Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 3,3987$	$R_T = 3,7295$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,27 [W/m²K]

RMMAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

U-Wert Berechnung
überHOLZ monolithisches Holzbürohaus (v1.0)

Projekt: überHOLZ monolithisches Holzbürohaus	Blatt-Nr.: 4
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: Oberste Geschoßdecke	Kurzbezeichnung: AD01
Bauteiltyp: Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,11 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von außen nach innen)	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Holzfaserdämmung Nut und Feder	0,320	0,044	
2	Aluminiumstifte dazw.	0,200	160,0	
	Nutzholz (450kg/m³ -Fi/Ta) gehobelt, techn. getro.		0,120	
Dicke des Bauteils [m]		0,520		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)

$R_{si} + R_{se} = 0,200$

Oberer Grenzwert: $R_{To} = 9,1386$	Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 8,5600$	$R_T = 8,8493$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,11 [W/m²K]

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK — OIB Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011

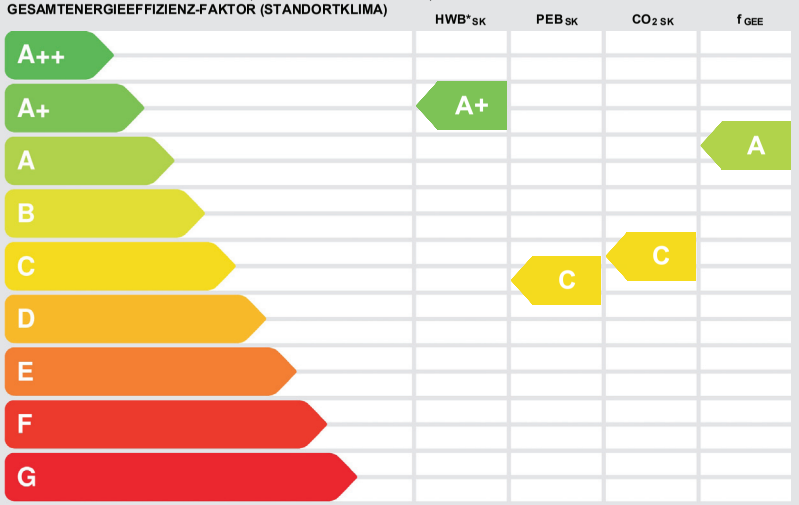
RMMMMAAAA Ressourcen Management Agentur GmbH

BEZEICHNUNG	überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)		
Gebäudeteil	EG-OG3	Baujahr	2013
Nutzungsprofil	Bürogebäude	Letzte Veränderung	
Straße	Mustergasse 11	Katastralgemeinde	Klagenfurt
PLZ/Ort	9020 Klagenfurt	KG-Nr.	72127
Grundstücksnr.	222	Seehöhe	446 m

VORENTWURF kein zulässiger Energieausweis

für HWB <= 15 kWh/m²a ist die Verschattung detailliert zu erfassen (ÖNORM B 8110-6)

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR (STANDORTKLIMA)



HWB*: Der **Heizwärmebedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche den Räumen rechnerisch zur Beheizung zugeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den wohngebäudeäquivalenten Heizwärmebedarf.

KB: Der **Kühlbedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche aus den Räumen rechnerisch abgeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den außenluftinduzierten Kühlbedarf.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht ca. einem Liter Wasser je Quadratmeter Brutto-Grundfläche, welcher um ca. 30°C (also beispielsweise von 8°C auf 38°C) erwärmt wird.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Nutzenergiebedarf die Verluste der Haustechnik im Gebäude berücksichtigt. Dazu zählen beispielsweise die Verluste des Heizkessels, der Energiebedarf von Umwälzpumpen etc.

BSB: Der **Betriebsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht der Hälfte der mittleren Inneren Lasten.

EEB: Beim **Endenergiebedarf** wird zusätzlich zum Heizenergiebedarf der Betriebsstrombedarf berücksichtigt. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.

PEB: Der **Primärenergiebedarf** schließt die gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich aller Vorketten mit ein. Dieser weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren ist 2004 - 2008.

CO_2: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **Kohlendioxidemissionen,** einschließlich jener für Transport und Erzeugung sowie aller Verluste. Zu deren Berechnung wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten Benutzerverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK — OIB Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011

RMMMMAAAA Ressourcen Management Agentur GmbH

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.597 m²	Klimaregion	SB	mittlerer U-Wert	0,29 W/m²K
Bezugs-Grundfläche	1.278 m²	Heiztage	124 d	Bauweise	mittelschwer
Brutto-Volumen	5.478 m³	Heizgradtage	3743 Kd	Art der Lüftung	RLT mit WRG
Gebäude-Hüllfläche	1.943 m²	Norm-Außentemperatur	-13,5 °C	Sommertauglichkeit	eingehalten
Kompaktheit (A/V)	0,35 1/m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK_T-Wert	18,1
charakteristische Länge	2,82 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen [kWh/a]	Standortklima spezifisch [kWh/m²a]	Anforderung OIB Neubau-Anforderung 2012	
HWB*	3,4 kWh/m²a	19.463	3,6 kWh/m²a	11,4 kWh/m²a	erfüllt
HWB		12.470	7,8		
WWWB		7.519	4,7		
KB*	0,9 kWh/m²a	4.256	0,8 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a	erfüllt
KB		71.121	44,5		
BefEB					
HTEB		14.562	9,1		
$HTEB_{RH}$		-8.193	-5,1		
$HTEB_{WW}$		-1.771	-1,1		
KTEB					
HEB		18.521	11,6		
KEB					
BelEB		51.432	32,2		
BSB		39.353	24,6		
EEB		109.306	68,4	99,9	erfüllt
PEB		330.632	207,0		
$PEB_{n.em.}$		271.321	169,9		
$PEB_{em.}$		59.312	37,1		
CO_2		52.624 kg/a	32,9 kg/m²a		
f_{GEE}		0,73			

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn	Ressourcen Management Agentur GmbH Ressourcen Mana Europastraße 8 9524 Villach
Ausstellungsdatum	29.07.2013		
Gültigkeitsdatum	Planung	Unterschrift	
Geschäftszahl	EAB OB 2013-15		

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingabeparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

Datenblatt GEQ
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Anzeige in Druckwerken und elektronischen Medien

Ergebnisse bezogen auf Klagenfurt

HWB 8 **f_{GEE} 0,73**

Gebäudedaten - Neubau - Planung 1

Brutto-Grundfläche BGF	1.597	m²	charakteristische Länge l_C	2,82	m
Konditioniertes Brutto-Volumen	5.478	m³	Kompaktheit A_B / V_B	0,35	m^{-1}
Gebäudehüllfläche A_B	1.943	m²	mittlere Raumhöhe	3,43	m

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:	bereitgestellt Unterlagen Masterarbeit, 2013
Bauphysikalische Daten:	bereitgestellte Unterlagen Masterarbeit, 2013
Haustechnik Daten:	definiertes System, 2013

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Klagenfurt

Transmissionswärmeverluste Q_T		59.148	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V		23.202	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$		31.580	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	mittelschwere Bauweise	37.469	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h		12.470	kWh/a

Ergebnisse Referenzklima

Transmissionswärmeverluste Q_T	52.715	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	20.676	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$	26.036	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	36.064	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	11.290	kWh/a

Haustechniksystem

Raumheizung: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Warmwasser: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Lüftung: Lufterneuerung; energetisch wirksamer Luftwechsel: 0,20; Blower-Door: 0,60; freie Eingabe (Prüfzeugnis) 65%; kein Erdwärmetauscher

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Unkonditionierte Gebäudeteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6

Verwendete Normen und Richtlinien:
B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON H 5057 / ON H 5058 / ON H 5059 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB Richtlinie 6

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muss eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM H 7500 erstellt werden.

Bauteil Anforderungen
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

BAUTEILE		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AW01	Außenwand AWI 06 a	0,12	0,35	Ja
EB01	erdanliegender Fußboden EFo 01 a	0,16	0,40	Ja
FD01	Flachdach DAI 05 a	0,10	0,20	Ja

FENSTER	U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
Prüfnormmaß Typ 1 (T1)	0,98	0,00	Nein
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)	0,98	1,70	Ja
Prüfnormmaß Typ 2 (T2) (gegen Außenluft vertikal)	1,02	1,70	Ja

Einheiten: U-Wert [W/m²K] berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Ressourcen Management Agentur GmbH

Datum BAUBOOK: 10.06.2013

V_B	5.477,87 m³	l_c	2,82 m
A_B	1.942,72 m²	KOF	3.140,69 m²
BGF	1.597,28 m²	U_m	0,29 W/m²K

Bauteile		Fläche A [m²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO2]	AP [kg SO2]	ΔOI3
AW01	Außenwand AWI 06 a	786,6	469.142,8	-20.404,8	112,7	34,7
FD01	Flachdach DAI 05 a	378,3	445.981,4	4.961,4	85,0	71,4
EB01	erdanliegender Fußboden EFo 01 a	399,3	625.155,3	38.506,7	127,7	110,9
ZD01	warme Zwischendecke DI 01 a	1.198,0	817.960,5	-14.270,5	210,7	44,2
FE/TÜ	Fenster und Türen	378,4	243.084,7	10.114,7	117,3	67,2
	Summe		**2.601.325**	**18.907**	**653**	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	**[MJ/m² KOF]**	**828,2**
Ökoindikator PEI	**OI PEI Punkte**	**32,8**
GWP (Global Warming Potential)	**[kg CO2/m² KOF]**	**6,0**
Ökoindikator GWP	**OI GWP Punkte**	**28,0**
AP (Versäuerung)	**[kg SO2/m² KOF]**	**0,2**
Ökoindikator AP	**OI AP Punkte**	**0,0**
OI3-BGF (Ökoindikator)	**OI3- BGF Punkte**	**39,8**
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF		

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

RH-Eingabe
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Ressourcen Management Agentur GmbH

Raumheizung

Allgemeine Daten

Art der Raumheizung gebäudezentral

Wärmeabgabe

Haupt Wärmeabgabe	Radiatoren, Einzelraumheizer
Systemtemperatur	40°/30°
Regelfähigkeit	Raumthermostat-Zonenregelung mit Zeitsteuerung
Heizkostenabrechnung	Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Dämmung Armaturen	Leitungslängen lt. Defaultwerten: Leitungslänge [m]	konditioniert [%]
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	68,84	100
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	127,78	100
Anbindeleitungen	Ja	2/3	Ja	894,48	

Wärmespeicher

kein Wärmespeicher vorhanden

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe 185,56 W Defaultwert

Warmwasserbereitung

Allgemeine Daten

Art der Warmwasserb. gebäudezentral
Warmwasserbereitung kombiniert mit Raumheizung

Wärmeabgabe

Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

Leitungslängen lt. Defaultwerten

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]	
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	23,61	100	
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	63,89	100	
Stichleitungen	Ja	2/3		76,67	**Material**	Stahl 2,42 W/m

Wärmespeicher

Art des Speichers indirekt beheizter Speicher
Standort konditionierter Bereich
Baujahr Ab 1994 Anschlussteile gedämmt
Nennvolumen 2.236 l Defaultwert

Täglicher Bereitschaftsverlust Wärmespeicher $q_{b,WS}$ = 4,77 kWh/d Defaultwert

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Speicherladepumpe 141,11 W Defaultwert

Wärmepumpe

Wärmepumpenart	Sole / Wasser		
Betriebsart	Monovalenter Betrieb		
Anlagentyp	Warmwasser und Raumheizung		
Nennwärmeleistung	35,43 kW		
Jahresarbeitszahl	2,3	berechnet lt. ÖNORM H5056	
COP	4,0	Defaultwert	Prüfpunkt: B0/W35
Betriebsweise	gleitender Betrieb		
Baujahr	ab 2005		
Verlegungsart	tiefverlegt		
Modulierung	modulierender Betrieb		

Hilfsenergie

el. Leistungsbedarf	1.073 W	Defaultwert
Umwälzpumpentyp	hocheffizient	

Ressourcen Management Agentur GmbH

Lüftung für Gebäude
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Lüftung für Gebäude

energetisch wirksamer Luftwechsel	0,197	1/h	
Falschluftrate	0,04	1/h	
Luftwechselrate Blower Door Test	0,60	1/h	
Wärmebereitstellungsgrad Lüftung	65	%	freie Eingabe (Prüfzeugnis)
Erdvorwärmung			kein Erdwärmetauscher
energetisch wirksamer Luftwechsel			
Gesamtes Gebäude Vv	3.322,34	m³	
Wärmebereitstellungsgrad Gesamt	65	%	

Art der Lüftung Lufterneuerung

Lüftungsanlage ohne Heiz- und ohne Kühlfunktion

	Standort	R-Wert	Abschläge
Lüftungsgerät	konditioniert		0 %
Außen- / Fortluftleitungen	im Freien	< 2,5 m²K/W	0 %
Ab- / Zuluftleitungen	konditioniert	< 2,5 m²K/W	0 %

tägl. Betriebszeit der Anlage 14 h

Zuluftventilator spez. Leistung	0,80	Wh/m³	☑ freie Eingabe
Abluftventilator spez. Leistung	0,80	Wh/m³	☑ freie Eingabe
NERLT-h	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NERLT-k	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NERLT-d	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NE	24.023	kWh/a	

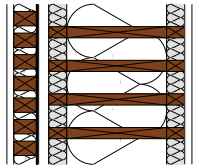
Legende

NERLT-h ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Heizen des Luftvolumenstroms
NERLT-k ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Kühlen des Luftvolumenstroms
NERLT-d ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Dampfbefeuchten des Luftvolumenstroms
NE ... jährlicher Nutzenergiebedarf für Luftförderung

U-Wert Berechnung
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Projekt:	überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.:	1
Auftraggeber	Max Mustermann	Bearbeitungsnr.:	EAB OB

Bauteilbezeichnung: Außenwand AWI 06 a	Kurzbezeichnung: AW01
Bauteiltyp: Außenwand	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,12 [W/m²K]	



M 1 : 10

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten von innen nach außen Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Gipskartonplatte	0,015	0,210	
2	Nutzholz dazw.	0,050	0,120	10,0
	Glaswolle		0,043	90,0
3	Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	
4	Spanplatte	0,022	0,130	
5	OSB-Platten (650 kg/m³) dazw.	0,040	0,130	8,0
	Glaswolle		0,044	92,0
6	Furniersperrholz dazw.	0,220	0,090	1,0
	Glaswolle		0,043	99,0
7	OSB-Platten (650 kg/m³) dazw.	0,040	0,130	8,0
	Glaswolle		0,043	92,0
8	Spanplatte	0,016	0,130	
Dicke des Bauteils [m]		0,403		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)

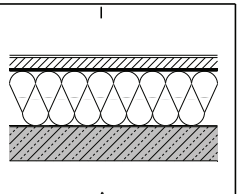
$R_{si} + R_{se}$ = 0,170

Oberer Grenzwert: R_{To} = 8,4277 Unterer Grenzwert: R_{Tu} = 8,1681	R_T = 8,2979	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$	0,12	[W/m²K]

U-Wert Berechnung
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Projekt:	überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.:	2
Auftraggeber	Max Mustermann	Bearbeitungsnr.:	EAB OB

Bauteilbezeichnung: erdanliegender Fußboden EFo 01 a	Kurzbezeichnung: EB01
Bauteiltyp: erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,16 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

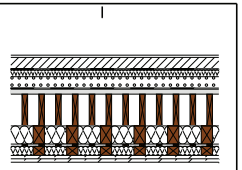
Nr	Baustoffschichten von innen nach außen Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	R = d / λ Durchlaßw. [m²K/W]
1	Massivparkett	0,010	0,160	0,063
2	Zementestrich	0,050	1,600	0,031
3	PE-Weichschaum	0,010	0,035	0,286
4	XPS	0,240	0,042	5,714
5	Aluminium-Bitumendichtungsbahn	0,004	0,230	0,017
6	Stahlbeton	0,150	2,500	0,060
Dicke des Bauteils [m]		0,464		

Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$	0,170	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	6,341	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,16	[W/m²K]

U-Wert Berechnung
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 3
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: warme Zwischendecke DI 01 a	Kurzbezeichnung: ZD01
Bauteiltyp: warme Zwischendecke	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,22 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen)	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Massivparkett	0,010	0,160	
2	Zementestrich	0,050	1,600	
3	Dichtungsbahn Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	
4	Glaswolle	0,030	0,035	
5	Splittschüttung (zementgebunden)	0,050	0,900	
6	Dichtungsbahn Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	
7	OSB-Platten	0,022	0,130	
8	Nutzholz (475kg/m³ -Fi/Ta) dazw.	0,140	0,120	14,0
	Luft steh., W-Fluss n. oben 136 < d < = 140 mm		0,875	86,0
9	Nutzholz (475kg/m³ -Fi/Ta) dazw.	0,080	0,120	14,0
	Glaswolle		0,040	86,0
10	Nutzholz (475kg/m³ -Fi/Ta) dazw.	0,010	0,120	10,0
	Luft steh., W-Fluss n. oben 6 < d < = 10 mm		0,071	90,0
11	Nutzholz (475kg/m³ -Fi/Ta) rauh, techn. getro. dazw.	0,040	0,120	10,0
	Glaswolle		0,040	90,0
12	Gipskartonplatte	0,015	0,210	
13	Gipskartonplatte	0,015	0,210	
Dicke des Bauteils [m]		0,462		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)

$R_{si} + R_{se}$ = 0,260

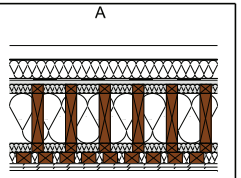
Oberer Grenzwert: R_{To} = 4,6719 Unterer Grenzwert: R_{Tu} = 4,2889	R_T = 4,4804	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient U = 1 / R_T	0,22	[W/m²K]

RMMMMMMMMMMMMAA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

U-Wert Berechnung
überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Holzrahmenbau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 4
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: Flachdach DAI 05 a	Kurzbezeichnung: FD01
Bauteiltyp: Außendecke, Wärmestrom nach oben	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,10 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von außen nach innen)	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	Anteil [%]
1	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³)	0,060	0,700	
2	Vlies PP	0,001	0,220	
3	XPS	0,080	0,038	
4	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,008	0,230	
5	Spanplatte	0,018	0,130	
6	OSB-Platten dazw.	0,040	0,130	8,0
	Glaswolle		0,046	92,0
7	Furniersperrholz dazw.	0,220	0,120	1,0
	Glaswolle		0,048	99,0
8	OSB-Platten dazw.	0,040	0,130	8,0
	Glaswolle		0,046	92,0
9	Nutzholz (475kg/m³ -Fi/Ta) dazw.	0,050	0,120	10,0
	Glaswolle		0,046	90,0
10	Gipskartonplatte	0,015	0,210	
11	Gipskartonplatte	0,015	0,210	
Dicke des Bauteils [m]		0,547		

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ÖNORM EN ISO 6946)

$R_{si} + R_{se}$ = 0,140

Oberer Grenzwert: R_{To} = 9,8560 Unterer Grenzwert: R_{Tu} = 9,6201	R_T = 9,7381	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient U = 1 / R_T	0,10	[W/m²K]

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OIB Richtlinie 6
Ausgabe Oktober 2011

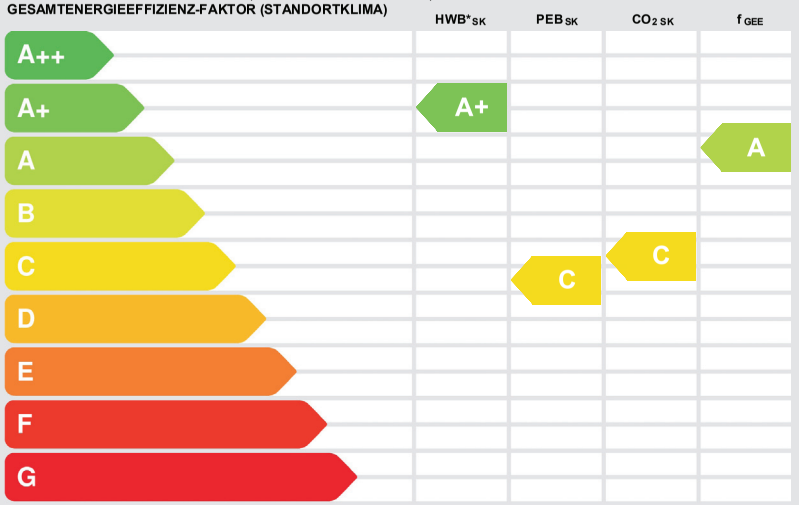
RMMMAAAA Ressourcen Management Agentur GmbH

BEZEICHNUNG	überHOLZ Massivau WRL (v1.0)		
Gebäudeteil	EG-OG3	Baujahr	2013
Nutzungsprofil	Bürogebäude	Letzte Veränderung	
Straße	Mustergasse 11	Katastralgemeinde	Klagenfurt
PLZ/Ort	9020 Klagenfurt	KG-Nr.	72127
Grundstücksnr.	222	Seehöhe	446 m

VORENTWURF kein zulässiger Energieausweis

für HWB <= 15 kWh/m²a ist die Verschattung detailliert zu erfassen (ÖNORM B 8110-6)

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR (STANDORTKLIMA)



HWB*: Der **Heizwärmebedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche den Räumen rechnerisch zur Beheizung zugeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den wohngebäudeäquivalenten Heizwärmebedarf.

KB: Der **Kühlbedarf** beschreibt jene Wärmemenge, welche aus den Räumen rechnerisch abgeführt werden muss. Die Anforderung richtet sich an den außenluftinduzierten Kühlbedarf.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht ca. einem Liter Wasser je Quadratmeter Brutto-Grundfläche, welcher um ca. 30°C (also beispielsweise von 8°C auf 38°C) erwärmt wird.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Nutzenergiebedarf die Verluste der Haustechnik im Gebäude berücksichtigt. Dazu zählen beispielsweise die Verluste des Heizkessels, der Energiebedarf von Umwälzpumpen etc.

BSB: Der **Betriebsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht der Hälfte der mittleren Inneren Lasten.

EEB: Beim **Endenergiebedarf** wird zusätzlich zum Heizenergiebedarf der Betriebsstrombedarf berücksichtigt. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.

PEB: Der **Primärenergiebedarf** schließt die gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich aller Vorketten mit ein. Dieser weist einen erneuerbaren und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren ist 2004 - 2008.

CO_2: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **Kohlendioxidemissionen,** einschließlich jener für Transport und Erzeugung sowie aller Verluste. Zu deren Berechnung wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

f_{GEE} : Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten Benutzerverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).

Energieausweis für Nicht-Wohngebäude - Planung

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OIB Richtlinie 6
Ausgabe Oktober 2011

RMMMAAAA Ressourcen Management Agentur GmbH

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	1.597 m²	Klimaregion	SB	mittlerer U-Wert	0,30 W/m²K
Bezugs-Grundfläche	1.278 m²	Heiztage	122 d	Bauweise	schwer
Brutto-Volumen	5.308 m³	Heizgradtage	3743 Kd	Art der Lüftung	RLT mit WRG
Gebäude-Hüllfläche	1.907 m²	Norm-Außentemperatur	-13,5 °C	Sommertauglichkeit	eingehalten
Kompaktheit (A/V)	0,36 1/m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK_T-Wert	18,9
charakteristische Länge	2,78 m				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima spezifisch	Standortklima zonenbezogen [kWh/a]	Standortklima spezifisch [kWh/m²a]	Anforderung OIB Neubau-Anforderung 2012	
HWB*	3,5 kWh/m²a	19.734	3,7 kWh/m²a	11,4 kWh/m²a	erfüllt
HWB		12.422	7,8		
WWWB		7.519	4,7		
KB*	0,9 kWh/m²a	3.765	0,7 kWh/m²a	1,0 kWh/m²a	erfüllt
KB		70.047	43,9		
BefEB					
HTEB		13.946	8,7		
$HTEB_{RH}$		-8.304	-5,2		
$HTEB_{WW}$		-1.771	-1,1		
KTEB					
HEB		18.203	11,4		
KEB					
BelEB		51.432	32,2		
BSB		39.353	24,6		
EEB		108.989	68,2	98,3	erfüllt
PEB		330.126	206,7		
$PEB_{n.em.}$		270.905	169,6		
$PEB_{em.}$		59.221	37,1		
CO_2		52.543 kg/a	32,9 kg/m²a		
f_{GEE}		0,73			

ERSTELLT

GWR-Zahl		ErstellerIn	Ressourcen Management Agentur GmbH Ressourcen Mana Europastraße 8 9524 Villach
Ausstellungsdatum	29.07.2013		
Gültigkeitsdatum	Planung	Unterschrift	
Geschäftszahl	EAB OB 2013-15		

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingabeparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und Lage hinsichtlich Ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

Datenblatt GEQ
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Ressourcen Management Agentur GmbH

Anzeige in Druckwerken und elektronischen Medien

Ergebnisse bezogen auf Klagenfurt

HWB 8 **f_{GEE} 0,73**

Gebäudedaten - Neubau - Planung 1

Brutto-Grundfläche BGF	1.597	m²	charakteristische Länge l_C	2,78	m
Konditioniertes Brutto-Volumen	5.308	m³	Kompaktheit A_B / V_B	0,36	m^{-1}
Gebäudehüllfläche A_B	1.907	m²	mittlere Raumhöhe	3,32	m

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:	bereitgestellt Unterlagen Masterarbeit, 2013
Bauphysikalische Daten:	bereitgestellte Unterlagen Masterarbeit, 2013
Haustechnik Daten:	definiertes System, 2013

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Klagenfurt

Transmissionswärmeverluste Q_T		60.087	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V		23.202	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$		32.096	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	schwere Bauweise	38.036	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h		12.422	kWh/a

Ergebnisse Referenzklima

Transmissionswärmeverluste Q_T	53.553	kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	20.676	kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$	26.467	kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	36.633	kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	11.128	kWh/a

Haustechniksystem

Raumheizung: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Warmwasser: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser)

Lüftung: Lufterneuerung; energetisch wirksamer Luftwechsel: 0,20; Blower-Door: 0,60; freie Eingabe (Prüfzeugnis) 65%; kein Erdwärmetauscher

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at

Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Unkonditionierte Gebäudeteile vereinfacht nach ON B 8110-6 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6

Verwendete Normen und Richtlinien:
B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON H 5057 / ON H 5058 / ON H 5059 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB Richtlinie 6

Anmerkung:
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muss eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM H 7500 erstellt werden.

Bauteil Anforderungen
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Ressourcen Management Agentur GmbH

BAUTEILE		U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AW01	Außenwand AWm 01 a	0,12	0,35	Ja
EB01	erdanliegender Fußboden EFo 01 a	0,16	0,40	Ja
FD01	Flachdach DAm 03a	0,10	0,20	Ja

FENSTER	U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
Prüfnormmaß Typ 1 (T1)	1,02	0,00	Nein
Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)	1,02	1,70	Ja
Prüfnormmaß Typ 2 (T2) (gegen Außenluft vertikal)	1,08	1,70	Ja

Einheiten: U-Wert [W/m²K] berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

OI3-Klassifizierung - Ökologie der Bauteile überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

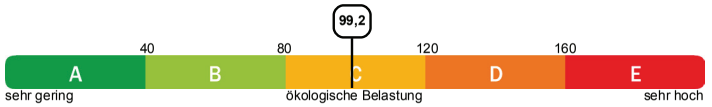
Datum BAUBOOK: 10.06.2013

V_B	5.308,48 m³	l_c	2,78 m
A_B	1.907,34 m²	KOF	3.105,31 m²
BGF	1.597,28 m²	U_m	0,30 W/m²K

Bauteile		Fläche A [m²]	PEI [MJ]	GWP [kg CO2]	AP [kg SO2]	ΔOI3
AW01	Außenwand AWm 01 a	751,3	719.951,0	55.337,6	148,6	70,6
FD01	Flachdach DAm 03a	378,3	716.129,2	39.585,9	124,7	124,5
EB01	erdanliegender Fußboden EFo 01 a	399,3	625.155,3	38.506,7	127,7	110,9
ZD01	warme Zwischendecke GDm 01 a	1.198,0	1.127.926	108.999,3	265,8	76,1
FE/TÜ	Fenster und Türen	378,4	409.217,8	23.393,8	135,6	94,1
	Summe		**3.598.379**	**265.823**	**802**	

PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)	**[MJ/m² KOF]**	**1.158,7**
Ökoindikator PEI	**OI PEI Punkte**	**65,8**
GWP (Global Warming Potential)	**[kg CO2/m² KOF]**	**85,6**
Ökoindikator GWP	**OI GWP Punkte**	**67,8**
AP (Versäuerung)	**[kg SO2/m² KOF]**	**0,2**
Ökoindikator AP	**OI AP Punkte**	**19,3**
OI3-BGF (Ökoindikator)	**OI3- BGF Punkte**	**99,1**
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF		

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!



RH-Eingabe überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Raumheizung

Allgemeine Daten

Art der Raumheizung gebäudezentral

Wärmeabgabe

Haupt Wärmeabgabe	Radiatoren, Einzelraumheizer
Systemtemperatur	40°/30°
Regelfähigkeit	Raumthermostat-Zonenregelung mit Zeitsteuerung
Heizkostenabrechnung	Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Leitungslängen lt. Defaultwerten: Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	68,84	100
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	127,78	100
Anbindeleitungen	Ja	2/3	Ja	894,48	

Wärmespeicher

kein Wärmespeicher vorhanden

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe 185,56 W Defaultwert

WWB-Eingabe
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Warmwasserbereitung

Allgemeine Daten

Art der Warmwasserb. gebäudezentral
Warmwasserbereitung kombiniert mit Raumheizung

Wärmeabgabe

Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

Leitungslängen lt. Defaultwerten

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	konditioniert [%]	
Verteilleitungen	Ja	2/3	Ja	23,61	100	
Steigleitungen	Ja	2/3	Ja	63,89	100	
Stichleitungen	Ja	2/3		76,67	**Material**	Stahl 2,42 W/m

Wärmespeicher

Art des Speichers indirekt beheizter Speicher
Standort konditionierter Bereich
Baujahr Ab 1994 Anschlussteile gedämmt
Nennvolumen 2.236 l Defaultwert

Täglicher Bereitschaftsverlust Wärmespeicher $q_{b,WS}$ = 4,77 kWh/d Defaultwert

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Speicherladepumpe 141,11 W Defaultwert

WP-Eingabe
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Wärmepumpe

Wärmepumpenart	Sole / Wasser		
Betriebsart	Monovalenter Betrieb		
Anlagentyp	Warmwasser und Raumheizung		
Nennwärmeleistung	35,73 kW		
Jahresarbeitszahl	2,3	berechnet lt. ÖNORM H5056	
COP	4,0	Defaultwert	Prüfpunkt: B0/W35
Betriebsweise	gleitender Betrieb		
Baujahr	ab 2005		
Verlegungsart	tiefverlegt		
Modulierung	modulierender Betrieb		

Hilfsenergie

el. Leistungsbedarf	1.082 W	Defaultwert
Umwälzpumpentyp	hocheffizient	

Ressourcen Management Agentur GmbH

Lüftung für Gebäude
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Lüftung für Gebäude

energetisch wirksamer Luftwechsel	0,197	1/h	
Falschluftrate	0,04	1/h	
Luftwechselrate Blower Door Test	0,60	1/h	
Wärmebereitstellungsgrad Lüftung	65	%	freie Eingabe (Prüfzeugnis)
Erdvorwärmung			kein Erdwärmetauscher
energetisch wirksamer Luftwechsel			
Gesamtes Gebäude Vv	3.322,34	m³	
Wärmebereitstellungsgrad Gesamt	65	%	

Art der Lüftung	Lufterneuerung
Lüftungsanlage	ohne Heiz- und ohne Kühlfunktion

	Standort	R-Wert	Abschläge
Lüftungsgerät	konditioniert		0 %
Außen- / Fortluftleitungen	im Freien	< 2,5 m²K/W	0 %
Ab- / Zuluftleitungen	konditioniert	< 2,5 m²K/W	0 %

tägl. Betriebszeit der Anlage	14	h	

Zuluftventilator spez. Leistung	0,80	Wh/m³	☑ freie Eingabe
Abluftventilator spez. Leistung	0,80	Wh/m³	☑ freie Eingabe
NERLT-h	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NERLT-k	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NERLT-d	0	kWh/a	(nur Lufterneuerung)
NE	24.023	kWh/a	

Legende

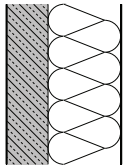
NERLT-h ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Heizen des Luftvolumenstroms
NERLT-k ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Kühlen des Luftvolumenstroms
NERLT-d ... spezifischer jährlicher Nutzenergiebedarf für das Dampfbefeuchten des Luftvolumenstroms
NE ... jährlicher Nutzenergiebedarf für Luftförderung

RMA
Ressourcen Management Agentur GmbH

U-Wert Berechnung
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Massivau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 1
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: Außenwand AWm 01 a	Kurzbezeichnung: AW01
Bauteiltyp: Außenwand	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,12 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen) Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	R = d / λ Durchlaßw. [m²K/W]
1	Spachtel - Gipsspachtel	0,003	0,800	0,004
2	Stahlbeton	0,180	2,500	0,072
3	EPS-F (15.8 kg/m³)	0,320	0,040	8,000
4	Silikatputz (ohne Kunstharzzusatz) armiert	0,002	0,800	0,002
Dicke des Bauteils [m]		0,505		

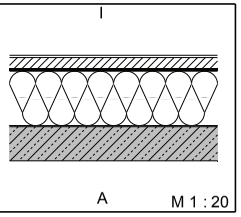
Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$	0,170	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	8,248	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,12	[W/m²K]

RMA
Ressourcen Management Agentur GmbH

U-Wert Berechnung
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Massivau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 2
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung: erdanliegender Fußboden EFo 01 a	Kurzbezeichnung: EB01
Bauteiltyp: erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946	
U - Wert 0,16 [W/m²K]	



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

Nr	Baustoffschichten (von innen nach außen) Bezeichnung	d Dicke [m]	λ Leitfähigkeit [W/mK]	R = d / λ Durchlaßw. [m²K/W]
1	Massivparkett	0,010	0,160	0,063
2	Zementestrich	0,050	1,600	0,031
3	PE-Weichschaum	0,010	0,035	0,286
4	XPS	0,240	0,042	5,714
5	Aluminium-Bitumendichtungsbahn	0,004	0,230	0,017
6	Stahlbeton	0,150	2,500	0,060
Dicke des Bauteils [m]		0,464		

Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$	0,170	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	6,341	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,16	[W/m²K]

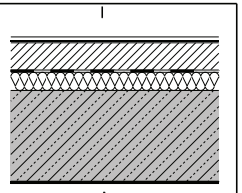
U-Wert Berechnung
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Massivau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 3
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung:	Kurzbezeichnung:
warme Zwischendecke GDm 01 a	ZD01

Bauteiltyp:
warme Zwischendecke

Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
U - Wert 0,77 [W/m²K]



M 1 : 10

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	λ	R = d / λ
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Keramische Beläge	0,008	1,300	0,006
2	Flüssige Folie	0,0002	0,500	
3	Zemenestrich	0,060	1,600	0,038
4	Dichtungsbahn Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	
5	EPS-T	0,040	0,044	0,909
6	Stahlbeton	0,200	2,500	0,080
7	Spachtel - Gipsspachtel	0,003	0,800	0,004
Dicke des Bauteils [m]		0,311		

Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$	0,260	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	1,297	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,77	[W/m²K]

RMA
Projektentwicklung - Consulting - Planung - Projektmanagement
Ressourcen Management Agentur GmbH

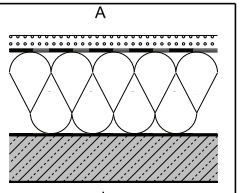
U-Wert Berechnung
überHOLZ Massivau WRL (v1.0)

Projekt: überHOLZ Massivau WRL (v1.0)	Blatt-Nr.: 4
Auftraggeber Max Mustermann	Bearbeitungsnr.: EAB OB

Bauteilbezeichnung:	Kurzbezeichnung:
Flachdach DAm 03a	FD01

Bauteiltyp:
Außendecke, Wärmestrom nach oben

Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
U - Wert 0,10 [W/m²K]



M 1 : 20

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten		d	λ	R = d / λ
Nr	von außen nach innen Bezeichnung		Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	Durchlaßw. [m²K/W]
1	Sand- und Kiesschüttung	*	0,060	2,000	0,030
2	Polymerbitumen-Dichtungsbahn		0,008	0,230	0,034
3	Dichtungsbahn Polyethylen (PE)		0,002	0,500	0,003
4	EPS-W 20 (19.5 kg/m³)		0,360	0,038	9,474
5	Aluminium-Bitumendichtungsbahn		0,001	0,230	0,006
6	Dampfbremse Polyethylen (PE)		0,002	0,500	0,004
7	Stahlbeton		0,200	2,500	0,080
8	Spachtel - Gipsspachtel		0,003	0,800	0,004
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]			0,576		
Dicke des Bauteils [m]			0,636		

Summe der Wärmeübergangswiderstände	$R_{si} + R_{se}$	0,140	[m²K/W]
Wärmedurchgangswiderstand	$R_T = R_{si} + \Sigma R_t + R_{se}$	9,745	[m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1 / R_T$	0,10	[W/m²K]

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

kunst universität linz
Universität für künstlerische und industrielle Gestaltung
www.ufg.ac.at

Erklärung zur Abgabe einer Diplom- bzw. Masterarbeit:

Name: WIRNSBERGER

Vorname: JÜRGEN PHILIPP

Matrikelnummer: 1175144

Titel der Diplom- bzw. Masterarbeit:

MONOHOLZ

EINSTOFFLICHKEIT IM HOLZBAU

Studienrichtung und Studienkennzahl:

992 UNIVERSITÄTSLEHRGANG, 173 ÜBERHOLZ - HOLZBAUKULTUR

BetreuerIn: ARCH DI HELMUT DIETRICH

1. Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

2. Ich bestätige hiermit, dass die Diplom- bzw. Masterarbeit von den Begutachtern und Begutachterinnen approbiert ist. Die abgelieferten analogen Exemplare und das digitale Exemplar stimmen in Form und Inhalt vollständig mit der benoteten und approbierten Fassung überein.

3. Ich räume hiermit der Kunstuniversität Linz das zeitlich unbefristete Recht ein, die abgegebene digitale Publikation sowie alle damit verbundenen Begleitmaterialien einem unbestimmten Personenkreis (Zutreffendes bitte ankreuzen)

- 0 im weltweiten Internet
- X im gesamten Netz der Institution (Mehrfachzugriffe)
- 0 nur an einem Arbeitsplatz der Institution (Einzelzugriff)

unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

Die Kunstuniversität Linz ist weiters berechtigt, aber nicht verpflichtet, die digitalen Daten der Publikation zum Zweck der dauerhaften Archivierung und Zurverfügungstellung in andere Formate oder auf andere Speichersysteme zu migrieren. Es ist mir bewusst, dass bei einer Datenmigration eine Änderung von Form, Umfang oder Darstellung der Publikation aus technischen Gründen nicht ausgeschlossen werden kann.

Universitätsbibliothek

Hauptplatz 8
A 4010 Linz

Tel.: +43 (0) 732 7898 255
bibliothek.service@ufg.ac.at
www.ufg.ac.at

kunstuniversität linz
Universität für künstlerische und industrielle Gestaltung
www.ufg.ac.at

Ich bin als (Zutreffendes bitte ankreuzen)

- [x] alleinige/r InhaberIn der Nutzungsrechte an der Publikation
- [ ] Bevollmächtigte/r der InhaberInnen der Nutzungsrechte

zur Einräumung dieser Nutzungsbewilligung befugt.
Soweit das für die Realisierung der von mir oben gewählten Zugriffsoption und zur damit einhergehenden Realisierung der Verfügbarmachung meiner Diplom- bzw. Masterarbeit erforderlich ist, räume ich der Kunstuniversität Linz das unentgeltliche, nicht ausschließliche, zeitlich und örtlich unbegrenzte Recht ein, meine Diplom- bzw. Masterarbeit ganz oder teilweise beliebig oft zu nutzen, insbesondere zu vervielfältigen, zu veröffentlichen, zu verbreiten, zu senden, zu archivieren, der Öffentlichkeit drahtgebunden oder drahtlos zur Verfügung zu stellen, zu bearbeiten, etwa an der digitalen Version der Diplom- bzw. Masterarbeit Veränderungen vorzunehmen, die aus technischen Gründen oder mit Rücksicht auf die Erfordernisse der Langzeitarchivierung geboten sind. Ebenso räume ich diejenigen Rechte ein, die durch künftige technische Entwicklung oder durch Änderung der Gesetzgebung entstehen.
Ich verpflichte mich, die Kunstuniversität Linz schad- und klaglos zu halten, wenn Dritte in Bezug auf die von mir eingereichte Diplom- bzw. Masterarbeit, insbesondere in Bezug auf die hier erfolgende Rechteeinräumung und internet-basierten Verfügbarmachung Ansprüche wegen Rechtsverletzung gegen die Kunstuniversität Linz geltend machen.

4. Ich wurde davon in Kenntnis gesetzt und erkläre mich damit einverstanden, dass die Kunstuniversität Linz keine Haftung für aus technischen Gründen auftretende Fehler irgendwelcher Art übernimmt. Des Weiteren wird von der Kunstuniversität Linz keinerlei Haftung dafür übernommen, dass die Diplom- bzw. Masterarbeit oder Teile davon von dritter Seite unrechtmäßig heruntergeladen und verbreitet, verändert oder an anderer Stelle ohne Einwilligung aufgelegt werden.

5. Ich habe das Merkblatt zur Abgabe von Diplom- und Masterarbeiten der Universitätsbibliothek gelesen und zur Kenntnis genommen.

Linz,

31/07/2013 .....
Datum Unterschrift

Universitätsbibliothek

Hauptplatz 8
A 4010 Linz

Tel.: +43 (0) 732 7898 255
bibliothek.service@ufg.ac.at
www.ufg.ac.at

Abbildungsverzeichnis

S.6-7 **Abb. 1, fließender Innenraum Wohnhaus Zumthor, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: http://zumthorferienhaeuser.ch (16.07.2013)

S.10 **Abb.2+3, 50 cm Dämmbeton, Haus Meuli in Graubünden, 2001, Bearth & Deplazes Architekten**
vgl. Quelle: http://bearth-deplazes.ch/de/projekte/wohnhaus-meuli-flaesch/ (16.07.2013)

S.10 **Abb.3, 45 cm Stampflehmwand, Lehmhaus Rauch in Vorarlberg, 2008, Architekt Boltshauser**
vgl. Quelle: http://www.lehmtonerde.at/de/projekte/projekt.php?pID=7 (16.07.2013)

S.11 **Abb.4, 64 cm verzahntes Ziegelmauerwerk**
vgl. Quelle: http://www.bfm-architekten.de/KOEPENICK_PROJ-D.html (16.07.2013)

S.11 **Abb.5, 64 cm Ziegelmauerwerk, Mittelpunktbibliothek Köpenick in Berlin, 2008, Bruno Fioretti Marques Architekten**
vgl. Quelle: http://www.bfm-architekten.de/KOEPENICK_PROJ-D.html (16.07.2013)

S.12 **Abb.6, Schnitt und Grundriss Bürohaus Lustenau**
vgl. Quelle: Aicher: in einem Gespräch mit Dietmar Eberle, Ich will selbst über das Verhältnis zu meiner Umgebung bestimmen, Bauwelt, 2012 27-28, 103. Jahrgang, Berlin, S.8

S.12 **Abb.7, 75 cm Ziegelmauerwerk, Bürohaus in Vorarlberg, 2013, Baumschlager & Eberle Architekten**
vgl. Quelle: Geissbühler: Starke Hüllen - Gedanken zum Ausdruck nachhaltiger Architektur, werk,bauen+wohnen, 2013 05, 67. Jahrgang, Zürich, S.32

S.15 **Abb.8, Vergleich Wandstärken monolithischer Bauweisen**
vgl. Quellen λ-Werte:
Dämmbeton
A Filipaj: Architektonisches Potential von Dämmbeton, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2006, Zürich, S.24
Ziegel
Wienerberger: Produktdatenblatt Porotherm 50 H.i Plan, Version 06.12.2011
Massivholz [Theorie]
Egle: Holz2020+, Forschungsarbeit, Zwischenstand 03.07.2013, Übersee, S.3
Massivholz [Praxis]
Storaenso: Produktbeschreibung CLT, Stand Februar 2011
Massivholz [mit Lufteinschlüssen]
GT Systemfertigung: Produktdatenblatt MHM gem. Messergebnis der MFPA Leipzig
Stahlbeton mit EPS WDVS
U-Wert Rechner, http://www.u-wert.net/berechnung/u-wert-rechner, 17.07.2013

S.17 **Abb.9, Dörfliche Verdichtung monolithischer Holzbauten, Wallis**
vgl. Quelle: Archiv des Autors

S.19 **Abb.10, Verlgeich Temperaturleizahlen**
vgl. Quelle: Barth Rainer, Wieviel U-Wert braucht der Mensch, Tafel 1, S.4

S.20 **Abb.11, Innenraum aus massivem Holz, Architekt Pascal Flammer**
vgl. Quelle: http://www.pascalflammer.com/ (30.07.2013)

S.20 **Abb.12, Innenraum aus massivem Holz, Cucrowicz Nachbaur Architekten**
vgl. Quelle: http://www.cn-architekten.at/projekte/gemeindezentrum-st-gerold/894 (30.07.2013)

S.20 **Abb.13, Innenraum aus massivem Holz, Cucrowicz Nachbaur Architekten**
vlg. Quelle: http://www.cn-architekten.at/projekte/bergkapelle-alpe-niedere-andelsbuch/894 (30.07.2013)

S.22 **Abb.14, Fügung der Balken**
vgl. Quelle: Zwerger, Klaus: Das Holz und seine Verbindungen - Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Birkhäuser, 2012, Basel, S.142

S.23 **Abb.15, traditionelle Eckverbindungen**
vgl. Quelle: Schlorhaufer, Bettina: Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Quart Verlag, 2005, Luzern, S.51

S.23 **Abb.16, Mehrgeschossiger Blockbau in La Tour, Schweiz, 1958**
vgl. Quelle: Steurer, Anton und von Büren, Charles: Der andere Holzbau - drei, vier,

viele Geschosse, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.78

S.25 **Abb.17, Blockbauten, Architekt Caminada, v.l.n.r vgl. Abb. 19**
vgl. Quelle: Schlorhaufer, Bettina: Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Quart Verlag, 2005, Luzern, S.61 (Haus Casanova), S.65 (Haus Schmid), S.63 (Haus Caminada), S.67 (Haus Kruker-Meier)

S.25 **Abb.18, Wohnhaus Schmid, offener Raum durch Raumzellen gegliedert, Architek Caminada**
vgl. Quelle: Schlorhaufer, Bettina: Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Quart Verlag, 2005, Luzern, S.55

S.25 **Abb.19, Weiterentwicklungen der Blockbautypologie im Grundriss, Architekt Caminada**
vgl. Quelle: Schlorhaufer, Bettina: Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Quart Verlag, 2005, Luzern, S.60 (Haus Casanova), S.64 (Haus Schmid), S.62 (Haus Caminada), S.66 (Haus Kruker-Meier)

S.26 **Abb.20, Weiterentwicklungen der Blockbautypologie, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.12

S.26 **Abb.21, Haus Annalisa, Architekt Zumthor (links)**
vgl. Quelle: http://zumthorferienhaeuser.ch/ (30.07.2013)

S.26 **Abb.22, Haus Luzi, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: http://www.waltermair.ch/ (29.12.2009)

S.27 **Abb.23, Haus Luzi, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: http://www.waltermair.ch/ (29.12.2009)

S.27 **Abb.24, Grundriss Haus Luzi, Architekt Zumthor, 1:200**
vgl. Quelle: leicht modifiziert: Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.23

S.27 **Abb.25, Grundriss Haus Annalisa, Architekt Zumthor, 1:200**
vgl. Quelle: leicht modifiziert: Grimmer, Vera: Shelter in the Storm, oris, 2012 #76, Zagreb, S.47

S.28 **Abb.26, Skizze Fassadenschnitt Haus Luzi, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.26

S.29 **Abb.27, Skizze Haus Luzi, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.21

S.29 **Abb.28, Skizze Grundriss Haus Luzi, Architekt Zumthor**
vgl. Quelle: Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere, S.22

S.30 **Abb.29, Montageablauf Holzturm, Ronco Serra Architekten**
vgl. Quelle: Archiv Ronco Serra Architekten

S.31 **Abb.30, Holzturm mit 35 cm Vollholzwänden, 2012, Ronco Serra Architekten**
vgl. Quelle: Archiv Ronco Serra Architekten

S.31 **Abb.31, Fassadenschnitt Holzturm, Ronco Serra Architekten**
vgl. Quelle: Archiv Ronco Serra Architekten

S.34 **Abb.32, Entwicklung von den historischen über die gegenwärtigen Balkensysteme hin zur Platte**
vgl. Quelle: Kolb, Josef: Holzbausysteme: Konstruktion und Fertigung, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen, S.38

S.36 **Abb.33, Plattenaufbau**
vgl. Quelle: Binderholz Bausysteme GmbH: Produktinformation - Verbindungen Massiv.Innovativ.Geprüft, Hallein, o.J., Hallein, S.12

S.36 **Abb.34, Verleimung und Fügung Platte**
vgl. Quelle: Storaenso: Produktinformation - Stora Enso Building and Living, Building Solutions, 2012 Version 04, o.O., o.S.

S.38 **Abb.35, Plattenaufbau**
vgl. Quelle: Sohm HolzBautechnik DiagonalDübelholz: Detailbroschüre, 2012 Stand Oktober, Alberschwende, o.S.

S.38 **Abb.36, Verdübelung, Profilierung und Montage Platte**
vgl. Quelle: Sohm HolzBautechnik DiagonalDübelholz: Detailbroschüre, 2012 Stand Oktober, Alberschwende, o.S.
S.40 **Abb.37, Plattenaufbau**
vgl. Quelle: Thoma: Architektenmappe, 2006 Dezember, Goldegg, o.S.
S.40 **Abb.38, Verdübelung und Fügung Platte**
vgl. Quelle: Thoma: Architektenmappe, 2006 Dezember, Goldegg, o.S.
S.42 **Abb.39, Plattenaufbau**
vgl. Quelle: Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH: Planungshandbuch, 2007 Juli, Pfronten-Weißbach, S.15
S.42 **Abb.40, Vernagelung und Fügung Platte**
vgl. Quelle: Massiv-Holz-Mauer Entwicklungs GmbH: Planungshandbuch, 2007 Juli, Pfronten-Weißbach, S.15
S.44 **Abb.41, Plattenaufbau**
vgl. Quelle: Soligno, Reinverbund GmbH, Prad am Stilfserjoch, o.J., o.S.
S.44 **Abb.42, Vernagelung und Fügung Platte**
vgl. Quelle: Soligno, Reinverbund GmbH, Prad am Stilfserjoch, o.J., o.S.
S.49 **Abb.43, Anforderungen für Gebäude der Gebäudeklasse 4**
vgl. Quelle: Teibinger: Brandschutzvorschriften in Österreich - Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2, att.zuschnitt, proHolz Austria, 2012, Wien, S.15
S.64 **Abb.44, Energiekennzahlen der drei untersuchten Gebäudevarianten**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.7
S.64 **Abb.45, OI3-Index (Punkte)**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.8
S.65 **Abb.46, Primärenergiegehalt nicht erneuerbar, PEI n.e. [MJ]**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.9
S.65 **Abb.47, Treibhauspotential (Global Warming Potential), GWP [kgCO_2]**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.9
S.65 **Abb.48, Versäuerung, AP [kgSO_2]**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.10
S.66 **Abb.49, Vergleich Primärenergiegehalt nicht erneuerbar über einen Zeitraum von 30 Jahren**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.10
S.66 **Abb.50, Vergleich Treibhauspotential über einen Zeitraum von 30 Jahren**
vgl. Quelle: Ressourcen Management Agentur GmbH: Gutachten Ökoprofil überHOLZ 2013 - Kurzbericht, Vers. 1.0 Juli 2013, Villach, S.11

Bilder und Grafiken die nicht kenntlich gemacht wurden, sind geistiges Eigentum des Verfassers.

Literaturverzeichnis

att.zuschnitt: Brandschutzvorschriften in Österreich, 2012
Teibinger, Martin: Brandschutzvorschriften in Österreich - Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2, att.zuschnitt, proHolz Austria, 2012, Wien

Kaufmann, Nerdinger: Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft, 2012
Kaufmann Hermann, Nerdinger Winfried: Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft, Architekturmuseum und Fachgebiet Holzbau der Technischen Universität München, Prestel Verlag, 2011, 2. Auflage 2012, München

Keim: Archaische Holzbauten, 2011
Keim, Helmut: Archaische Holzbauten - Pfostenspeicher und -scheunen in Tirol, Heimatpflegeverband Südtirol, Verlagsanstalt Athesia, 2011, Bozen

Kolb: Holzbau mit System, 2009
Kolb, Josef: Holzbausysteme: Konstruktion und Fertigung, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen

Lignatec: Massivholzbau, 2007
Lignum - Starck Christoph: Massivholzbau, Lignatec, 2007 #20 Massivholzbau, Zürich, S.5ff

Schlorhaufer: Cul zuffel e láura dado, 2005
Schlorhaufer, Bettina: Cul zuffel e l´aura dado - Gion A. Caminada, Quart Verlag, 2005, Luzern

Zeitschrift ARCH+: Holz, 2009
Kraft Sabine, Kuhnert Nikolaus, Uhlig Günther: Holz - eine lange Geschichte vom Auf und Ab einer Beziehung, von Sympathie und Ablehnung, von Kunstfertigkeit, vielfältigen Bauweisen und den Metamorphosen eines Werkstoffs, von Tradition und Moderne, kurz: von Verdrängung und Wiederkehr, ARCH+, 2009 #193, 42. Jahrgang, Aachen

Zeitschrift Bauwelt: Kraftakt Konjunkturpaket, 2012
Schade-Bünsow Boris, Geipel Kaye: Kraftakt Konjunkturpaket II, Bauwelt, 2012 27-28, 103. Jahrgang, Berlin

Zeitschrift Detail: Bauen mit Holz, 2004
Schittich, Christian: Bauen mit Holz, Detail, 2004 #1/2, 44. Jahrgang, München

Zeitschrift holzbauaustria: Das Ende der Steinzeit, 2013
Reitberger, Michael: Das Ende der Steinzeit, holzbauaustria, 2013 #1, Wien

Zeitschrift werk,bauen+wohnen: Dauerhaft, 2013
Kurz Daniel, Joanelly Tibor, Schärer Caspar, Züger Roland: Dauerhauft - Durable Sustainable, werk,bauen+wohnen, 2013 05, 67. Jahrgang, Zürich

Zumthor: Spirit of Nature Wood Architecture Award, 2006
Zumthor, Peter: Spirit of Nature Wood Architecture Award, Wood in Culture Association, Rakennustieto Oy, 2006, Tampere

Zwerger: Das Holz und seine Verbdinungen, 2012
Zwerger, Klaus: Das Holz und seine Verbindungen - Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China, Birkhäuser, 2012, Basel

An meine Eltern
Danke für die Unterstützung

An Daniela
Danke für die Zeit